



**Melhoria do desempenho do processo  
produtivo numa empresa de extrusão de alumínio**

Rita Francisca Morais dos Santos Pinheiro

UMinho | 2021



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Rita Francisca Morais dos Santos Pinheiro

**Melhoria do desempenho do processo  
produtivo numa empresa de extrusão de  
alumínio**

fevereiro de 2021





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Rita Francisca Morais dos Santos Pinheiro

**Melhoria do desempenho do processo produtivo  
numa empresa de extrusão de alumínio**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa**

Fevereiro de 2021

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a quem, durante este projeto, contribuiu através de conselhos, conhecimentos ou até mesmo apoio moral, indispensável para manter a motivação e o foco nos objetivos quando tudo parecia começar a complicar.

Assim, começo por referir a Navarra. Agradeço pela maneira como fui acolhida, pelos bons momentos vividos com os colegas de trabalho e pela liberdade que senti para a apresentação e implementação de propostas de melhoria. Em particular, quero agradecer ao Eng.º Bruno Silva, por todo o tempo dedicado e pela partilha de conhecimentos, ao Eng.º Paulo Rodrigues e à Lurdes Silva e Gorete Fernandes. Agradeço também aos operadores da extrusão, por todos os ensinamentos.

Agradeço ao meu orientador, o Professor Rui Sousa, por toda a disponibilidade e apoio demonstrado ao longo da realização desta dissertação.

Por último, o meu maior agradecimento vai para os meus pais e para o meu namorado. Obrigada por toda a paciência, toda a compreensão e toda a motivação ao longo destes meses. Sei que, sem vocês, este percurso teria sido mais difícil.

Obrigada por tudo.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

A presente dissertação, com o título “Melhoria do desempenho do processo produtivo numa empresa de extrusão de alumínio”, encontra-se inserida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Foi realizada em contexto industrial, na empresa Navarra – Extrusão de Alumínios, e teve como principal objetivo a melhoria do processo produtivo na secção de extrusão. Pretendeu-se identificar os problemas com maior impacto na produtividade e taxa de sucata deste processo, de modo a propor oportunidades de melhoria que os minimizassem ou, na situação ótima, os solucionassem.

Utilizou-se a filosofia *Lean Production* uma vez que possui variadas ferramentas, que podem ser utilizadas em qualquer tipo de indústria, e permite alcançar a otimização dos processos e minimizar os desperdícios.

Através de um estudo de tempos e da observação das operações do processo de extrusão e do ambiente de trabalho respetivo, foi possível diagnosticar a situação atual e identificar os principais problemas que condicionavam o desempenho do sistema, tendo em conta as 4 prensas presentes na secção. Os problemas identificados foram: o nível de normalização do processo, as pontas de esticamento na prensa 2, que produzem mais sucata do que nas restantes prensas, a falta de coerência entre a produção real e os objetivos de produção e situações relacionadas com os operadores e as suas condições de trabalho. As oportunidades de melhoria apresentadas tinham como objetivo normalizar os processos, aumentar a produtividade, diminuir a taxa de sucata e melhorar algumas situações de risco para os operadores. Para isso foram utilizadas ferramentas como 5S's e *Standard Work*.

Com a redução dos tempos não produtivos na prensa 4, a sua produtividade aumentou 0,50% e permitiu um ganho anual de 12 929€. O investimento em novos sistemas de limpeza e lubrificação para as prensas 1, 2 e 3 aumentará a produtividade em 0,26%, 0,58% e 1,02% e a empresa lucrará 6 313€, 9 890€ e 25 575€, respetivamente, por ano, assim que o valor do investimento for recuperado (2,5 anos na prensa 1, 1,6 anos na prensa 2 e 0,6 anos na prensa 3). Com a normalização dos parâmetros de extrusão num conjunto definido de perfis, obteve-se um aumento na produtividade global de 12% e uma redução na taxa de sucata de 8,8%. Por último, verificou-se que investir num novo *puller* para a prensa 2 reduzirá a percentagem de sucata relativa às pontas de esticamento em 33% e a empresa passará a poupar, por ano, 179 474€.

## PALAVRAS-CHAVE

Ferramenta 5S, *Lean Production*, Normalização do trabalho, Processo de extrusão, Produtividade

## ABSTRACT

This thesis, titled as “Improvement of the production process performance in an aluminum extrusion company”, is part of the Integrated master’s in industrial management and Engineering. It was developed in an industrial environment, at Navarra – Extrusão de Alumínios, and the main goal was the improvement of the extrusion productive system. Having that in mind, the focus was to identify the causes that had a major impact in productivity and scrap, so that improvements could be defined in order to minimize or even solve them, in an ideal situation.

The philosophy used to achieve the goals was Lean Production, since it includes a range of different tools that can be adapted to any kind of industry, allowing companies to optimize their processes whilst minimizing the waist.

Through a time study and by observing the operations of the extrusion process, the section where this project was developed, and the working environment, it was possible to diagnose the current situation and identify the main causes that compromise the performance of the system, considering the four extrusion presses that are part of the section. The identified problems were: the level of standardization of the process, the stretching tips of press 2 that cause more scrap than the remaining presses, the lack of coherence between the real production and the production goals and situations related to workers and their work conditions.

The improvement proposals defined aimed to standardize processes, increase productivity, decrease scrap rate and eliminate risky situations for workers. The tools used for these purposes were 5S and Standard work.

By decreasing the non-productive time in press 4, the productivity increased 0,50%, allowing an annual gain of 12 929€. Investing in new systems of cleaning and lubrication for presses 1, 2 and 3 will increase their productivity in 0,26%, 0,58% e 1,02% and will provide annual gains of 6 313€, 9 890€ and 25 575€, respectively, as soon as the investment is recuperated (2,5 years for press 1, 1,6 years for press 2 and 0,6 years for press 3). By normalizing the extrusion parameters on a certain group of aluminium profiles there was an increase of 12% in productivity and a decrease of 8,8% in scrap. Finally, it was verified that investing in a new puller for press 2 will decrease the scrap rate of the stretching tips in 33%, enabling the company to save 179 474€ every year.

## KEYWORDS

5S tool, Lean Production, Standard work, Extrusion, Productivity



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Revoluções industriais.....	5
2.2 <i>Lean Production</i> .....	6
2.2.1 História do <i>Lean Production</i> .....	6
2.2.2 Descrição do conceito.....	7
2.2.3 Princípios <i>Lean</i> .....	8
2.2.4 Desperdícios <i>Lean</i> .....	9
2.2.5 A casa TPS.....	13
2.2.6 O modelo 4P da <i>Toyota</i> .....	14
2.3 Ferramentas <i>Lean</i> .....	16
2.3.1 Metodologia 5S's.....	16
2.3.2 <i>Standard Work</i> .....	18
2.3.3 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> .....	20
2.3.4 <i>Kaizen</i> .....	22
2.3.5 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> .....	24
2.4 Implementação da metodologia <i>Lean</i> : dificuldades e benefícios para as empresas.....	25

2.5	<i>Lean</i> e ergonomia .....	26
3.	Apresentação e caracterização da empresa .....	28
3.1	A empresa Navarra – Extrusão de alumínio, S. A. ....	28
3.2	História e evolução .....	29
3.3	Missão, visão e valores .....	30
3.4	Estrutura organizacional .....	30
3.5	Matéria prima e fornecedores .....	31
3.6	Produtos e clientes .....	31
3.7	Processo produtivo .....	32
4.	Análise e diagnóstico do processo de extrusão.....	35
4.1	Descrição do processo de extrusão.....	35
4.1.1	O processo diário.....	35
4.1.2	As matrizes .....	36
4.1.3	Os parâmetros do processo .....	38
4.2	Estudo de tempos .....	40
4.2.1	Prensas 1, 2 e 3.....	41
4.2.2	Prensa 4 .....	48
4.3	Nível de normalização na produção .....	50
4.3.1	Parâmetros do processo de extrusão.....	50
4.3.2	Aplicação de grafite nas prensas 1, 2 e 3.....	52
4.3.3	Valores de referência da prensa 4.....	53
4.4	Pontas de esticamento na prensa 2.....	53
4.5	Condições de segurança e ergonomia para os trabalhadores .....	55
4.5.1	Proteção na prensa.....	55
4.5.2	Conforto ergonómico na prensa .....	55
4.6	Normalização da aplicação de 5S's .....	56
4.6.1	Preparação da auditoria.....	57
4.6.2	Auditoria inicial .....	58
4.7	Objetivos de produtividade.....	59

4.8	Síntese dos problemas encontrados.....	61
5.	Propostas de melhoria .....	62
5.1	Alteração na frequência dos ciclos de limpeza e lubrificação da prensa 4 .....	62
5.2	Novo sistema de lubrificação para as prensas 1, 2 e 3.....	64
5.2.1	Prensa 1 .....	65
5.2.2	Prensa 2 .....	66
5.2.3	Prensa 3 .....	66
5.2.4	Análise das prensas 1, 2 e 3.....	67
5.3	Normalização dos parâmetros do processo de extrusão .....	70
5.3.1	Definição da amostra para o estudo .....	70
5.3.2	Observação dos perfis selecionados no processo de extrusão .....	72
5.3.3	Alteração dos parâmetros para cada perfil.....	72
5.3.4	Resultados das alterações de parâmetros .....	75
5.4	Atualização da tabela de valores de referência da prensa 4 .....	77
5.5	Alteração do <i>puller</i> da prensa 2 .....	79
5.6	Sistema de proteção para a serra do <i>puller</i> das prensas 1 e 2 .....	80
5.7	Implementação de tapetes anti fadiga.....	81
5.8	Implementação de 5S na prensa 4 .....	83
5.8.1	Triagem.....	84
5.8.2	Organização .....	85
5.8.3	Limpeza .....	86
5.8.4	Normalização .....	86
5.8.5	Disciplina .....	87
5.8.6	Auditoria final .....	88
5.9	Atualização dos objetivos de produção líquida .....	89
6.	Análise de resultados .....	92
6.1	Alteração na frequência dos ciclos da prensa 4.....	92
6.2	Sistema de lubrificação para as prensas 1, 2 e 3 .....	92
6.3	Normalização dos parâmetros do processo de extrusão .....	92
6.4	Tabela de valores de referência da prensa 4 .....	93

6.5	Alteração do <i>puller</i> da prensa 2 .....	93
6.6	Sistema de proteção para a serra do <i>puller</i> .....	93
6.7	Implementação de tapetes anti fadiga.....	94
6.8	Implementação de 5S na prensa 4 .....	94
6.9	Atualização dos objetivos de produção líquida .....	94
7.	Conclusão.....	95
7.1	Considerações finais .....	95
7.2	Trabalho futuro.....	96
	Referências Bibliográficas .....	98
	Anexo 1 – <i>Checklist</i> 5S.....	101
	Anexo 2 – IT: Ciclos de limpeza e lubrificação da prensa 4.....	103
	Anexo 3 – Parâmetros iniciais dos <i>high runners</i> .....	105
	Anexo 4 – Parâmetros finais dos <i>high runners</i> .....	106
	Anexo 5 – Exemplo de uma receita de parâmetros de produção de extrusão .....	108
	Anexo 6 – <i>Standard Work Combination Table</i> (Prensa 1).....	109
	Anexo 7 – <i>Standard Work Combination Table</i> (Prensa 2).....	110
	Anexo 8 – <i>Standard Work Combination Table</i> (Prensa 3).....	111
	Anexo 9 – <i>Standard Work Combination Table</i> (Prensa 4).....	112
	Anexo 10 – IT: Registo de parâmetros no computador (Prensa 1).....	113
	Anexo 11 – IT: Mudança de uma matriz (Prensa 1).....	115
	Anexo 12 – Estudo do peso dos <i>billetes</i> na prensa 4.....	122
	Anexo 13 – Tabela de pesos por comprimento do <i>billete</i> na prensa 4.....	124
	Anexo 14 – Gráfico 5S para o quadro de equipa da prensa 4 .....	125
	Anexo 15 – Gráficos de produção líquida por turno .....	126
	Anexo 16 – Gráficos de produção líquida diária (Análise semanal) .....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios Lean Thinking.....	8
Figura 2 - Tipos de atividades dentro de uma organização .....	10
Figura 3 - Desperdícios Muda, Muri e Mura .....	12
Figura 4 - Representação da casa TPS .....	14
Figura 5 - Modelo 4P da Toyota .....	15
Figura 6 - Etapas da metodologia 5S's .....	17
Figura 7 - Exemplo de um VSM do estado atual.....	21
Figura 8 - Significado da palavra Kaizen .....	22
Figura 9 - Benefícios obtidos com a implementação da metodologia Lean .....	26
Figura 10 - Exemplo de um tapete anti fadiga.....	27
Figura 11 - Logótipo Navarra.....	28
Figura 12 - Empresa Navarra, localizada em Braga .....	28
Figura 13 - Esquema cronológico da história e evolução da Navarra .....	29
Figura 14 - Valores da Navarra.....	30
Figura 15 - Organigrama da empresa.....	30
Figura 16 - Biletes de alumínio.....	31
Figura 17 - Exemplos de perfis de alumínio Navarra .....	31
Figura 18 - Instalações fabris .....	32
Figura 19 - Início do processo de extrusão (perfil sai da prensa com a secção transversal da matriz) .	35
Figura 20 - (a) Matriz plana (com uma saída) (b) Perfil tubular (em cima) e plano (em baixo) .....	36
Figura 21 - (a) Armazém de matrizes (b) Robô do armazém (c) Estufas (d) Matriz a sair da estufa .....	37
Figura 22 - (a) Cassete com matriz e bolster (b) Bolsters (c) Sub-bolsters .....	38
Figura 23 - (a) Bilete (matéria-prima) a entrar para o forno (b) Bilete (cortado) a sair do forno .....	39
Figura 24 - (a) Puller a puxar os perfis até à tirada definida (b) Contentor com patelas de extrusão ....	40
Figura 25 - (a) Perfil no esticador (b) Perfil a ser cortado na serra.....	40
Figura 26 - Grafite na ferramenta para ser colocada manualmente .....	41
Figura 27 - (a) Operador a colocar grafite (b) Contacto da grafite com alumínio a altas temperaturas .	44
Figura 28 - Tabela de valores de referência da prensa 4 .....	53
Figura 29 - (a) Puller da prensa 1 (b) Puller da prensa 2 .....	54
Figura 30 - Puller serra a cortar os perfis sem proteção.....	55

Figura 31 - (a) Estrado de madeira (b) Zona da mesa de controlo P4 (c) Zona do esticador P2.....	56
Figura 32 - Exemplos dos problemas identificados .....	57
Figura 33 - Gráfico radar da auditoria inicial 5S.....	58
Figura 34 - Quadro de equipa (destacado o local de preenchimento da produção líquida por turno) ...	59
Figura 35 - Gráfico de Pareto para os perfis Navarra.....	70
Figura 36 - Comparação entre a tabela de valores de referência antiga e a atual.....	78
Figura 37 - Solução para proteção da serra do puller.....	80
Figura 38 - Tapete anti fadiga (Opção 1) .....	82
Figura 39 - Tapete anti fadiga (Opção 2) .....	83
Figura 40 - Etiqueta Red Tag (utilizada pela empresa) .....	84
Figura 41 - (a) Objetos identificados com Red Tag (b) Zona de quarentena .....	85
Figura 42 - Exemplo de identificações para alguns materiais .....	86
Figura 43 - Gráfico radar da auditoria final .....	89
Figura 44 - Objetivo de produção líquida por turno para a prensa 4 .....	90
Figura 45 - Objetivos de produção líquida diária para a prensa 1 .....	91
Figura 46 - Checklist 5S (1ª página).....	101
Figura 47 - Checklist 5S (2ª página).....	102
Figura 48 - IT ciclos limpeza e lubrificação P4 (1ª página) .....	103
Figura 49 - IT ciclos limpeza e lubrificação P4 (2ª página) .....	104
Figura 50 - Receita de parâmetros de produção de extrusão do perfil NY467007 .....	108
Figura 51 - SWCT de registo de parâmetros no computador na prensa 1 .....	109
Figura 52 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 1 .....	109
Figura 53 - SWCT dos dois últimos billetes de uma matriz na prensa 1 .....	109
Figura 54 - SWCT de registo de parâmetros no computador na prensa 2 .....	110
Figura 55 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 2 .....	110
Figura 56 - SWCT dos dois últimos billetes de uma matriz na prensa 2 .....	110
Figura 57 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 3 .....	111
Figura 58 - SWCT do último billete de uma matriz na prensa 3.....	111
Figura 59 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 4 .....	112
Figura 60 - SWCT dos dois últimos billetes de uma matriz na prensa 4 .....	112
Figura 61 - IT registo de parâmetros P1 (1ª página) .....	113
Figura 62 - IT registo de parâmetros P1 (2ª página) .....	114

Figura 63 - IT mudança de matriz P1 (1ª página) .....	115
Figura 64 - IT mudança de matriz P1 (2ª página) .....	116
Figura 65 - IT mudança de matriz P1 (3ª página) .....	117
Figura 66 - IT mudança de matriz P1 (4ª página) .....	118
Figura 67 - IT mudança de matriz P1 (5ª página) .....	119
Figura 68 - IT mudança de matriz P1 (6ª página) .....	120
Figura 69 - IT mudança de matriz P1 (7ª página) .....	121
Figura 70 - Tabela de pesos por comprimento do bilete na prensa .....	124
Figura 71 - Gráfico 5S para o quadro de equipa da pren.....	125
Figura 72 - Objetivo de produção líquida por turno para a prensa 1 .....	126
Figura 73 - Objetivo de produção líquida por turno para a prensa 2 .....	126
Figura 74 - Objetivo de produção líquida por turno para a prensa 3 .....	126
Figura 75 - Objetivos de produção líquida diária para a prensa 2 .....	127
Figura 76 - Objetivos de produção líquida diária para a prensa 3 .....	127
Figura 77 - Objetivos de produção líquida diária para a prensa 4 .....	127

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das paragens da prensa 1 .....	42
Tabela 2 - Resumo das paragens na prensa 2.....	43
Tabela 3 - Resumo das paragens na prensa 3.....	43
Tabela 4 - Cálculo do número de observações necessárias para cada prensa .....	45
Tabela 5 - Comparação entre o tempo regular e o tempo com irregularidades para a P1, P2 e P3 .....	45
Tabela 6 - Número de billetes extrudidos por turno na P1, P2 e P3 .....	46
Tabela 7 - Resumo final das paragens na P1.....	46
Tabela 8 - Resumo final das paragens na P2.....	47
Tabela 9 - Resumo final das paragens na P3.....	48
Tabela 10 - Resumo das paragens da prensa 4.....	49
Tabela 11 - Número de billetes extrudidos por turno na P4 .....	50
Tabela 12 - Objetivos de produção líquida atuais .....	60
Tabela 13 - Síntese dos problemas encontrados.....	61
Tabela 14 - Diferença de tempo obtida com a alteração dos ciclos .....	62
Tabela 15 - Dados de peso do billete e produção líquida por turno na P4 .....	63
Tabela 16 - Percentagem de sucata na P4.....	63
Tabela 17 - Diferença de tempo na P1 .....	65
Tabela 18 - Diferença de tempo na P2 .....	66
Tabela 19 - Diferença de tempo na P3.....	67
Tabela 20 - Dados de peso do billete e produção líquida para a P1, P2 e P3 .....	67
Tabela 21 - Percentagem de sucata P1, P2 e P3.....	68
Tabela 22 - Total de kgs líquidos e valor monetário P1, P2 e P3.....	68
Tabela 23 - Cálculo do retorno do investimento para a P1, P2 e P3.....	68
Tabela 24 - Cálculo da produção líquida por turno com o novo sistema para a P1, P2 e P3 .....	69
Tabela 25 - Cálculo do aumento da produtividade na P1, P2 e P3.....	69
Tabela 26 - Verificação do total de perfis que corresponde a 80% da produção .....	71
Tabela 27 - Listagem dos 20 perfis mais extrudidos .....	71
Tabela 28 - Total de observações para cada perfil .....	73
Tabela 29 - Comprimentos máximos de tirada e billete por prensa.....	73
Tabela 30 - Parâmetros iniciais e finais de velocidade, patela e pontas de esticamento .....	74



Tabela 31 - Diferença percentual entre os valores iniciais e finais de sucata e produção líquida .....	75
Tabela 32 - Resultados obtidos no contexto geral em relação à produção líquida e à taxa de sucata...	76
Tabela 33 - Comparação da diferença entre o peso real e os pesos teóricos para 253 mm e 254 mm	78
Tabela 34 - Medidas para os tapetes nas diferentes zonas em cada uma das prensas .....	81
Tabela 35 - Medidas standard para a primeira opção de tapete anti fadiga .....	82
Tabela 36 - Medida standard para a segunda opção de tapete anti fadiga .....	83
Tabela 37 - Média da produção líquida por turno com incremento de 5% .....	89
Tabela 38 - Cálculo dos objetivos para 2 e 3 turnos.....	90
Tabela 39 - Tabela de parâmetros iniciais dos High Runners .....	105
Tabela 40 - Tabela de parâmetros finais dos High Runners.....	106
Tabela 41 - Estudo do peso dos billetes na prensa 4 .....	122

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

IT – Instrução de Trabalho

JIT – *Just-in-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

OF – Ordem de Fabrico

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

SWCT – *Standard Work Combination Table*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work-in-Process*

# 1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta e introduz o tema desta dissertação, começando por um enquadramento, que explica a necessidade e o surgimento deste projeto, seguido de uma explicação dos principais objetivos. É ainda descrita a metodologia de investigação utilizada e a estrutura da dissertação.

## 1.1 Enquadramento

Com a chegada da Indústria 4.0, e consequente globalização, a competitividade entre empresas tornou-se mais acentuada, uma vez que estas se veem obrigadas a competir com empresas internacionais no mesmo ramo para conseguirem prevalecer no mercado (Brunet-Thornton & Martinez, 2018).

Deste modo, uma empresa tem de se tornar ágil e identificar oportunidades de melhoria nos seus processos, bem como os meios para as atingir, para se manter lucrativa e competitiva em relação aos seus concorrentes (Bhadani, Asbjörnsson, Hulthén, & Evertsson, 2020). Se não for capaz de se adaptar facilmente às mudanças que surgem constantemente e às novas tecnologias e inovações, a empresa acabará por perder a sua posição no mercado.

Torna-se, assim, essencial procurar a melhoria contínua, seja nos processos ou nos produtos, de forma a conseguir satisfazer necessidades do cliente, que se vão alterando ao longo do tempo, e alcançar novos mercados. Além disso, é necessário ter sempre como objetivo a melhoria da qualidade, o aumento da produtividade, a redução do *lead time* e dos custos e o aumento da eficiência dos processos e das máquinas, tendo sempre em mente a redução de desperdícios.

Um método de analisar e verificar a eficiência de um sistema produtivo é através da utilização de KPI's (*Key Performance Indicator*). Estes indicadores permitem avaliar o desempenho de um processo tendo em conta os objetivos estabelecidos previamente. Segundo Moreira (2002), o nível de competitividade de uma organização desenvolve-se através da escolha de indicadores de desempenho adequados.

A filosofia *Lean Production* é bastante utilizada pelas empresas na busca pela melhoria contínua. Esta tem por base uma metodologia que surgiu, na área da indústria automóvel, depois da II Guerra Mundial: TPS ou *Toyota Production System*. O nome provém da empresa onde trabalhavam os dois engenheiros que a idealizaram: Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, sendo considerados os pioneiros deste conceito (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Esta é uma metodologia que tem como principais objetivos a eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor, a redução dos custos, a melhoria na qualidade dos produtos e o aumento da eficiência

dos processos. Segundo Womack, Jones e Roos (1990) o pensamento *lean* é zero defeitos, zero inventário, custos reduzidos e variedade de produtos. Neste pensamento de eliminação dos desperdícios é necessário seguir as cinco fases, ou princípios, designados por Womack e Jones (1996), de modo a obter os resultados pretendidos. São eles: definir valor para o cliente, identificar a cadeia de valor, criar de um fluxo contínuo, produção *pull* e a procura da perfeição. Todos serão descritos com mais detalhe no capítulo 2.2.3.

Na maioria das empresas o principal problema é a elevada quantidade de desperdícios, sendo este também o fator mais difícil de corrigir. Os defeitos englobam-se em várias categorias, tendo estas sido especificadas por Ohno (1988): sobreprodução, esperas, movimentações, defeitos, stock, sobreprocessamento e transportes.

De modo a combater estes desperdícios e aumentar a produtividade e eficiência de um sistema produtivo, a metodologia *lean* apresenta um conjunto de técnicas e ferramentas que auxiliam neste processo. Estas técnicas têm todas o mesmo objetivo, independentemente da área onde são aplicadas: eliminar todas as atividades que não acrescentam valor (Rahani & Al-Ashraf, 2012). Alguns exemplos de ferramentas *Lean* são: 5S's, *Standard Work*, *Kaizen* e SMED (*Single Minute Exchange of Die*).

Este projeto de dissertação será realizado na empresa Navarra – Extrusão de alumínio. De modo a alcançar o seu lugar no mercado e manter a posição face aos concorrentes, a Navarra tem-se adaptado às mudanças, nomeadamente às novas tecnologias que vão surgindo. Para além disso, é visível a aplicação de algumas ferramentas *Lean*, como é o caso do *Kaizen* e 5S's. Contudo, existe a necessidade de melhorar continuamente, e, desse modo, surgiu esta proposta de melhoria do desempenho do processo de extrusão.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é a melhoria do desempenho do processo produtivo de extrusão de alumínio. Através da aplicação de ferramentas *Lean* pretende-se melhorar a produtividade do processo e reduzir a taxa de sucata na secção de extrusão, tendo em conta as quatro prensas que fazem parte da mesma. O principal meio para atingir estes objetivos será através da normalização do processo e, em particular, dos parâmetros de extrusão. Além disso, um dos objetivos passa também por melhorar, nos casos em que se verifique essa possibilidade, as condições de segurança e ergonomia no espaço de trabalho.

### 1.3 Metodologia de investigação

Sendo o objetivo principal, como referido, o diagnóstico da situação atual de um processo e consequente desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria, a abordagem a utilizar é indutiva, uma vez que possibilita uma investigação mais flexível e adaptável ao diagnóstico e posterior análise do processo. Sendo que esta dissertação ocorre em ambiente industrial, tendo por isso uma grande componente prática, a metodologia de investigação mais adequada é *Action-Research* que, segundo Saunders, Lewis, & Thornhill (2009), tem como principais vantagens o empenho que se coloca na mudança e ações de melhoria, o reconhecimento da importância do diagnóstico, planeamento, tomada de ações e avaliação das mesmas e o envolvimento do investigador no processo. O facto de o investigador estar envolvido no ambiente onde está a fazer o estudo é o que distingue este método de investigação, sendo que isto possibilita uma maior credibilidade nos dados recolhidos (Westbrook, 1995). Deste modo, aplica-se perfeitamente neste contexto uma vez que é essencial existir uma colaboração entre o investigador e a empresa.

Susman e Evered (1979) definem as cinco fases desta metodologia de investigação: fazer o diagnóstico (identificar e definir o problema), planear a ação (considerar as alternativas para a resolução do problema), agir (selecionar qual o caminho a seguir e agir, recolhendo todos os dados necessários), avaliar (estudar as consequências das ações e tirar conclusões) e especificar a aprendizagem (identificar e analisar as soluções e descobertas).

Este projeto encontra-se dividido em 7 fases:

- Primeira fase: Revisão da Literatura, de modo a contextualizar e validar os tópicos e abordagens utilizadas, será feito um levantamento bibliográfico de teses, livros, artigos científicos, entre outros.
- Segunda fase: Diagnóstico da situação atual. No início do projeto é essencial avaliar a situação atual do processo de extrusão. Será feita uma recolha de dados, através de contagem de tempos, medições, avaliação de parâmetros, entre outros, e estes serão registados no *software Excel*, onde vão ser analisados de forma crítica. Assim, nesta fase serão identificados os problemas / oportunidades de melhoria.
- Terceira fase: Análise dos *high runners* da extrusão. Sendo um dos objetivos principais o aumento da produtividade nas matrizes com mais quilogramas extrudidos, será feita uma análise mais aprofundada destas, com registo de todos os seus parâmetros em cada ordem de fabrico.
- Quarta fase: Apresentação das propostas de melhoria. Das análises anteriores advêm as propostas de melhoria para os problemas identificados. Serão utilizadas ferramentas *Lean* para

a melhoria do desempenho do sistema de produção, tais como 5 S's e *Standard Work*. Tendo em conta os dados obtidos na observação dos *high runners*, vão ser apresentados os parâmetros que podem ser melhorados para um aumento de produtividade e redução da taxa de sucata.

- Quinta fase: Implementação de ações. Nesta fase são implementadas as medidas apresentadas anteriormente. Será feita uma monitorização para avaliar o sucesso das mesmas e uma comparação com a situação diagnosticada para verificação das melhorias.
- Sexta fase: Avaliação e discussão dos resultados obtidos. Por último serão avaliados os resultados obtidos após a implementação das melhorias, de modo a averiguar a qualidade dos mesmos, e serão propostos temas para futura investigação.
- Sétima fase: Redação da dissertação. A redação da dissertação será realizada ao longo dos vários meses de estágio.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação divide-se em 7 capítulos.

O presente capítulo introduz e faz o enquadramento do tema da dissertação, fazendo ainda referência aos principais objetivos e à metodologia de investigação que vai ser utilizada.

No segundo capítulo é apresentada a revisão da literatura sobre a metodologia *Lean Production*, de modo a contextualizar toda a dissertação. Serão abordados tópicos como os princípios *Lean*, os desperdícios e algumas ferramentas, consideradas as mais fundamentais para este projeto.

De seguida, no terceiro capítulo, é feita uma breve apresentação da empresa, com foco na sua história, missão, visão e valores e matéria prima e produtos. Por último, é feito um resumo de cada um dos diferentes processos produtivos existentes na Navarra.

O quarto capítulo começa por descrever de forma aprofundada o processo da extrusão, uma vez que é nessa secção que decorrerá todo o projeto. De seguida é feita a descrição dos principais problemas encontrados após a análise e diagnóstico da situação atual.

O quinto capítulo apresenta e descreve as oportunidades de melhoria para solucionar, ou, pelo menos, minimizar, cada um dos problemas identificados no capítulo anterior.

No sexto capítulo são apresentados os resultados obtidos com a implementação de cada uma das soluções apresentadas no quinto capítulo.

Por último, o sétimo capítulo apresenta a conclusão da dissertação, abordando tópicos como o cumprimento dos objetivos e as principais dificuldades encontradas. São ainda referidas sugestões de trabalho futuro.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Revoluções industriais

Tendo início no final do século XVIII, em Inglaterra, a 1ª Revolução Industrial surgiu para transformar os processos de produção. A procura de bens sofreu um elevado crescimento, contudo a mão de obra era escassa para esta necessidade, levando à procura de métodos de produção mais eficientes (Woolf, 2008). O que até esse momento era feito de modo artesanal, por trabalhadores extremamente qualificados, começou a ser produzido fazendo uso do vapor e de máquinas, sendo possível responder às necessidades da população. Assim, surgiu a produção em massa, caracterizada por uma elevada procura de bens e pelo aumento de mão de obra não qualificada.

Em 1911, Frederick Taylor, no seu livro "*The Principles of Scientific Management*", partilhou algumas ideias que se enquadram com os pensamentos da produção em massa. A sua teoria baseava-se em atribuir tarefas aos trabalhadores com base nas suas capacidades intrínsecas. De seguida, era feito um estudo da tarefa, analisando todos os movimentos da mesma e a forma mais rápida de os realizar. Por fim, chegava-se a uma tarefa final, apenas com os movimentos necessários e o modo de realização mais rápido e eficaz para cada um deles, de modo a alcançar a máxima produtividade.

Estas ideias estiveram na base da transformação e adaptação de muitas empresas naquela altura, ficando a produção em massa presente em quase todas as indústrias Norte Americanas e Europeias. Isto contribuiu para uma elevada produção com custos mínimos, mas, conseqüentemente, pouca variedade nos produtos.

Contudo, este estilo de produção não chegou ao Japão, onde foi adotada outra estratégia, bastante diferente, estando presente até aos dias de hoje, o *Lean Production*. Este método surgiu na empresa da *Toyota*, no Japão, mas desde cedo um dos seus fundadores, Ohno (1988), acreditava que este sistema não era apenas um sistema de produção, e que iria adaptar-se à era dos mercados globais e sistemas de informação e comunicação computadorizados.

Desde a primeira revolução industrial, várias têm surgido nessa sequência, devido a novos desenvolvimentos tecnológicos com o objetivo de aumentar a eficiência na indústria. Neste momento estamos perante a 4ª Revolução Industrial (I4.0), com a integração de tecnologias de informação e comunicação em tempo real na indústria tradicional. Assim, as organizações conseguem tornar-se mais inteligentes, ágeis, flexíveis e eficientes, permitindo-lhes um melhor desempenho (Brunet-Thornton & Martinez, 2018).

Neste momento, a globalização é uma realidade, e, segundo Alves, Flumerfelt, & Kahlen (2016) apresenta as suas vantagens e desvantagens à sociedade. Existe um aumento de concorrência a nível internacional, devido à facilidade de comunicação e partilha de informação promovida pelas novas tecnologias. Contudo, isto fomenta o objetivo de superação, de fazer mais e melhor, e promove a constante procura pela melhoria do desempenho, sendo que cada organização pretende assegurar a sua posição competitiva no mercado. Estando este novo mercado a um nível internacional, as organizações vêem-se obrigadas a ajustarem-se a exigências mundiais, e para o conseguirem precisam de inovar e procurar novas estratégias de gestão do trabalho, nos produtos e nos processos de produção. (Olave & Neto, 2001)

Desse modo, todas as empresas procuram uma metodologia que lhes permita alcançar novos mercados e satisfazer as necessidades dos clientes, tendo sempre como foco a melhoria contínua nos processos e produtos. Segundo Warnecke e Hüser (1995), *Lean Production* é uma abordagem que consiste num sistema de métodos, conceitos e ferramentas que, aplicados em conjunto, têm a capacidade de potenciar a competitividade de uma empresa.

## 2.2 *Lean Production*

### 2.2.1 História do *Lean Production*

Terminada a II Guerra Mundial, os Estados Unidos eram líderes da economia mundial, devido à implementação da produção em massa, por Henry Ford, que permitia obter grandes quantidades de um limitado número de produtos.

Contudo, no Japão, a empresa *Toyota* verificou algo diferente na procura de bens, que contrastava com o que acontecia nos Estados Unidos e na Europa. O mercado era menor e, conseqüentemente, a procura era baixa, com produção de pequenas quantidades. Ainda assim, verificava-se uma elevada variedade de produtos. Conclui-se que era preciso usar a mesma linha de montagem para os diferentes produtos, de modo a dar resposta ao mercado. Além disso, tendo poucos recursos e capital, era necessário assegurar que o tempo desde o pedido de encomenda até ao momento de pagamento da mesma fosse o menor possível. Deste modo, era impensável adotar um sistema de produção em massa, pelo que dois engenheiros da *Toyota*, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, decidiram aproveitar as melhores qualidades do sistema de produção de Henry Ford, mas ajustá-lo às suas necessidades, de modo a conseguirem obter o máximo de qualidade nos produtos, custos baixos, o mínimo de *lead time*, ou seja, o tempo desde que existe o pedido do produto até ao momento que o cliente o recebe, e flexibilidade de produção para obter



uma maior variedade (Liker, 2004). Assim, de modo a prevalecer no mercado e sobreviver à competição com países cujo sistema de produção era em massa, fizeram com que o sistema de produção da *Toyota* evoluísse por necessidade (Ohno, 1988).

Foram, então, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno que implementaram o novo Sistema de Produção da *Toyota*, que se tornou uma metodologia eficaz e possível de ser aprendida e posteriormente usada por todos os tipos de empresas e processos (Liker, 2004). Verificando-se o sucesso, várias empresas japonesas começaram a introduzir este conceito, elevando o Japão, novamente, a uma potência económica mundial.

### 2.2.2 Descrição do conceito

O renovado sistema de produção da *Toyota* (*Toyota Production System – TPS*) assentava na premissa da melhoria contínua do processo, com objetivo de atingir a perfeição, através da diminuição de custos, mínimo de stock e defeitos e o máximo de variedade de produtos. Apesar de ser bastante ambicioso, a constante tentativa em atingir este objetivo faz gerar novas ideias e oportunidades de melhorias no processo, sendo isso o mais importante. De acordo com Ohno (1988), a maneira mais eficaz de melhorar o desempenho global do processo é através da eliminação dos desperdícios.

A metodologia *Lean Production* deriva deste sistema de produção, e, segundo Womack, Jones e Roos (1990) o termo *Lean* foi sugerido pela primeira vez em 1988, por Jonh Krafcik. O nome foi escolhido porque simboliza os fundamentos deste tipo de produção, “produção magra”, porque utiliza menos recursos quando comparada com o sistema de produção em massa: menos esforço humano, menos espaço de produção, menos investimento em novas ferramentas, menos tempo utilizado no desenvolvimento de novos produtos e menos stock, que por sua vez diminui a quantidade de defeitos e aumenta a variedade de produtos.

Pode dizer-se que *lean production* combina as principais forças da produção em massa e da produção artesanal. Produz uma grande quantidade de produtos, evitando custos elevados mas com elevada variedade, usando, para isso, trabalhadores polivalentes e máquinas bastante flexíveis e automatizadas (Womack et al., 1990).

*Lean Production* é um sistema organizacional eficiente que deixa de estar apenas no *shop floor*, passando a ser também integrado nos escritórios, e implementado em diferentes indústrias e serviços (Liker & Morgan, 2006).

Segundo Melton (2005) os principais benefícios provenientes da implementação do sistema de produção *Lean* são:

- Diminuição do *lead time*;
- Redução do *stock*;
- Processos mais robustos, com menos erros, e conseqüentemente menos retrabalho;
- Menos desperdício no processo;
- Redução dos custos;
- Conhecimento aprofundado do processo.

### 2.2.3 Princípios *Lean*

A produção *Lean* tem como foco a satisfação das necessidades do cliente, a melhoria contínua e a redução dos desperdícios ao longo do processo, ou seja, fazer mais com menos, utilizando o mínimo de recursos, mas nunca comprometendo as necessidades do cliente.

De acordo com Melton (2005) *Lean Thinking* tem por base a melhoria contínua. Começa no cliente e na sua definição de valor, com o objetivo de produzir algo que corresponda às suas expectativas e necessidades. Além disso, *Lean Thinking* concentra a essência da produção *Lean* em cinco princípios, que podem e devem ser aplicados em qualquer tipo de processo.

Womack e Jones, no livro “*Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*”, em 1996, consideram que *Lean Thinking* é o antídoto do desperdício e afirmam que a sua aplicação nas empresas permite identificar valor e organizar as atividades que criam valor na melhor sequência, processando-as sem interrupções e da maneira mais eficiente quando são necessárias. Assim, definiram os seguintes princípios *Lean*, apresentados na Figura 1.

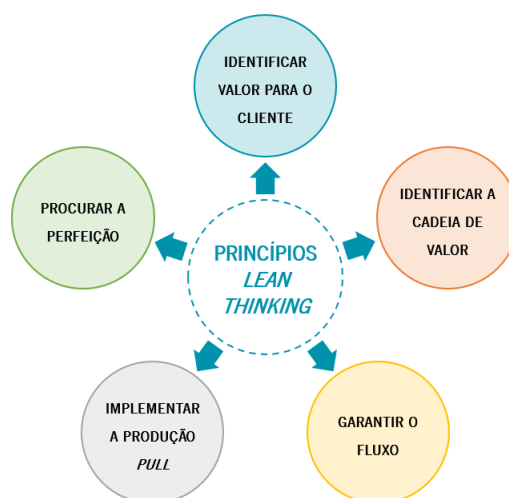


Figura 1 - Princípios *Lean Thinking*  
(Womack & Jones, 1996)

Identificar valor para o cliente significa especificar exatamente quais as suas necessidades e aquilo que espera do produto, não sendo necessário tornar um produto complexo do ponto de vista da engenharia. Tudo o que for a mais não é do interesse do cliente e será considerado, por ele, um desperdício (Womack & Jones, 1996).

Para identificar a cadeia de valor, é necessário identificar todas as ações necessárias desde o *design* até à produção efetiva de um produto, de modo a identificar os desperdícios ao longo de todo esse processo, para que sejam eliminados (Hines, Found, Griffiths & Harrison, 2008).

O fluxo deve ser garantido nas ações que criam valor para o cliente, com o objetivo de produzir sem interrupções e esperas e evitando estrangulamentos na produção, de modo a que a capacidade de resposta ao cliente seja mais rápida (Hines et al., 2008).

A produção *Pull* significa que é o cliente que puxa a produção, ou seja, só se produz aquilo que é pedido pelo cliente, na quantidade que necessita e no momento que precisar. Vem substituir a produção *Push*, onde se produzia sem ter em conta o cliente e os produtos eram “empurrados” para o mercado (Ohno, 1988).

A constante procura pela perfeição significa que a melhoria nas operações e atividades do processo, a redução dos desperdícios e as condições dos trabalhadores são ciclos ininterruptos, devendo o objetivo ser sempre fazer mais e melhor. Para muitas indústrias, esta mudança de pensamento é a mais difícil de todas (Maia, Alves, & Leão, 2012; Melton, 2005).

De acordo com Hines, Found, Griffiths e Harrison (2008), estes cinco princípios de *Lean Thinking* são fundamentais para a eliminação dos desperdícios, apesar de não serem fáceis de atingir. Assim, devem ser sempre considerados no processo de transformação para a produção *Lean*, em qualquer empresa que o deseje fazer.

#### 2.2.4 Desperdícios *Lean*

A implementação dos princípios descritos no capítulo 2.2.3 leva à redução e possível eliminação dos desperdícios na empresa, sendo que é considerado desperdício é tudo aquilo que não acrescenta valor, num produto, para o cliente, de acordo com as suas necessidades (Alves, Carvalho, & Sousa, 2012). Há a necessidade de perceber, de modo contínuo, aquilo que o cliente valoriza, uma vez que as suas necessidades se vão alterando ao longo do tempo. Para obter a máxima satisfação, é necessário eliminar as atividades que não acrescentam valor para o cliente, ou seja, aquilo em que este não quer gastar dinheiro por ser algo que não pediu (Hines et al., 2008).

Segundo Hines e Taylor (2000), existem três tipos de atividades dentro de uma organização (Figura 2):

- Atividades que adicionam valor (VA): são as que o cliente considera que tornam melhor o produto ou serviço e que está disposto a pagar. Representam apenas 5% do total do tempo despendido na produção.
- Atividades que não acrescentam valor (NVA): são atividades não necessárias para a produção e que não acrescentam valor para o cliente. São consideradas desperdícios e representam 60% das atividades.
- Atividades necessárias que não acrescentam valor (NNVA): estas atividades não acrescentam valor para o cliente, mas são indispensáveis ao bom funcionamento do processo, sendo por isso mais difíceis de alterar ou remover, apenas possível através de alterações no sistema de produção. Representam 35% do tempo total no processo.

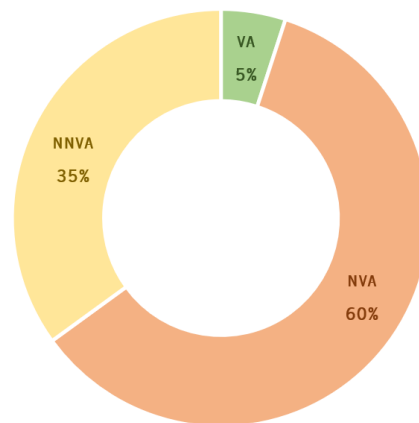


Figura 2 - Tipos de atividades dentro de uma organização  
(Hines & Taylor, 2000)

Verifica-se assim, que na maioria dos casos, aquilo que acrescenta valor ao produto é apenas uma pequena fração do tempo total despendido no processo. Contudo, aquilo que é desperdício para o cliente também pode ser uma parte necessária do processo e acrescenta valor à empresa, não ao produto em si, pelo que não pode ser eliminado, como por exemplo o controlo financeiro. Assim, há a necessidade de averiguar todos os desperdícios e verificar quais os que podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados (Melton, 2005).

Os diferentes tipos de desperdícios que podem ser encontrados num sistema de produção foram identificados por Ohno (1988), que definiu as sete categorias apresentadas em seguida:

- Sobreprodução – produzir antes do tempo, em demasia e sem necessidade, ou seja, sem existir um cliente final designado, resultando num excesso de produtos e conseqüente aumento de *stock* e custos de armazenamento (Hicks, 2007; Liker, 2004);
- Esperas – longos períodos de inatividade, seja da parte pessoas, das máquinas ou da informação, levando a um aumento no *lead time* (Hines et al., 2008);

- Transporte – corresponde ao transporte de produtos. Deve ser minimizado, uma vez que aumenta a duração do processo sem acrescentar valor ao produto, existindo ainda a possibilidade de ocorrência de danos durante o transporte (Hicks, 2007);
- Sobre-Processamento – quando são feitas atividades desnecessárias e que não acrescentam valor ao produto durante o processo, como por exemplo retrabalho, devido a defeitos. Podem também existir casos em que o sobre-processamento gera produtos com mais valor do que o pretendido pelo cliente, sendo também isso um desperdício (Hicks, 2007; Liker & Meier, 2006);
- Inventário – existência de produtos não necessários para satisfazer as necessidades do cliente, que inclui matéria prima, *work-in-process* e produtos finais, levando a um aumento do *lead time*, danos nos materiais, obsolescência dos produtos e custos de transporte e armazenamento. O excesso de inventário também pode esconder a existência de defeitos nos produtos (Hicks, 2007; Liker & Meier, 2006);
- Movimentação – pode referir-se a movimentações de pessoas ou de equipamentos, devido a um *layout* ineficiente e uma má organização do espaço. Qualquer movimento do operador que não acrescente valor ao produto, seja para ir buscar uma ferramenta, procurar um material, entre outros, é considerado um desperdício (Hicks, 2007; Liker & Meier, 2006). A movimentação excessiva de dados, decisões e informação também pode ser considerada um desperdício (Melton, 2005);
- Defeitos – os erros que ocorrem durante o processo produtivo resultam em produtos finais que não estão conformes com as expectativas de qualidade e desempenho especificadas pelo cliente, resultando na sua insatisfação. Muitas vezes há a necessidade de retrabalhar um produto não conforme para satisfazer as necessidades do cliente, sendo que o retrabalho é considerado um desperdício de sobre-processamento, como referido anteriormente (Hicks, 2007; Hines et al., 2008; Melton, 2005);

Segundo Liker e Meier (2006), o desperdício mais grave considerado por Ohno era a sobreprodução, uma vez que é a causa para a maioria dos outros desperdícios, principalmente o inventário. Contudo, todos eles escondem problemas dentro da organização, sendo necessário analisá-los a fim de encontrar soluções para os resolver ou minimizar.

Para além destes sete desperdícios especificados por Ohno, há autores que identificam um oitavo desperdício. Liker (2004), apresentou-o da seguinte forma:

- Desperdício do potencial humano – corresponde a perdas de tempo, ideias, competências, oportunidades de melhoria e de aprendizagem pelo facto de não serem tidas em consideração as opiniões construtivas dos operadores.

Assim, mesmo reduzindo todos os outros desperdícios de modo a surgirem os problemas a solucionar, existe ainda a falta de capacidade de ouvir as opiniões dos operadores que, estando no terreno, por vezes têm soluções mais práticas e de fácil implementação.

Este desperdício é considerado sério, uma vez que inibe a evolução de uma empresa, que não presta atenção aos colaboradores. Ao ouvir as pessoas e as suas ideias, é possível obter melhorias de forma contínua, numa tentativa de atingir a perfeição, a base do *Lean Production* (Alves, Kahlen, Flumerfelt, & Siriban-Manalang, 2014).

Todos estes desperdícios são designados, em japonês, por *Muda*, e o processo de eliminação destes é considerado o foco do processo *Lean*. Contudo, existem ainda outros dois M's, *Mura* e *Muri*, sendo que, em conjunto com *Muda*, formam um sistema que deve ser tido em consideração no processo de melhoria, uma vez que dar importância apenas aos 8 desperdícios *Muda*, definidos anteriormente, pode pôr em causa a produtividade do sistema (Liker, 2004).

*Muri* significa a sobrecarga do sistema produtivo, e relaciona-se tanto com pessoas como com equipamentos, trazendo consequências em ambas as situações. A sobrecarga das pessoas resulta em problemas de segurança e qualidade e a sobrecarga dos equipamentos provoca falhas no sistema e defeitos. Já *Mura* relaciona-se com as situações de variabilidade e irregularidade no processo. Uma calendarização irregular do trabalho ou a variação do volume de produção devido a problemas internos são exemplos de causas de *Mura*. Irregularidade no processo significa que há necessidade de ter equipamentos, materiais e pessoas suficientes para suportar os períodos de elevada produção, transformando-se num desperdício *Muda* nas situações de trabalho normal ou abaixo da média (Liker, 2004).

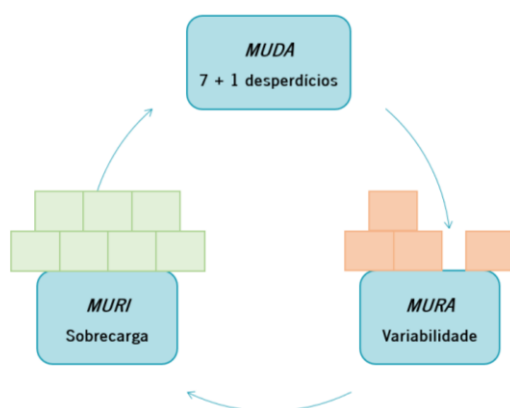


Figura 3 - Desperdícios *Muda*, *Muri* e *Mura*

Estes três tipos de desperdícios dentro de uma organização relacionam-se entre si e são causas ou consequências uns dos outros (Figura 3). Hines, Found, Griffiths e Harrison (2008) explicam, de maneira bastante prática, como isto se processa. Dão o exemplo dos cursos universitários e de pós-graduação que começam todos ao mesmo tempo, em setembro, causando um aumento exponencial de trabalho em relação ao resto do ano, verificando-se *Mura*. Neste período, o *staff* das admissões vê-se sobrecarregado pela quantidade de cursos prestes a começar. Desse modo, *Mura* causou *Muri* nos trabalhadores. Por último, para tentar equilibrar o esforço, podem ser contratados mais trabalhadores para ajudar no processo, que apenas serão essenciais durante esse período, sendo *Muda* durante o resto do ano. De maneira simples, verifica-se que todos os desperdícios estão relacionados e que, procurando bem dentro de uma empresa, existem várias situações deste género que nem são tidas em consideração no processo de melhoria contínua, devendo, por isso, ser verificadas e retificadas.

#### 2.2.5 A casa TPS

Através do esquema de uma casa (Figura 4), o Sistema de Produção da *Toyota* (TPS) apresenta todos os seus elementos organizados. Segundo Liker (2004), a simbologia da casa é utilizada uma vez que representa um sistema estrutural, que apenas funciona com um telhado, pilares e uma base robustos, sendo que, existindo um elemento mais frágil, a integridade da casa será posta em causa. Assim, cada uma das partes torna-se essencial e fundamental para o correto funcionamento desta metodologia, não devendo, nenhuma delas, ser descurada.

O telhado representa os objetivos que se pretendem atingir com a implementação da metodologia. Através da redução de desperdícios e consequente diminuição do tempo de produção, pretende-se obter produtos com mais qualidade, a menor custo e com lead time reduzido.

Os pilares apresentados são fundamentais nesta filosofia: *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka*. O conceito JIT significa uma produção com controlo de quantidade, ou seja, produzir apenas a quantidade exata no momento em que é pedida (Wilson, 2010). Para isso, a produção deve ser planeada através do *Takt-Time*, que simboliza a necessidade do cliente e quantifica de quanto em quanto tempo o mercado pede um produto (Hopp & Spearman, 2008). *Jidoka* é a base da qualidade na produção, uma vez que verifica a ocorrência de defeitos e impede que os mesmos passem para a etapa seguinte. O controlo da qualidade é, então, feito em cada uma das secções onde o produto é desenvolvido, permitindo verificar defeitos, identificar a causa raiz para que seja minimizada ou até eliminada, através de técnicas como *5 Whys* ou *poka-yoke*, sendo que este último impede, fisicamente, a passagem de defeitos no processo (Sayer & Williams, 2007).

Na base são apresentados diversos elementos, tais como, a necessidade de ter processos estáveis, *standardizados* e fiáveis, a gestão visual, a filosofia *Toyota* e *Heijunka*. Este último conceito, *Heijunka*, significa nivelar a produção, em termos de variedade e volume, de modo a obter um sistema estável e com o mínimo de inventário, de modo a permitir uma melhor utilização da capacidade do sistema (Hüttmeir, de Treville, van Ackere, Monnier, & Prenninger, 2009; Liker, 2004).

Cada um destes elementos estruturais da casa é essencial por si só, mas a maneira como interagem entre si é crítica para o bom funcionamento do sistema.

JIT pretende reduzir o inventário para o mínimo essencial de modo a satisfazer a procura do cliente. Com o inventário reduzido, os defeitos nos produtos serão visíveis e facilmente detetados, sendo que o produto será impedido de passar para a operação seguinte enquanto o defeito não for corrigido, verificando-se *Jidoka*. Trabalhar nestas condições causa instabilidade na produção e sentido de responsabilidade e preocupação nos trabalhadores, que sentem a urgência de corrigir o problema para que o sistema volte a funcionar corretamente. Assim, como se verificou que a estabilidade do processo é parte estrutural da casa, há a necessidade de perseguir a melhoria contínua no processo e nas operações e treinar os operadores para que vejam os desperdícios e resolvam os problemas pela causa raiz (Liker, 2004).

As pessoas, o trabalho em equipa, a redução de desperdícios e a melhoria contínua são representados no centro da casa e são essenciais para garantir a estabilidade no processo.

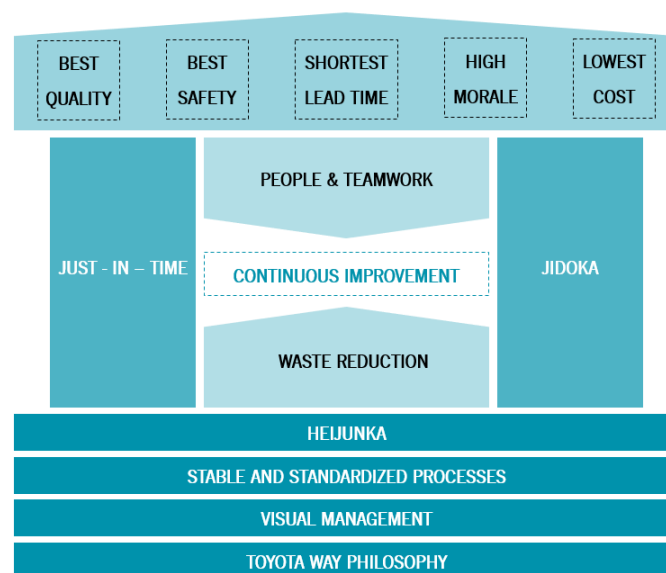


Figura 4 - Representação da casa TPS (Liker, 2004)

#### 2.2.6 O modelo 4P da *Toyota*

Tal como referido no subcapítulo 2.2.5, a filosofia *Toyota*, que prevê que as decisões sejam tomadas a pensar num futuro a longo prazo, devendo ser este o pensamento contínuo dentro de uma organização,



faz parte da base da casa TPS. Verifica-se, desse modo, que é uma parte crucial para o sucesso na implementação deste sistema de produção. Esta filosofia está integrada num modelo composto por 4 pilares, que fundamentam o modelo 4P da *Toyota* (Figura 5).

Entrevistado por Stewart e Raman (2007), Katsuaki Watanabe, um consultor e ex-presidente da *Toyota* referiu que o modelo da *Toyota* tem dois pilares principais. O primeiro é a melhoria contínua, onde há a necessidade de contestar continuamente a situação atual do processo e procurar novas soluções. O segundo relaciona-se com o respeito pelas pessoas, sejam elas os trabalhadores de uma empresa, os fornecedores ou os clientes, não só os clientes finais, mas também todos os clientes internos (trabalhadores cuja atividade depende do trabalhador no posto anterior ao seu). Todos os trabalhadores, desde a direção até aos operadores, são desafiados a tomar iniciativa e ser criativos, permitindo uma aprendizagem e crescimento contínuos, através da resolução de problemas. Assim, verifica-se o oposto do que, ao longo de muitos anos, foi criticado acerca das linhas de montagem, vistas como opressivas ao pensamento individual de cada um (Liker, 2004).

Além destes, e para completar os 4 pilares, existe o pilar do processo que consiste, principalmente, na eliminação dos desperdícios e consequente melhoria do sistema produtivo. Segundo Liker (2004), este torna-se o foco da maioria das empresas, que acreditam ser o único ponto essencial da metodologia. Contudo, ao focarem apenas este aspeto e desprezarem os restantes pilares, todas as melhorias conseguidas ao longo do processo não terão capacidade para se tornarem eficazes dentro do sistema empresarial, ficando aquém das empresas mais competitivas que adotam todos os pilares descritos. Assim, o sucesso dentro de uma empresa está relacionado com a integração de todos estes pilares do modelo *Toyota*, sendo essencial que funcionem em conjunto.

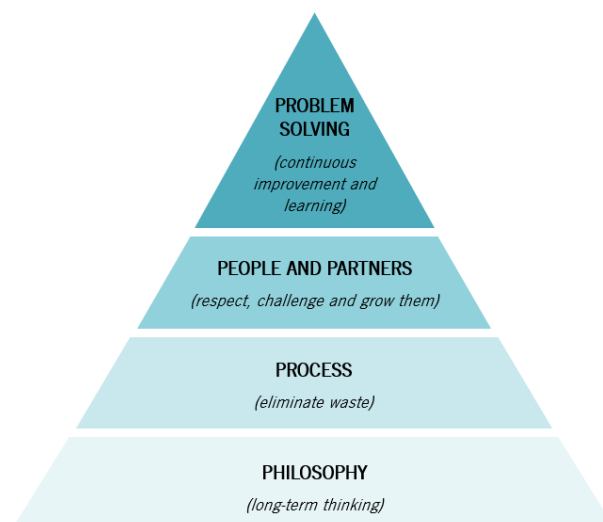


Figura 5 - Modelo 4P da *Toyota*  
(Liker, 2004)

## 2.3 Ferramentas *Lean*

A metodologia *Lean* apresenta um conjunto de ferramentas e técnicas que devem ser utilizadas pelas empresas de modo a atingir os princípios *Lean Thinking*, definidos previamente. Todas as ferramentas, independentemente da área onde são aplicadas, têm o mesmo objetivo, que vai de encontro ao foco principal desta metodologia: eliminar todas as atividades que não acrescentam valor para o cliente (Rahani & Al-Ashraf, 2012).

Contudo, para que se obtenha sucesso na implementação e aplicação das ferramentas, as empresas devem ter as competências suficientes de modo a saberem quando e como as devem aplicar. Segundo Feld (2000), o processo de melhoria contínua promovido pela metodologia *Lean*, no qual os trabalhadores devem ser capazes de alinhar o seu modo de trabalho com os critérios do cliente, desenvolve neles a capacidade de utilizarem corretamente as ferramentas necessárias para satisfazer as expectativas dos clientes.

Da enorme variedade de ferramentas *Lean* existentes, neste capítulo serão apresentadas 5: metodologia 5S's, *Standard Work*, *Value Stream Mapping* (VSM), *Kaizen* e *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

### 2.3.1 Metodologia 5S's

A ferramenta 5S's surgiu no Japão e impõe-se como um programa estruturado para atingir a total organização, limpeza e normalização do ambiente de trabalho, com intuito de o tornar propenso ao controlo visual (Melton, 2005; Patel & Thakkar, 2014). Segundo Imai (2012) um baixo grau de implementação desta ferramenta deve ser considerado um indicador visual de ineficiência, *muda*, falta de autodisciplina, baixa moral, baixa qualidade, custos elevados e uma falta de capacidade para cumprir tempos de entrega.

A designação da metodologia relaciona-se com o facto de este processo ser composto por cinco etapas (*sensos*) designadas por palavras japonesas que iniciam todas com a letra S (Figura 6). São definidas da seguinte forma, por Liker e Lamb (2002):

- *Seiri*: Nesta primeira fase é feita uma triagem a todos os itens presentes no ambiente de trabalho, mantendo apenas o que é necessário, ou seja, o que faz parte do processo e lhe acrescenta valor, descartando tudo o que é sucata ou o que nunca é usado. Para facilitar este processo, pode ser utilizada a estratégia da *Red Tag*, que consiste em assinalar com uma etiqueta vermelha todos os materiais que não são usados regularmente ou não fazem parte da secção. Tudo o que fica assinalado é posteriormente analisado de modo a perceber se é considerado sucata ou se poderá ter um novo destino numa outra secção.

- *Seiton*: Após ser feita a triagem, todos os materiais que foram considerados necessários para a secção são organizados, perto do lugar onde são usados para facilitar o acesso e o uso dos mesmos. Além disso, cada um dos novos espaços criados para os materiais existentes será designado pelo nome do mesmo, para auxiliar na identificação e verificação de que tudo está no seu correto lugar. O objetivo máximo é “um lugar para tudo e tudo está no seu lugar”, de modo a eliminar os desperdícios de mover objetos e procurar ferramentas e materiais e auxiliar a gestão visual do espaço de trabalho.
- *Seiso*: Assim que se completa a fase anterior, há a necessidade de limpar todo o espaço de trabalho. Este processo funciona como uma forma de inspeção, uma vez que, estando tudo limpo e organizado, as condições fora do normal são expostas e facilmente identificadas, permitindo uma rápida reação para a correção e normalização dessa situação.
- *Seiketsu*: Nesta fase pretende-se manter e monitorizar os 3 primeiros S's, através de regras e *standards*, de modo a manter a situação ótima obtida com a implementação das fases anteriores.
- *Shitsuke*: Esta última etapa representa a disciplina que os trabalhadores devem ter de modo a cumprir as regras definidas, mantendo a área de trabalho sempre limpa e organizada. Este é um processo contínuo e precisa de ser encarado como parte essencial da rotina de trabalho.

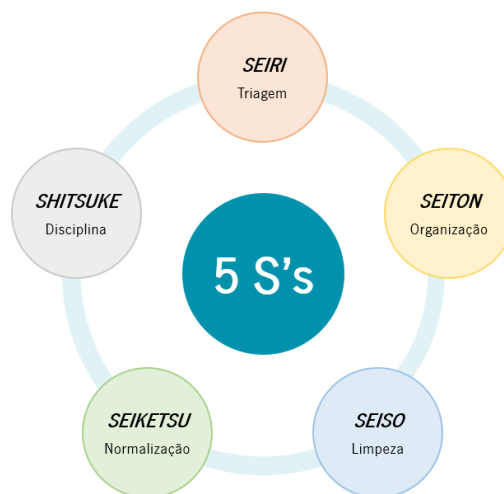


Figura 6 - Etapas da metodologia 5S's

Segundo Liker e Meier (2006), esta ferramenta é ainda ser vista, por muitos, apenas como uma ferramenta de limpeza e organização, sendo esta uma visão depreciativa da mesma e que não faz jus aos benefícios que podem ser obtidos com a sua correta implementação e execução. O conceito 5S's é bastante simples e facilmente compreendido, podendo ser implementado a todos os níveis de uma

organização (desde escritórios até à área de produção), e requer apenas sentido de disciplina e compromisso por parte dos intervenientes, cultivando o trabalho em equipa e o sentido de responsabilidade. Com a criação de um ambiente de trabalho limpo e organizado, a produtividade aumenta, assegurando-se um sistema de entrega de excelência. Além disso, a realização de auditorias internas, promove a necessidade e vontade de melhorar a qualidade e eficiência do sistema de produção, estando implicada a manutenção contínua desta metodologia (Patel & Thakkar, 2014).

Pelo facto da ferramenta 5S's ser bastante simples, prática e intuitiva e a sua implementação ser rápida e com benefícios a longo prazo, são várias as empresas que recorrem a este método, sejam elas pequenas, médias ou grandes.

A título de exemplo, refira-se o caso de uma pequena empresa de instrumentos científicos em que esta ferramenta foi utilizada com o objetivo de aumentar a produtividade e eficiência. Após a implementação, verificaram-se várias melhorias dentro da organização, como a redução do tempo de procura de ferramentas de 30 minutos para 5 minutos, verificando-se também um aumento do grau de implementação de 5S de 7 pontos na primeira semana para 55 pontos na vigésima semana (Gupta & Jain, 2015).

### 2.3.2 *Standard Work*

*Standard work*, ou trabalho normalizado, é, segundo Dennis (2015), a forma mais fácil, segura e eficiente de trabalhar. A falta de normalização num processo significa que este não tem um método estabelecido de realizar as tarefas, levando a grandes variações na execução das mesmas, afetando a eficiência do processo global (Ribeiro, Moreira, Alves, & Ferreira, 2013).

Assim, o principal objetivo deste modo de trabalho é aumentar a produtividade através de um trabalho mais eficiente, eliminando todos os movimentos não essenciais ao processo. Além disso, pretende-se atingir o balanceamento das linhas, mantendo-as a funcionar de forma contínua com uma quantidade mínima de *Work-in-Process* (WIP), com vista a diminuir o *stock*. Por último, visa ainda o aumento da segurança dos trabalhadores, com a eliminação de acidentes de trabalho, e melhoria da qualidade dos produtos, minimizando a ocorrência de defeitos na produção (Monden, 2012).

Os elementos do *standard work*, enunciados por Monden (2012), são os seguintes:

- Tempo de ciclo: define o tempo de produção de um produto numa linha de produção;
- Sequência de operações *standard*: a ordem pela qual o trabalho deve ser feito num processo, na melhor sequência;

- Quantidade de *Work-in-Process standard*: número mínimo de peças não terminadas na linha de produção, sendo que esta quantidade é definida de modo a que a sequência de trabalho ocorra sem interrupções.

Trabalhar segundo este método traz bastantes benefícios, definidos por Dennis (2015):

- Permite a estabilidade do processo, de modo a garantir a produtividade, qualidade, custos, *lead time*, segurança e objetivos ambientais;
- A definição de pontos de arranque e paragem para cada processo, assim como o conhecimento do *takt-time* e o facto de os pontos de verificação serem de fácil identificação e monitorização, uma vez que estão normalizados, elucida a perceção da situação da produção, ou seja, é possível verificar se existem atrasos ou adiantamentos em relação ao plano de produção, assim como reconhecer a existência de problemas, que se tornam mais visíveis.
- Aumento do conhecimento organizacional, através da preservação do *know-how* e da experiência de todos os membros.
- Promove o envolvimento das equipas de trabalho e reforça a criatividade humana, uma vez que os trabalhadores identificam oportunidades para sistemas de deteção de erros, os *poka-yoke*, com objetivo de alcançar os zero defeitos.
- Estando o processo normalizado, é possível trabalhar no sentido da melhoria contínua, uma vez que a normalização se torna um meio de medir as melhorias alcançadas.
- Os trabalhadores tornam-se familiarizados com o processo normalizado, e seguir os passos definidos torna-se rotineiro. Assim, também o processo de treino de novos trabalhadores se torna mais simplificado. Com tudo isto, fica mais fácil responder às variações na procura, e consequentes mudanças no *takt time* e passos do processo.

Uma das principais ferramentas usadas para a normalização do trabalho é a *Standard Work Combination Table* (SWCT), que apresenta o tempo despendido em cada uma das operações numa linha de produção. O tempo de cada operação pode ser dividido, sempre que necessário, entre tempo de mão de obra, tempo de processamento de uma máquina ou tempo de movimento do operador. Deste modo, torna-se uma ferramenta bastante útil na identificação de desperdícios ou sobrecarga (LEI, 2012).

A implementação de *Standard Work*, numa filosofia de produção *Lean*, não se relaciona apenas com o processo produtivo. O processo de comunicação também deve ser normalizado, de modo a assegurar que cada trabalhador é ouvido pelos seus superiores (Ribeiro et al., 2013), uma vez que só deste modo, as pessoas podem crescer e ficar motivadas a dar o seu melhor, por si e pela empresa.

Numa empresa de pintura, a *Swedwood Board on Frame*, foi implementado o trabalho normalizado, com o objetivo de aumentar a eficiência do processo. De modo a alcançar a estabilidade do processo, foram primeiramente utilizadas algumas ferramentas *Lean*, como 5S e gestão visual. Para a implementação de *Standard Work*, foi vital o envolvimento dos colaboradores, que, para se sentirem motivados a cumprirem este modo de trabalho, têm de perceber que a normalização só é atingida através do esforço e trabalho de cada um. Após seis meses da implementação foram atingidas várias melhorias, que incluem: redução de defeitos em 27%, redução de retrabalho em 33%, redução de taxa de sucata em 31% e melhoria na eficiência do processo em 14%. Além disso, as horas extra necessárias foram reduzidas e a versatilidade dos operadores aumentou (Ribeiro et al., 2013).

### 2.3.3 *Value Stream Mapping* (VSM)

O *Value Stream Mapping* é uma das ferramentas mais utilizadas pelas empresas que pretendem planejar, melhorar e implementar um sistema *Lean*. Apenas utilizando um lápis e papel, desenha-se um mapa que representa todo o processo produtivo de um determinado produto, desde o fornecedor até ao cliente final, em termos de fluxo de materiais e de informação. Deste modo, permite visualizar o processo como um todo, uma vez que todas as operações são representadas, quer acrescentem valor para o produto ou não, sendo uma ferramenta bastante visual que permite detetar as fontes de desperdício na cadeia de valor e identificar oportunidades de melhoria (Manos, 2006; Rother & Shook, 1999). Verifica-se que o objetivo de criar este primeiro mapa da situação atual é perceber o que pode ser melhorado no processo. Assim, de seguida, existe a necessidade de idealizar a situação final, e, para isso, deve também ser feito um mapa nesse sentido (mapa de estado futuro). Estas etapas encontram-se definidas nos quatro passos necessários para a realização de um VSM, elaborados por Rother e Shook (1999):

- Determinar a família de produtos que se vai analisar: torna-se impensável desenhar um VSM para todos os produtos de uma empresa, pelo que há a necessidade de selecionar a família que possui maior interesse e riqueza dentro da empresa. Uma família é um grupo de produtos que passam por processos similares e equipamento comum.
- Desenhar o VSM do estado atual (Figura 7): é realizado o VSM da situação atual da empresa, com a simbologia própria do mesmo. Para isso, há a necessidade de recolher todas as informações relativas ao fluxo de materiais e de informação. A melhor forma de o fazer é realizando o fluxo a pé e colocando questões às pessoas que realizam as tarefas. Desse modo, torna-se mais fácil identificar tudo o que acrescenta valor ao processo e tudo o que é desperdício (Manos, 2006).

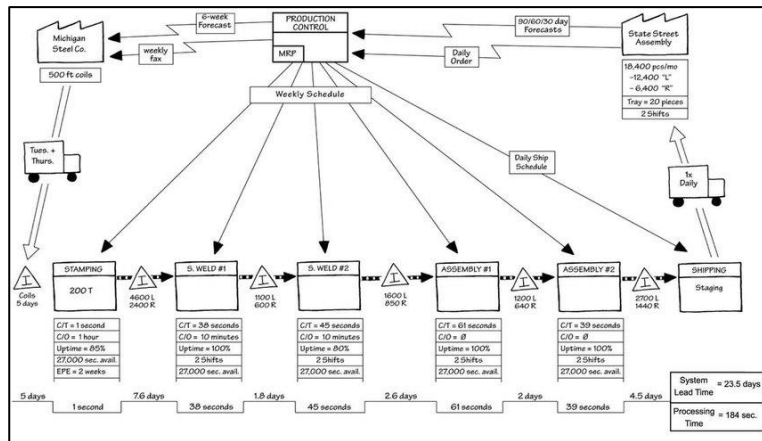


Figura 7 - Exemplo de um VSM do estado atual (Shararah, El-Kilany, & ElSayed, 2010)

- Determinar e desenhar o VSM futuro: identificadas as oportunidades de melhoria e fontes de desperdício, deve ser desenhado o VSM do que se pretende atingir no futuro, com o objetivo de se verificar uma melhoria significativa em relação à situação atual. Os membros da equipa que idealiza o mapa devem ter conhecimento dos conceitos *Lean*, de modo a desenvolverem um mapa realístico (Manos, 2006).
- Definir o plano para atingir o estado futuro: deve ser delineado o plano para atingir o estado futuro definido no passo anterior. Trabalhar no sentido de alcançar esse objetivo é a parte mais importante. O VSM é uma ferramenta útil para perceber o que pode ser melhorado num processo produtivo, e se não for utilizado e cumprido com esse propósito acaba também por se tornar um desperdício de tempo.

Como referido no início deste tópico, o VSM é utilizado em bastantes empresas devido à facilidade com que descortina vários problemas num processo. Numa empresa de produtos de plástico para o setor da saúde, o VSM foi utilizado com o objetivo de melhorar o processo logístico. Este método foi aplicado numa linha de produção de um dos produtos mais exigentes a nível logístico, sendo que os problemas encontrados nesta linha se poderão replicar pelas restantes dezasseis existentes na empresa. A utilização do VSM permitiu identificar problemas e *bottlenecks* nos processos logísticos e 5 oportunidades de melhoria foram sugeridas para os resolver, sendo que estas melhorias terão um impacto positivo nos KPI (*Key Performance Indicator*) e nos custos e eficiência do processo. Verificando-se resultados tão positivos, espera-se que esta ferramenta seja utilizada para a análise de mais processos, com vista ao sucesso global da empresa (Rohac & Januska, 2014).

#### 2.3.4 *Kaizen*

*Kaizen* significa melhoria contínua (Figura 8), que consiste num conjunto de atividades com o objetivo de criar valor e eliminar desperdícios. Além disso, coloca as pessoas em primeiro lugar, pretendendo eliminar o trabalho pesado, tanto físico como mental (Melton, 2005; Sayer & Williams, 2007).

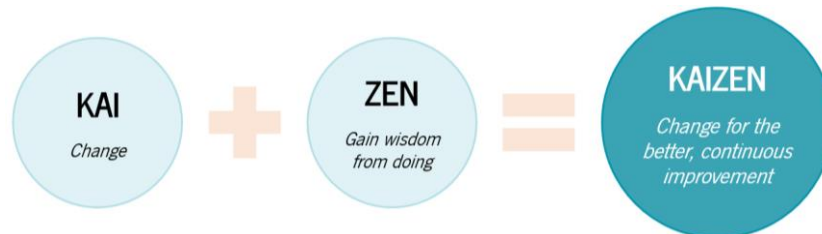


Figura 8 - Significado da palavra *Kaizen*  
(Sayer & Williams, 2007)

É uma atividade regular e que deve ser praticada diariamente, uma vez que os progressos obtidos com esta filosofia são pequenos e incrementais, baseados no senso comum e em abordagens de baixo custo, que se transformam em resultados visíveis e melhorias significativas a longo prazo. Assim, verifica-se que é uma abordagem de baixo risco, uma vez que existe a possibilidade, caso seja necessário, de voltar atrás com custos muito baixos (Imai, 2012; Sayer & Williams, 2007).

De modo a obter estas melhorias incrementais, é necessário um esforço contínuo e permanente de todas as pessoas que constituem a organização, desde a administração até ao *shopfloor*. Só com o envolvimento de todos é possível atingir, de forma contínua, melhorias em todas as áreas da organização, melhorando-a como um todo. Os trabalhadores do *shopfloor* são incentivados a dar sugestões de melhorias no processo. Os membros da administração devem ser um modelo a seguir por todos na prática desta filosofia e são os responsáveis por definir os objetivos a atingir e criar uma cultura dentro da organização que viabilize o envolvimento de todos na prática de *Kaizen*, assim como assegurar que os trabalhadores têm as competências, os materiais e as ferramentas para a praticarem (Sayer & Williams, 2007).

Contudo, de modo a implementarem *Kaizen*, as empresas devem, em primeiro lugar, aprender e implementar certos conceitos base, definidos por Imai (2012):

- *Kaizen* e administração: a administração tem duas funções principais. Manter os *standards* existentes de operações e tecnologia, sustentando-os através de treino e disciplina e, sempre que possível, melhorá-los;



- Processo *versus* resultado: de modo a atingir resultados melhores, o processo deve ser melhorado. Se não se atingir os resultados pretendidos, é necessário verificar o processo, de modo a identificar e corrigir erros;
- Seguir um ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*): este ciclo deve ser utilizado para assegurar a continuidade de *Kaizen*, no objetivo de manter e melhorar os *standards*;
- Colocar a qualidade em primeiro lugar: os três principais pontos onde se pretende atingir melhorias são sempre qualidade, custo e entrega. A qualidade refere-se não só ao produto final, mas também ao processo. Os custos envolvem *design*, produção e venda. A entrega tem como objetivos principais a entrega do produto final ao cliente no tempo e na quantidade definidas pelo mesmo. Contudo, apesar de os três serem essenciais para garantir a satisfação do cliente, a qualidade deve ser priorizada, uma vez que, mesmo que o custo e a entrega sejam ótimos, uma empresa nunca conseguirá competir se tiver um produto de baixa qualidade.
- Argumentar com dados: para que um problema seja percebido e resolvido, é necessário reconhecê-lo e reunir informação relevante para que seja analisada, servindo de base para a correção do problema e consequente melhoria.
- O processo seguinte é o cliente: pretende-se que cada processo dentro do sistema veja o processo seguinte, ou seja, o cliente interno seguinte, como o cliente final, de modo a criar um maior sentido de responsabilidade para não deixar seguir defeitos ou informação descurada para o processo seguinte. Acontecendo isto dentro da organização, assegura-se que o cliente final recebe um produto ou serviço de alta qualidade.

*Kaizen* marca a diferença em empresas que a utilizam, que a procuram para melhorar a qualidade e segurança e reduzir os custos (Sayer & Williams, 2007). Foi uma das razões de sucesso da *Toyota*, ao conseguir atingir a competitividade mundial e pode ser utilizada por diferentes tipos de organizações, como hospitais, bancos e até governos (Imai, 2012).

Numa multinacional Italiana foi realizado um projeto com o objetivo de criar um guia estruturado de aplicação de *Kaizen*, onde são definidas as fases do projeto, os papéis de cada um dos elementos e as atividades para cada fase de melhoria. Com este guia, existe a possibilidade de replicar diferentes projetos *Kaizen* em diferentes áreas da empresa. A multinacional referida já tinha iniciado a aplicação desta filosofia há cerca de 4 anos, por considerar ser essencial no processo de melhoria contínua, de modo a atingir a excelência do sistema de produção. Ao fim de um ano, os resultados tornaram-se visíveis, conseguindo uma redução de 10% dos custos de produção e uma melhoria da pontualidade no tempo de entrega de 70% para 95% (Rossini, Costa, Audino, & Cifone, 2019).

### 2.3.5 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

SMED, ou *Single Minute Exchange of Die*, é uma ferramenta que pretende reduzir os desperdícios num sistema de produção, tendo como foco a redução dos tempos de *setup*. Tempo de *setup* é o período que decorre entre a produção do último artigo conforme de uma série e o primeiro artigo conforme da série seguinte e o objetivo é minimizá-lo para que não ultrapasse os 10 minutos, daí o termo “single minute”. Deste modo, com a redução dos tempos de *setup* é possível aumentar a quantidade de diferentes produtos a fabricar num mesmo dia, trabalhando-se com lotes de produção mais reduzidos, diminuindo também a quantidade de inventário e melhorando a qualidade do fluxo. Para uma organização, torna-se benéfico trabalhar neste sentido, uma vez que é possível responder à procura de vários produtos num curto espaço de tempo (McIntosh, Culley, Gest, Mileham, & Owen, 1996; Yash & Sohani, 2012).

A metodologia SMED divide-se em três etapas, apresentadas por Shingo (1985):

- Etapa 1: Separar as operações internas das externas, ou seja, as operações que têm de ser feitas com a máquina parada das operações que podem ser feitas com a máquina a trabalhar, respetivamente. Preparação dos materiais e ferramentas, transporte de peças, entre outros, são operações que podem ser realizadas com a máquina em movimento, o que muitas vezes não acontece. A distinção entre estes dois tipos de operações é a base para a aplicação, com sucesso, de SMED, e possibilita a redução dos tempos de *setup* entre 30% e 50%. Para esta fase, podem ser utilizadas técnicas como *checklists* ou melhoria do transporte de peças e ferramentas necessárias.
- Etapa 2: Converter operações internas em operações externas. Apesar de ao distinguir as operações internas das externas ser possível reduzir os tempos de *setup* entre 30% e 50% este valor ainda não é suficiente para atingir SMED. Assim, é preciso passar para esta segunda fase e começar por verificar se as operações consideradas internas não podem ser transformadas em externas. Para atingir este objetivo, pode recorrer-se à preparação antecipada das condições de trabalho e à normalização de funções.
- Etapa 3: Racionalização de operações internas e externas, simplificando-as e tornando-as mais rápidas e fáceis de executar, diminuindo o tempo de *setup*. Nesta fase, as técnicas mais utilizadas para a redução dos tempos são a implementação de operações paralelas, utilização de fixadores funcionais, eliminação de ajustes e testes e introdução da automação.

Os casos de sucesso com a aplicação de SMED são imensos. Na *Toyota Motor Company* o tempo de *setup* de uma prensa que correspondia a 8h foi reduzido para 58 segundos, uma redução de 99,8%. Já

na *Mitsubishi Heavy Industries* foi também conseguido um feito igualável, onde o tempo de *setup* de uma máquina foi reduzido de 24h para 2 minutos e 40 segundos, uma melhoria de 99,8% (Shingo, 1985).

Contudo, nem sempre é possível, numa primeira tentativa, atingir um tempo de *setup* abaixo dos 10 minutos. Mesmo assim, este deve ser um objetivo contínuo e para o qual se deve trabalhar ao longo do tempo.

Numa empresa portuguesa que fabrica poliéster, poliuretano e espuma de poliéster foi implementada a ferramenta SMED para reduzir o tempo de *setup* num conjunto de máquinas do seu sistema de produção. Atingiu-se uma redução de 65% nos tempos de *setup*, passando de 114 minutos para 40 minutos no fim da implementação. A redução deste tempo permitiu aumentar a capacidade das máquinas, assim como a sua flexibilidade na resposta à procura do cliente. Além disso, houve uma diminuição dos custos de produção em 20%, que correspondem aos diretamente ligados à mão de obra e às máquinas. Com a redução em 65% dos tempos não produtivos e atividades que não acrescentam valor foi possível poupar cerca de 240 mil euros por ano (Moreira & Garcez, 2013).

## 2.4 Implementação da metodologia *Lean*: dificuldades e benefícios para as empresas

A implementação da metodologia *Lean* engloba várias mudanças dentro de uma organização. Apesar de os princípios e ferramentas abordadas anteriormente serem facilmente compreendidos, a implementação dos mesmos traz vários desafios e mudanças, sendo necessário um elevado compromisso por parte da empresa para alcançar, com sucesso, todos os objetivos definidos.

Para além da implementação, é necessário sustentar essa mudança, sendo esta a fase mais complicada e desafiadora. Hines et al. (2008) afirmam que a transformação para uma metodologia *Lean* pode ser vista como um *iceberg*. A parte visível, acima da água, representa aquilo em que se pensa imediatamente aquando do momento da transformação, ou seja, a aplicação de tecnologia, ferramentas e técnicas e a correta gestão do processo. Contudo, abaixo de água, encontra-se a parte mais difícil do processo, mas essencial para sustentar a transformação visível:

- **Estratégia e Alinhamento:** é necessário formar uma estratégia coerente, com uma visão e um propósito.
- **Liderança:** o líder deve inspirar com palavras e ações encorajando todos os elementos da organização a envolverem-se na mudança.
- **Comportamento e Compromisso:** o compromisso demonstrado durante o processo de mudança é essencial, uma vez que prevê o conseqüente sucesso, ou não, mesma.

Segundo Melton (2005), uma das maiores dificuldades encontradas na implementação do *Lean* relaciona-se com a resistência à mudança, uma vez que esta transformação engloba um conjunto de desafios que põem em causa o modo atual de trabalho. Isto, para quem está habituado a fazer tudo da mesma maneira ao longo de anos, torna-se num obstáculo difícil de ultrapassar, sendo por isso, uma das primeiras barreiras à implementação, podendo mesmo fazer com que esta não avance de todo. Refere ainda o ceticismo existente para a validação da metodologia e a falta de tempo para a implementação da mesma.

Contudo, apresenta também vários aspetos que classifica como benéficos com a implementação da filosofia *Lean*, apresentados na Figura 9:

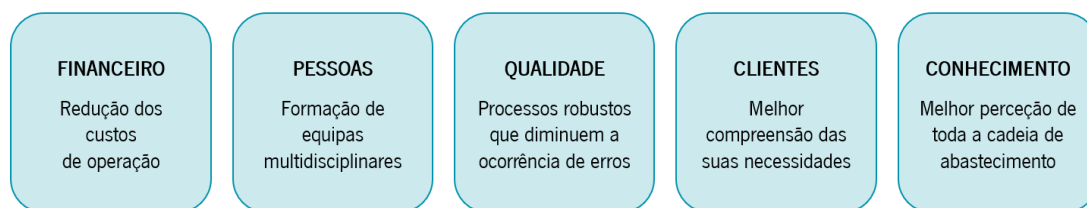


Figura 9 - Benefícios obtidos com a implementação da metodologia *Lean*

## 2.5 *Lean* e ergonomia

Ergonomia é a disciplina científica que estuda a interação entre as pessoas e os restantes elementos de um sistema, com o objetivo de melhorar as condições de trabalho e o bem estar dos operadores (IEA, 2000).

As ferramentas ergonómicas tornam-se parte essencial da metodologia *Lean*, uma vez que estão relacionadas com os operadores e o seu desempenho. Estas ferramentas permitem diagnosticar e avaliar as condições de trabalho, de modo a que sejam melhoradas sempre que necessário, reduzindo o risco de lesões, doenças e acidentes de trabalho. A criação de um ambiente seguro, saudável e com boas condições de trabalho, levará a um aumento da motivação dos trabalhadores, uma vez que poderão realizar a sua atividade de forma mais segura. Consequentemente será possível verificar um aumento na produtividade (Maia et al., 2012).

Nos ambientes industriais, muitos dos postos de trabalho obrigam a que o operador permaneça de pé durante longos períodos, em superfícies duras e, muitas vezes, com o calçado de segurança. Esta postura associa-se ao desconforto e fadiga, podendo, eventualmente, causar lesões músculo-esqueléticas na zona lombar, pernas e pés. Com a utilização de tapetes anti fadiga (Figura 10), o impacto contra a superfície é amortecido e a pressão é reduzida, atenuando os sintomas referidos anteriormente e evitando o risco de lesões. Deste modo, o operador terá mais conforto no seu posto de trabalho,

aumentando a motivação e satisfação em realizar a sua atividade, obtendo-se ainda resultados positivos em relação à produtividade, absentismo e sinistralidade (Ferreira, 2016; Santos, Almeida, Lopes, & Oliveira, 2019). Assim, verifica-se que a utilização de tapetes anti fadiga produz efeitos vantajosos tanto para os operadores como para a própria empresa, devendo ser usados sempre que se verifique essa necessidade.



Figura 10 - Exemplo de um tapete anti fadiga

### 3. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

#### 3.1 A empresa Navarra – Extrusão de alumínio, S. A.

O grupo Navarra (Figura 11), que atualmente faz parte do ranking das 1000 maiores empresas portuguesas, iniciou a atividade no ano de 1977, na cidade de Braga, onde se mantém até aos dias de hoje. Tem como principais atividades a extrusão de alumínio, o tratamento de superfícies e a comercialização de perfis de alumínio e acessórios, mantendo a liderança no mercado. De modo a alargar o nicho de mercado e satisfazer as necessidades dos clientes, possui ainda uma secção de rutura de ponte térmica para montagem de perfis e uma secção de maquinaria e corte, onde são feitos cortes de precisão nos perfis, para as mais diversas aplicações. Cerca de 60% da sua produção é exportada e conta com 600 colaboradores.



Figura 11 - Logótipo Navarra

O grupo Navarra tem as suas atividades de negócio distribuídas por cinco empresas:

- Empresa Navarra: localizada em Braga, que engloba todos os processos produtivos (Figura 12).
- Empresa Navarra II: desenvolve, distribui e comercializa os sistemas de alumínio da marca Navarra.
- Empresa N.2.A e Navarra Moçambique: localizadas em Luanda e Maputo, respetivamente, asseguram a distribuição e comercialização dos produtos Navarra nesses mercados.
- Tamoz: é uma unidade industrial de lacagem localizada em Moçambique.



Figura 12 - Empresa Navarra, localizada em Braga

## 3.2 História e evolução

Através de um esquema cronológico (Figura 13) são apresentados os principais marcos históricos da empresa, desde a sua fundação, em 1977, até aos dias de hoje.

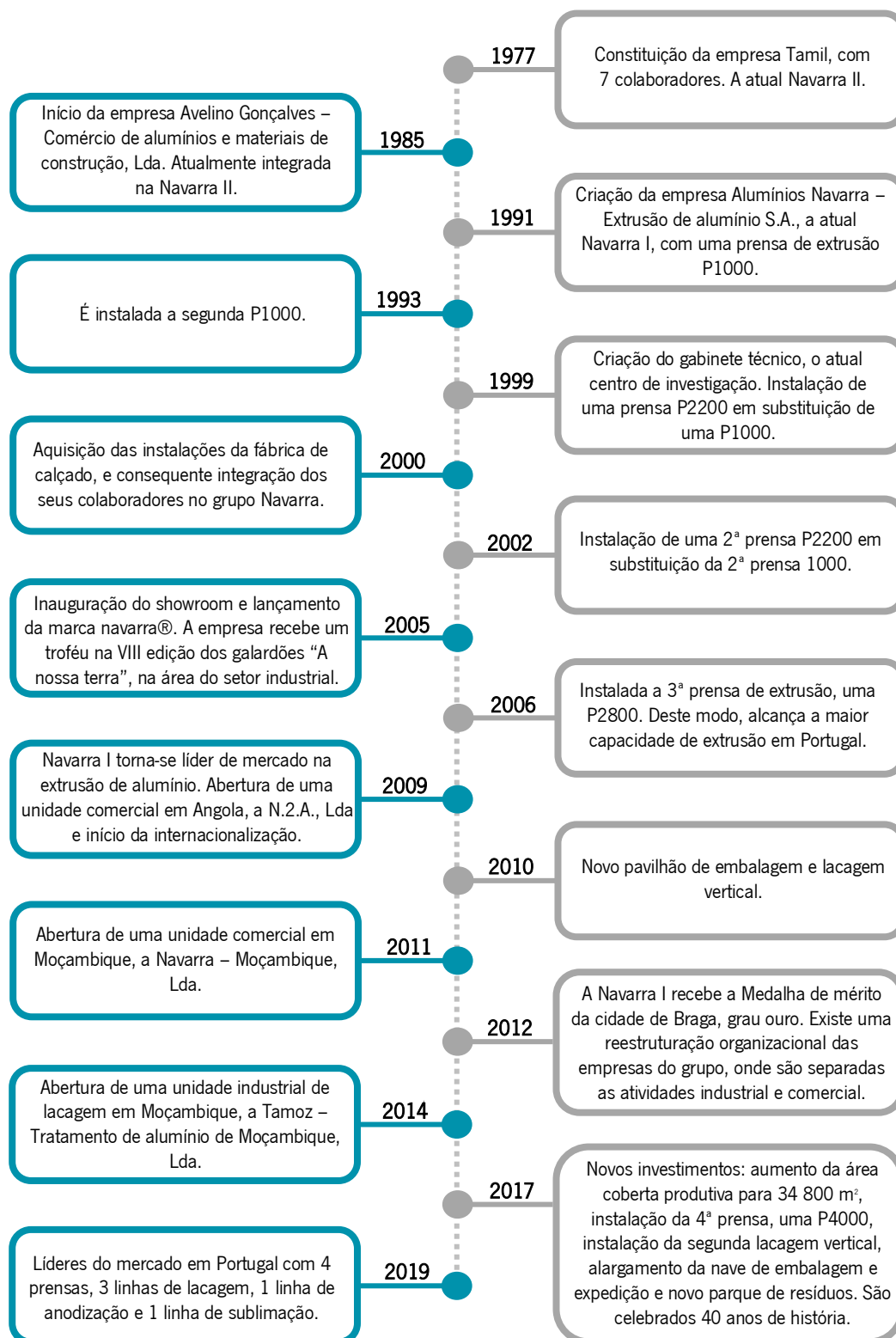


Figura 13 - Esquema cronológico da história e evolução da Navarra

### 3.3 Missão, visão e valores

A Navarra pretende potenciar a “utilização do alumínio, indo ao encontro dos desafios dos clientes, através de práticas de gestão sustentáveis com foco na inovação e melhoria contínua”. Com isto, espera alcançar um lugar de referência no setor, sendo “reconhecida pelo serviço de excelência, preservando o cariz familiar” com que nasceu.

A empresa rege-se pelos valores apresentados na Figura 14:



Figura 14 - Valores da Navarra

Sendo as questões ambientais e o desenvolvimento sustentável temas prioritários, o grupo Navarra tem implementado o sistema de gestão de Certificação Ambiental pelo referencial NP EN ISO 14001. Os principais objetivos são a preservação dos recursos naturais, a utilização racional e eficiente de matérias primas, diminuição dos resíduos da produção, reciclagem e poupança de energia. Na plataforma industrial encontram-se instalados 1250 painéis solares utilizados para converter energia solar em elétrica.

### 3.4 Estrutura organizacional

O organigrama da empresa está apresentado na Figura 15:

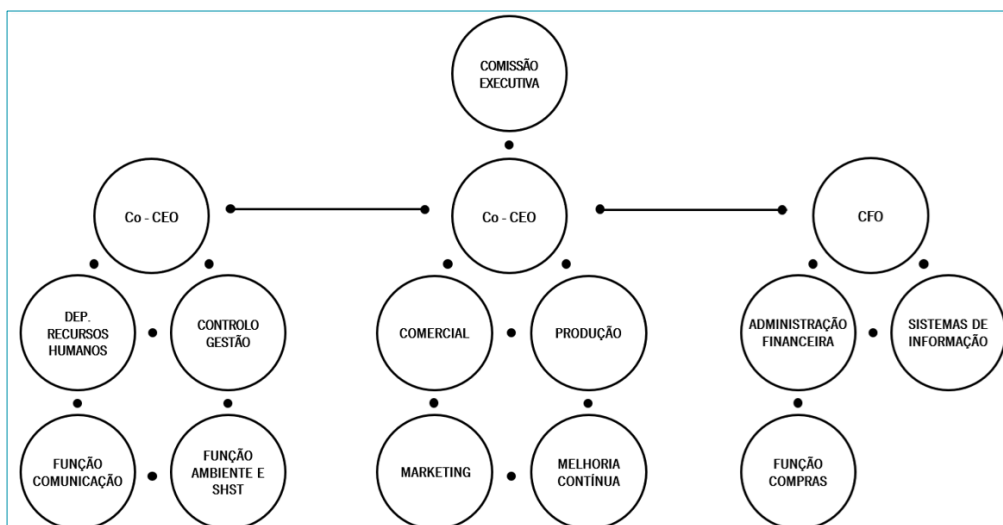


Figura 15 - Organigrama da empresa



### 3.5 Matéria prima e fornecedores

O alumínio, a principal matéria-prima utilizada na empresa Navarra, tornou-se um dos metais mais utilizados e de maior referência em todo o mundo devido à sua leveza, relação resistência - peso, dureza, versatilidade e durabilidade, entre outras.

O alumínio na forma de matéria-prima utilizado na empresa Navarra é fornecido sob a forma de *biletas* (Figura 16). Um *bilete* é um cilindro de alumínio com comprimento e diâmetro variável, tendo em conta a prensa onde vai ser utilizada. Para as prensas 2200 o diâmetro é 203 mm, para a 2800 é 228 mm e para a prensa 4000 é 254 mm. As ligas variam em função da aplicação final do perfil de alumínio.



Figura 16 - *Biletas* de alumínio

Relativamente aos fornecedores, estão maioritariamente concentrados na Noruega e em Espanha, com cerca de 50% e 30%, respetivamente, de matéria prima a chegar destes países. Os restantes 20% relacionam-se com variados destinos.

### 3.6 Produtos e clientes

Os produtos finais comercializados são perfis de alumínio inovadores (Figura 17), desde o mais elementar ao mais complexo, respondendo a todas as necessidades. Além disso, as suas aplicações são infindáveis. Podem ser utilizados em caixilharia, tanto portas como janelas, fachadas, aplicações especiais como lâminas quebra sol, sistemas para integração de painéis fotovoltaicos e em diferentes tipos de indústrias.



Figura 17 - Exemplos de perfis de alumínio Navarra

O grupo Navarra tem três tipos de clientes: profissionais de arquitetura, técnicos de serralharia e indústria. Existe um catálogo Navarra, utilizado pelos arquitetos e serralheiros, com perfis feitos pela empresa. Os clientes industriais desenvolvem os seus próprios perfis, tendo em conta as suas necessidades, sendo que estes não podem ser comercializadas posteriormente pela Navarra para outros clientes. Estes são os clientes diretos, que compram os perfis para os utilizarem. Contudo, existem empresas que são, ao mesmo tempo, concorrentes e parceiras. Estas empresas são as que compram os perfis em bruto e dão-lhe os tratamentos necessários, como lacagem, por exemplo, para depois os venderem ao cliente final, tornando-se concorrentes nesta situação.

### 3.7 Processo produtivo

O processo produtivo é composto por 9 fases. Com exceção da matrizaria, a extrusão e a embalagem e expedição, todas as outras fases são facultativas, ou seja, o tratamento designado para o perfil determina a sua passagem ou não nas restantes secções. Além destas fases, é possível referir o centro de investigação e controlo da qualidade que, apesar de não fazerem parte diretamente do processo produtivo, são essenciais e indispensáveis. O centro de investigação é a área dedicada à investigação e inovação, onde são criadas soluções adaptadas a cada projeto específico. Engloba uma oficina de ensaios onde se testam protótipos para avaliar a performance na permeabilidade ao ar, à água e resistência ao vento. O controlo de qualidade do processo de fabrico e do produto final é garantido pelos laboratórios internos devidamente equipados e por vários postos de controlo ao longo da linha de produção. Desse modo, todos os processos produtivos da Navarra estão certificados segundo as normas da qualidade NP EN ISO 9001.

Na Figura 18 é possível ver as instalações fabris da empresa e o local onde cada processo é efetuado. Logo de seguida é feita uma breve explicação de cada um.

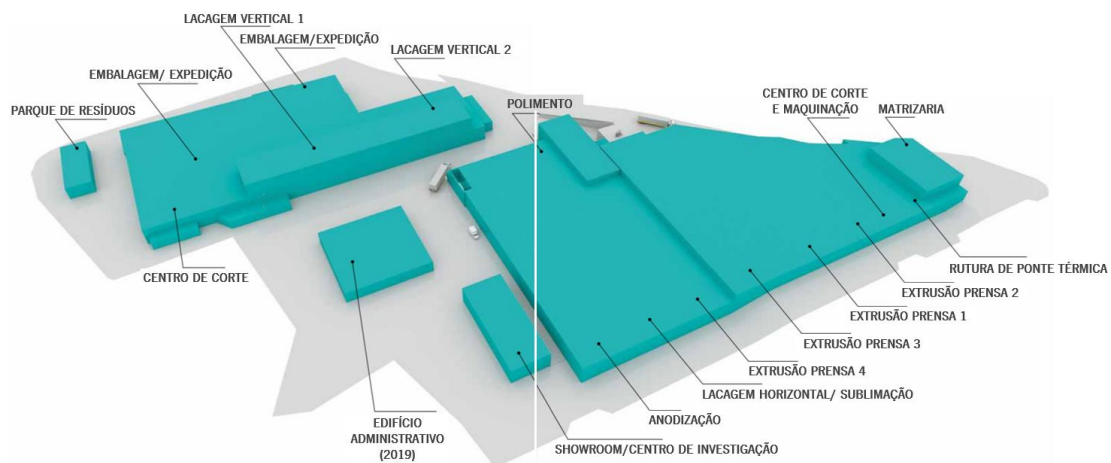


Figura 18 - Instalações fabris

## 1. Matrizaria

É a secção responsável pelos serviços de verificação, preparação, correção e manutenção de matrizes, para que se possa garantir a conformidade dimensional e a qualidade superficial no processo de extrusão. O armazém de matrizes tem capacidade para mais de 12 000 referências.

## 2. Extrusão

É o processo de transformação da matéria prima em perfis de alumínio com a forma desejada, através da pressão exercida sobre uma matriz.

## 3. Anodização

A linha de anodização promove a formação de uma película decorativa e protetora, uniforme e controlada de óxido de alumínio na superfície do perfil. São realizados os diversos ensaios e testes, como, por exemplo, resistência e abrasão e espessura da camada.

## 4. Lacagem

É um tratamento de superfície dos perfis de alumínio através de um processo de pintura com base em pó. A espessura do revestimento obtido deve ser superior a 60  $\mu\text{m}$  e são feitos diversos testes e ensaios durante este processo, como, por exemplo, brilho e aderência.

## 5. Sublimação

Este processo possibilita uma aderência de camadas de cores em qualquer perfil ou chapas de alumínio, garantindo uma excelente qualidade estética e máxima resistência às condições climáticas. São utilizados produtos não tóxicos e totalmente recicláveis.

## 6. Rutura de ponte térmica

Este processo possibilita a união de perfis através de poliamida, com vantagens em relação ao conforto térmico e acústico, aos custos de climatização, que serão reduzidos, e ao efeito estético, pois permite a utilização de vãos bicolor.

## 7. Centro de corte e maquinação

Neste centro existem três máquinas de corte que executam todo o tipo de cortes de elevada precisão e três de maquinação, que efetuam furações, rasgos, entalhes, entre outras operações. Deste modo, é possível obter uma variabilidade de produtos que permitem responder às exigências do mercado.

## 8. Embalagem e expedição

Existem diversos tipos de embalagem, formulados com o objetivo de acondicionar corretamente os perfis. Esta secção está equipada com máquinas de embalar automáticas e semiautomáticas. Contudo, tem ainda a capacidade de efetuar embalagens personalizadas de acordo com os requisitos do cliente ou exigências do próprio perfil.

Este projeto foi desenvolvido na secção da extrusão, a pedido da empresa, com o objetivo de melhorar o desempenho deste processo. Sendo que a extrusão é uma área de capital intensivo, é importante maximizar a capacidade da mesma. Atendendo também a que é a primeira operação do processo produtivo, o seu desempenho influencia o das restantes.

## 4. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO

### 4.1 Descrição do processo de extrusão

O processo de extrusão simboliza a transformação da matéria-prima, os *biletes* de alumínio, em perfis de alumínio com a secção transversal desejada.

Para a realização deste processo, a empresa possui 4 prensas de extrusão:

- 2 prensas 2200t, designadas por prensas 1 (P1) e 2 (P2);
- 1 prensa 2800t, designada por prensa 3 (P3);
- 1 prensa 4000t, designada por prensa 4 (P4).

O *bilete* é aquecido no forno de *biletes*, à temperatura desejada, sendo depois cortado de acordo com a medida descrita na Ordem de Fabrico (OF) para essa mesma produção. Depois de cortado, o *bilete* é colocado no *container* onde, por ação da força hidráulica da prensa, é pressionado contra uma matriz, formando o perfil de alumínio com a forma e dimensão desejadas (Figura 19).

O perfil começa a extrudir e é puxado por um *puller*, que o leva pela mesa até um determinado comprimento, designado por tirada. Estando nessa mesa, o perfil é submetido a um trabalho de esticamento a frio e transferido, posteriormente, para a serra, onde é cortado nas dimensões finais desejadas.

Por fim, caso seja especificado, os perfis são submetidos a um tratamento térmico, no forno, de modo a alcançarem certas propriedades mecânicas pretendidas.



Figura 19 - Início do processo de extrusão (perfil sai da prensa com a secção transversal da matriz)

#### 4.1.1 O processo diário

Diariamente é feito o plano de produção para cada prensa, onde são apresentados os perfis que vão extrudir, juntamente com a matriz correspondente para cada um, e a quantidade de quilogramas a produzir. Deste plano de produção surgem as OF, sendo que cada OF é distinguida pelos parâmetros

que a compõem, devendo estes ser utilizados no momento de extrusão de cada perfil. Desse modo, há a possibilidade de a mesma matriz estar presente em várias OF's, onde o que muda é, por exemplo, o comprimento final do corte do perfil.

#### 4.1.2 As matrizes

A matriz é a parte fundamental da extrusão, pois é através dela que se obtém o perfil pretendido (Figura 20 (a) e (b)). As matrizes podem ser planas ou tubulares, dependendo se têm circuitos fechados ou não e podem ter uma ou mais saídas, ou seja, os orifícios por onde sai o alumínio já em formato de perfil.



Figura 20 - (a) Matriz plana (com uma saída) (b) Perfil tubular (em cima) e plano (em baixo)

Existem milhares de matrizes, sendo algumas delas repetidas. Isto acontece quando são matrizes com bastante utilização e, de modo a impedir o desgaste prematuro, são utilizadas várias, sendo que à referência da matriz é acrescentada uma barra com o número a que corresponde essa nova matriz. De modo a manter as dimensões e produzir perfis com a qualidade e a esquadria pretendidas, as matrizes passam por um processo de nitruração ao fim de uma certa quantidade de quilogramas extrudidos.

Todas as matrizes utilizadas são armazenadas no armazém de matrizes (Figura 21 (a) e (b)). Quando é feito o plano de produção, as matrizes necessárias são preparadas pelos matizeiros e levadas para junto de cada uma das prensas. Chegando às prensas, estas são colocadas em estufas de matrizes, que aquecem a matriz à temperatura necessária para ser colocada na prensa (Figura 21 (c) e (d)). A matriz só deve ser retirada da estufa no momento de extrusão do último *bilete* da matriz anterior, uma vez que, estando fora demasiado tempo antes de ser colocada na prensa, arrefece e pode comprometer o processo de extrusão, levando a paragens que podem durar horas.



Figura 21 - (a) Armazém de matrizes (b) Robô do armazém (c) Estufas (d) Matriz a sair da estufa

Cada prensa tem uma cassete, que é o local onde a matriz é colocada para fazer a extrusão (Figura 22 (a)). Nessa cassete, além da matriz, é necessário colocar um *bolster* (Figura 22 (b)), que impede que toda a pressão seja feita na matriz. O *bolster* utilizado tem de ser adequado à matriz, ou seja, tem de ter o mesmo número de saídas da matriz e essas saídas têm de ter um formato que permita a saída do perfil. Assim, para diferentes matrizes, pode ser utilizado o mesmo *bolster*. Existem ainda os *sub-bolster* (Figura 22 (c)), que são *bolsters* em tamanho mais pequeno e precisam de ser colocados dentro de um *insert*, para ficarem com o tamanho pretendido. Para além disso, pode ser ainda preciso utilizar um anilha, caso a largura da matriz com o *bolster* não seja suficiente para ocupar toda a cassete. Sempre que é necessário mudar de matriz, há a necessidade de verificar se vai ser necessário o mesmo *bolster*. Na prensa 1 e 2 é ainda necessário verificar, caso tenha sido utilizado um *sub-bolster*, se vai ser utilizado novamente um, mesmo que seja diferente, uma vez que só têm 1 *insert*.

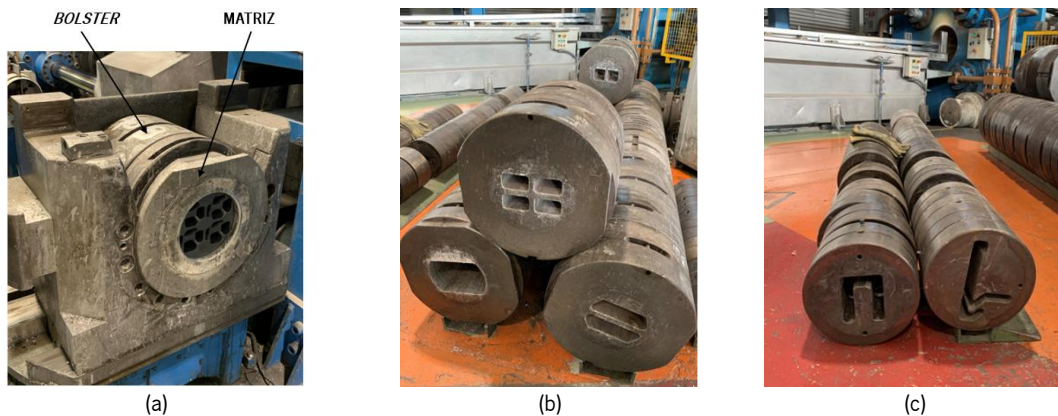


Figura 22 - (a) Cassete com matriz e *bolster* (b) *Bolsters* (c) *Sub-bolsters*

Caso seja um *bolster* diferente, este é colocado previamente na cassete que está do lado de fora da prensa, de modo a que o tempo despendido no processo de mudança de matriz seja o menor possível, sendo a matriz colocada mais tarde, como explicado anteriormente. Quando termina a extrusão, só é preciso fazer a rotação das cassetes e a nova matriz fica pronta para extrudir. Contudo, há situações excepcionais em que é necessário usar o mesmo *bolster*, porque só os utilizados mais regularmente é que possuem uma versão duplicada. Quando existe apenas um e é necessário em duas OF's seguidas é preciso fazer a rotação, tirar o *bolster* que esteve na prensa, retirar o alumínio e voltar a colocá-lo lá dentro, demorando muito mais tempo.

#### 4.1.3 Os parâmetros do processo

Em cada OF são designados os seguintes parâmetros:

- Temperatura do forno de *biletes*;
- Velocidade de extrusão;
- Comprimento do *bilete*;
- Comprimento da tirada;
- Comprimento da patela;
- Força do *puller*;
- Pontas de esticamento;
- Distância de esticamento.

A temperatura do *bilete* é crucial, pois, caso este não esteja suficientemente quente, pode provocar uma paragem na prensa. Pelo contrário, se for muito alta, pode provocar desgaste tanto na matriz como no perfil. O mesmo acontece com a velocidade que, se for demasiado elevada, pode provocar desgaste no perfil.



Durante o processo de extrusão, a temperatura é controlada em 3 pontos: o *bilete* no forno (Figura 23 (a)), o perfil à saída da prensa, que tem de estar a uma temperatura entre 530° e 580°, e o perfil no final da extrusão, cuja temperatura tem de ser metade da registada à saída. Se a temperatura for superior, é preciso recorrer a um túnel de arrefecimento nos primeiros metros de perfil à saída da prensa. Se, por outro lado, o problema está na temperatura do perfil à saída, que não se encontra dentro dos limites, é possível fazer alterações na velocidade ou na temperatura do forno.

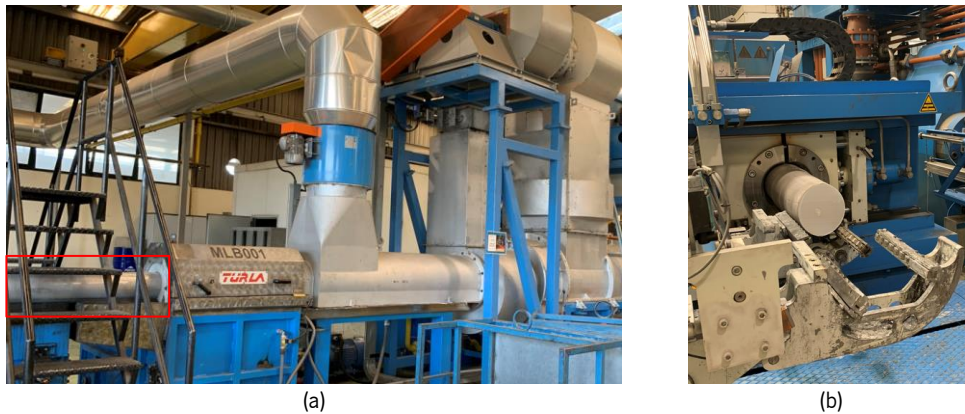


Figura 23 - (a) *Bilete* (matéria-prima) a entrar para o forno (b) *Bilete* (cortado) a sair do forno

O comprimento do *bilete* (Figura 23 (b)) é definido tendo em conta o comprimento final do perfil a extrudir, a tirada. Essa tirada é calculada com base na medida do corte final do perfil, definida pelo cliente, e pelo número de cortes a realizar nessa tirada. A esse cálculo é acrescentado o valor das pontas de esticamento. Estas pontas são cortadas na serra e tornam-se sucata, mas são essenciais para que o perfil volte a ganhar esquadria, uma vez que as pontas ficam amassadas devido ao *puller* e ao esticador. Assim, está definido um valor de 2 metros de pontas de esticamento para todas as matrizes. Contudo, em certos perfis, o operador da prensa precisa de aumentar esse comprimento, pois, devido a certas características do perfil, podem ser precisos mais metros até que o perfil volte a ganhar esquadria. O *puller* puxa os perfis que estão a sair da prensa e, dependendo do tipo de perfil, é definida a força do *puller*, ou seja, a força com que o perfil é puxado ao sair da prensa (Figura 24 (a)).

No final da extrusão de cada *bilete* é cortada a patela (Figura 24 (b)). A patela é toda a parte do *bilete* que não é aproveitada, como é o caso da pele do *bilete*, que contém a maioria das impurezas, e que, caso ficassem no perfil, provocariam defeitos visíveis. Assim, o comprimento do *bilete* também tem de incluir o comprimento da patela. Esta varia, consoante o tipo de matriz. Se for plana, a patela tem de ser mais fina, se for tubular precisa de uma patela mais grossa.



(a)



(b)

Figura 24 - (a) *Puller* a puxar os perfis até à tirada definida (b) Contentor com patelas de extrusão

Após a extrusão, o perfil vai para o esticador (Figura 25 (a)), onde se define a distância de esticamento. O objetivo deste processo é tornar o perfil retilíneo após a saída da prensa. Além disso, tem ainda impacto no desenho técnico, uma vez que permite ajustar a esquadria do perfil, e nas propriedades mecânicas. A última operação é a serra (Figura 25 (b)), onde se cortam as pontas de esticamento e se efetua o corte da tirada, de modo a obter os perfis no tamanho definido pelo cliente.



(a)



(b)

Figura 25 - (a) Perfil no esticador (b) Perfil a ser cortado na serra

Todos estes parâmetros vêm definidos nas OF, contudo, nem sempre são respeitados. Desse modo, foi preciso perceber o porquê de esta situação acontecer, sendo que os problemas observados serão abordados detalhadamente nos subcapítulos seguintes.

## 4.2 Estudo de tempos

Um estudo de tempos consiste em registar os tempos e as condições de execução de uma operação, sendo esta medição feita através de cronómetros. Além disso, são registados outros fatores, como condições de trabalho e ocorrências irregulares, que possam ter impacto no tempo de execução da tarefa (Costa & Arezes, 2003).

Com o objetivo de reduzir o tempo não produtivo e aumentar a produtividade em cada uma das prensas, foi feito um estudo de tempos ao processo de mudança de *bilete* em cada uma delas, de modo a contabilizar o tempo não produtivo desde que termina a extrusão de um perfil e o *container* abre até ao momento em que o novo *bilete* entra, o *container* fecha e se inicia uma nova extrusão.

Em cada observação foi cronometrado o tempo de operação e registadas todas as ocorrências verificadas. Após uma primeira análise aos dados recolhidos foi possível detetar várias situações que incrementam o tempo de mudança de *bilete*, que serão, daqui para a frente, designadas por paragens. Apesar de o tempo de mudança do *bilete* ser por si só um tempo não produtivo e uma paragem na máquina, as paragens consideradas neste contexto serão aquelas que incrementaram esse valor, sendo, assim, situações de mudança de *bilete* não *standard* e que se pretende minimizar. De todas as paragens observadas, foi preciso verificar quais eram as significativas, pois apenas essas serão alvo de estudo para este projeto.

#### 4.2.1 Prensas 1, 2 e 3

Ainda antes de se iniciar o estudo do tempo, nas prensas 1, 2 e 3 verificou-se que a lubrificação da ponteira é feita manualmente, pelo operador, através da colocação de grafite (Figura 26). Esta situação ocorre no momento de mudança do *bilete*. Nesse momento, e ainda antes do novo *bilete* entrar no *container*, o operador tem de premir pausa na prensa, pois só com a prensa parada é que pode aplicar grafite. Terminado este processo, cabe ao operador retirar a pausa da prensa para que a extrusão recomece.

A aplicação de grafite é essencial para o processo de extrusão, uma vez que permite lubrificar a ponteira, a peça da prensa que pressiona o *bilete* contra a matriz, e limpar o alumínio que se vai acumulando na mesma no decorrer das extrusões.



Figura 26 - Grafite na ferramenta para ser colocada manualmente

Para cada uma das prensas foram feitas 100 observações do processo de mudança de *bilete*. Desse modo, foi possível perceber que existiam dois tempos (medidos utilizando um cronómetro): o tempo regular e o tempo com irregularidades, ou seja, o tempo regular de mudança de *bilete*, obtido pela média dos tempos em que não ocorreram paragens (seja para aplicação de grafite ou outras), e o tempo com irregularidades, obtido pela média dos tempos de todas as observações.

Assim, para as prensas 1, 2 e 3 foi necessário analisar todas as paragens que ocorreram ao longo das 100 observações, de modo a perceber quais as que têm maior impacto no aumento do tempo não produtivo. Na tabela seguinte apenas são apresentadas as situações não *standard* de mudança de *bilete*, ou seja, aquelas em que houve paragens que incrementaram esse tempo de mudança.

- **Prensa 1**

Tabela 1 - Resumo das paragens da prensa 1

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	7	36,3	10,4	7,0%
<i>Bilete</i> atrasou	1	36,1	-	1,0%
Corte duplo ( <i>bilete</i> sai com atraso)	1	47,5	-	1,0%
Formou patela	1	26,2	-	1,0%
Não caiu a patela	6	32,3	13,8	6,0%

A paragem “Colocação de grafite” é a mais frequente, logo seguida pela “Não caiu a patela”, que está diretamente relacionada. A observação “Não caiu patela” significa que, no final da extrusão de um *bilete*, a patela é cortada, mas fica agarrada na cizalha (a peça que corta a patela), pelo facto de esta não estar lubrificada. Nestes casos, o operador tinha de retirar a patela manualmente, com a ajuda de uma ferramenta, e voltar a colocar grafite na peça em questão, para que não voltasse a acontecer.

As restantes paragens não são significativas nem controláveis, pelo que não serão alvo de estudo neste projeto.

- Prensa 2

Tabela 2 - Resumo das paragens na prensa 2

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	6	42,7	5,7	6,0%
<i>Bilete</i> demorou mais chegar ao sensor	2	24,5	0,5	2,0%
Corte duplo ( <i>bilete</i> ficou preso no robô)	1	31,3	-	1,0%
Corte duplo (teve de se fechar manualmente)	2	27,5	4,2	2,0%
Corte duplo (foi preciso parar a chamada)	1	46,6	-	1,0%
Falha sensor entrada <i>bilete</i>	2	25,4	0,5	2,0%
Falha sensor patela: entrada do <i>bilete</i> manual	2	24,1	0,6	2,0%
Não caiu a patela	5	36,8	16,4	5,0%

Verifica-se novamente que as paragens mais frequentes estão relacionadas com a colocação de grafite e o facto de não cair a patela. Estas são as duas situações que têm um maior impacto no aumento do tempo no processo em questão, uma vez que as restantes paragens não se consideraram significativas no decorrer das observações.

- Prensa 3

Tabela 3 - Resumo das paragens na prensa 3

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	7	61,2	14,6	7,0%
<i>Bilete</i> empancou	5	37,1	7,8	5,0%
<i>Container</i> abre em excesso	8	21,2	4,0	8,0%
<i>Container</i> desalinhado	2	30,3	2,2	2,0%
Não caiu a patela	2	32,4	0,7	2,0%

Nesta prensa, quase todas as paragens registadas ocorreram frequentemente, contudo, as situações de “*Bilete* empancou”, “*Container* abre em excesso (subida da ponteira manual)” e “Falha sensor patela (entrada do *bilete* manual)” têm a ver com ajustes da prensa.

Feita esta análise, é possível concluir que a aplicação de grafite é a principal causa do aumento do tempo de mudança de *bilete* nas prensas 1, 2 e 3. Contudo, além desta situação, o facto da grafite ser colocada manualmente pelo operador põe em risco a segurança do mesmo, uma vez que tem de se aproximar da prensa e fica exposto a altas temperaturas e ao risco de se queimar, porque em certas situações o contacto da grafite com o alumínio pode desencadear chamas, como se observa na Figura 27.

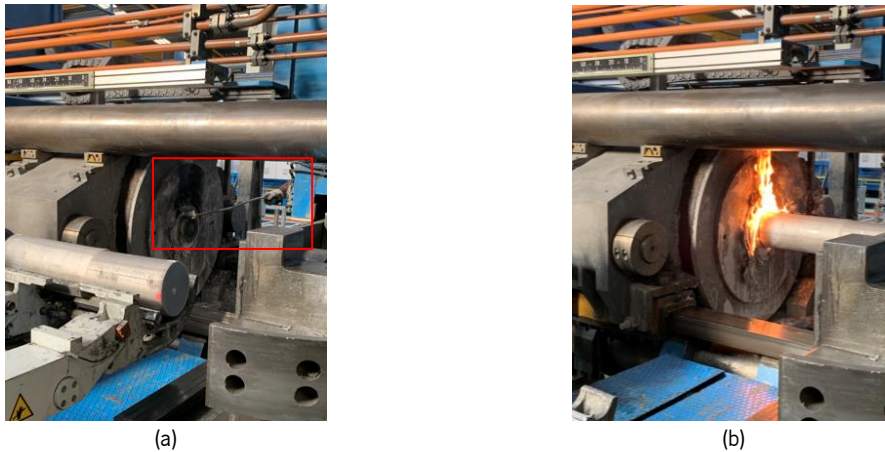


Figura 27 - (a) Operador a colocar grafite (b) Contacto da grafite com alumínio a altas temperaturas

Verificando-se que nestas três prensas a operação de colocação de grafite é a operação com mais impacto no tempo de mudança do *bilete* e que, sendo controlada pelo operador, não ocorre regularmente ao final de um número definido de *biletes*, foi necessário fazer mais observações ao processo, de modo a saber quantas vezes, aproximadamente, esta operação é realizada por turno.

De modo a determinar o número de observações a efetuar para obter uma amostra representativa para efetuar o estudo de tempos, utilizou-se a seguinte fórmula (Costa & Arezes, 2003):

$$N = \left( \frac{Z_{1-\alpha/2} * \text{desvio padrão}}{\text{erro} * \text{média}} \right)^2$$

Na fórmula apresentada,  $Z_{1-\alpha/2}$  representa o valor crítico para o grau de confiança desejado. Neste caso pretende-se um intervalo de confiança de 95%, pelo que  $\alpha = 0,05$ , logo  $\frac{\alpha}{2} = 0,025$ . Na tabela da distribuição normal obtém-se que  $Z_{0,975} = 1,96$ .

Para cada uma das prensas, o cálculo do desvio padrão foi feito com base nas 100 primeiras amostras, utilizando a função DESVPAD.S do *Excel*, que considera que os dados são uma amostra da população. Obtiveram-se os seguintes valores: 7,6 para a P1, 11,8 para a P2 e 11 para a P3.

No denominador aparece o erro. O valor utilizado vai ser de  $\pm 5\%$ , sendo este o nível de precisão geralmente aceite em medida do trabalho (Costa & Arezes, 2003).

As médias dos tempos com irregularidades, utilizadas para esta fórmula, são, ao final de 100 observações: 23,9 para a P1, 26,9 para a P2 e 26,1 para a P3.

Com todos os dados definidos, é possível proceder ao cálculo do número de observações necessárias para realizar o estudo (Tabela 4), utilizando a fórmula representada anteriormente.

Tabela 4 - Cálculo do número de observações necessárias para cada prensa

PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3
$\left(\frac{1,96 * 7,6}{0,05 * 23,9}\right)^2 = 155$	$\left(\frac{1,96 * 11,8}{0,05 * 26,9}\right)^2 = 296$	$\left(\frac{1,96 * 11}{0,05 * 26,1}\right)^2 = 273$

De modo a arredondar os valores obtidos nestes cálculos, foi decidido recolher 300 observações para cada uma das prensas, inclusive para a prensa 1.

Feitas as 300 observações, verificou-se novamente que a colocação de grafite é a paragem que mais impacto tem no incremento do tempo de mudança do *billete*. Para cada uma das prensas obteve-se o tempo regular de mudança de *billete* e o tempo com irregularidades, sendo que este último engloba as situações *standard* e as situações onde ocorreram paragens. O tempo regular vai ser utilizado para o cálculo do tempo não produtivo. Apresentam-se os valores na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação entre o tempo regular e o tempo com irregularidades para a P1, P2 e P3

Nº OBSERVAÇÕES		TEMPO COM IRREGULARIDADES	DESVIO PADRÃO	TEMPO REGULAR	DESVIO PADRÃO
P1	300	24,7 s	7,6	21,2 s	1,0
P2	300	25,7 s	11,8	21,7 s	0,9
P3	300	25,3 s	11,0	21,4 s	2,5

Além destes dados, foi preciso contabilizar a quantidade de *billetes* extrudidos por turno, e, para isso, utilizaram-se os dados dos mapas mensais de 2019. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 6. Apesar de a quantidade de *billetes* extrudidos por turno poder ser considerada uma taxa de produção, de agora em diante esta e outras taxas de produção, tais como quilogramas por hora, serão designadas por produtividade, uma vez que é esta a designação utilizada normalmente na empresa.

Tabela 6 - Número de *billetes* extrudidos por turno na P1, P2 e P3

MÊS	BILETES/TURNO PRENSA 1	BILETES/TURNO PRENSA 2	BILETES/TURNO PRENSA 3
Janeiro	158	156	152
Fevereiro	160	160	153
Março	165	156	153
Abril	158	142	128
Maiο	157	147	150
Junho	161	165	119
Julho	157	160	129
Agosto	161	167	142
Setembro	154	122	162
Outubro	158	131	147
Novembro	158	148	102
Dezembro	156	143	127
<b>MÉDIA</b>	<b>159</b>	<b>150</b>	<b>139</b>

- **Prensa 1**

Na Tabela 7 encontra-se o resumo das 300 observações feitas na prensa 1. Apresentam-se apenas aquelas onde existiram paragens que aumentaram o tempo médio de mudança do *bilete*, sendo, por isso, as necessárias para este estudo.

Tabela 7 - Resumo final das paragens na P1

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPO (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	23	38,3	10,2	7,7%
<i>Bilete</i> atrasou	5	36,2	4,5	1,7%
<i>Bilete</i> demorou mais a chegar ao sensor	1	43,6	-	0,3%
Corte duplo ( <i>bilete</i> sai com atraso)	1	47,5	-	0,3%
Formou patela	1	26,3	-	0,3%
Garra não fechou	2	32,1	0,2	0,7%
Não caiu a patela	14	35,8	16,7	4,7%
Sensores de emergência atuaram	1	42,5	-	0,3%

Verifica-se que em 23 das 300 observações feitas ocorreu “Colocação de grafite”, com uma média de tempo de 38,3 segundos e que corresponde a 7,7% das paragens totais, sendo este o valor máximo da tabela. Tal como verificado anteriormente, a observação “Não caiu patela” volta a ser a segunda mais significativa.



Sabendo que são extrudidos 159 *billetes* por turno, e tendo a informação de que ocorreram 23 paragens em 300 observações, ou seja 7,7%, conclui-se que, por turno, existem aproximadamente 12 colocações de grafite, com um tempo médio de 38,3 segundos, sendo que as restantes 147 mudanças de *billete* ocorrem com o tempo regular de 21,2 segundos. Calculou-se o tempo não produtivo atual:

$$12 * 38,3 + 147 * 21,2 = 3576 \text{ segundos} = 59,6 \text{ minutos}$$

- **Prensa 2**

Para a prensa 2 também se iniciou este estudo analisando as 300 observações feitas. Na Tabela 8, estão resumidas aquelas onde o tempo de mudança de *billete* foi superior ao tempo regular, devido à ocorrência de paragens.

Tabela 8 - Resumo final das paragens na P2

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	28	40,1	16,2	9,3%
<i>Billete</i> demorou mais chegar ao sensor	3	27,6	5,4	1,0%
<i>Billete</i> ficou preso na cisalha	1	26,0	-	0,3%
<i>Billete</i> não se posicionou corretamente	1	35,0	-	0,3%
Corte duplo ( <i>billete</i> ficou preso no robô)	2	63,9	45,9	0,7%
Corte duplo (teve de se fechar <i>container</i> )	7	29,6	5,4	2,3%
Corte duplo (foi preciso parar a chamada)	1	46,6	-	0,3%
Falha sensor entrada <i>billete</i>	2	25,4	0,5	0,7%
Falha sensor patela: entrada do <i>billete</i> manual	2	24,0	0,6	0,7%
Formou patela	3	90,5	12,8	1,0%
Não caiu a patela	15	33,5	8,9	5,0%
Produto químico não saiu automaticamente	1	25,5	-	0,3%
Sensores de emergência atuaram com o fumo	1	39,9	-	0,3%

Houve paragem para “Colocação de grafite” em 28 das 300 observações registadas, correspondendo a 9,3% do total e com um tempo médio de 40,1 segundos. Verifica-se ainda, tal como na prensa 1, que a observação “Não caiu a patela” foi a segunda mais frequente.

Num turno de 8 horas são extrudidos 150 *billetes* e, sabendo que ocorreram 28 paragens em 300 observações, que corresponde a 9,3%, deduz-se que em 150 vezes iria ser colocado grafite em cerca de 14 mudanças de *billete*, com um tempo médio de 40,1 segundos. Nas restantes 136 mudanças admite-se o tempo regular calculado para a prensa 2, de 21,7 segundos. O cálculo do tempo não produtivo atual é dado pela seguinte expressão:

$$14 * 40,1 + 136 * 21,7 = 3512,6 \text{ segundos} = 58,5 \text{ minutos}$$

- Prensa 3

Tal como para as prensas 1 e 2, na Tabela 9 encontram-se resumidas as ocorrências que foram analisadas ao longo das 300 observações na prensa 3.

Tabela 9 - Resumo final das paragens na P3

OBSERVAÇÃO	Nº Ocorrências	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Colocação de grafite	23	57,9	9,8	7,7%
<i>Bilete</i> empancou	8	39,5	10,0	2,7%
<i>Container</i> abre em excesso	10	26,7	1,2	3,3%
<i>Container</i> desalinhado	2	30,4	2,1	0,7%
<i>Container</i> não fechou	1	27,4	-	0,3%
Falha no sensor	1	27,4	-	0,3%
Falha sensor patela	8	25,0	1,9	2,7%
Não caiu a patela	4	34,0	2,6	1,3%
T°C forno não estava correta	1	65,4	-	0,3%

Conclui-se que, novamente, a maioria das paragens foi devido à “Colocação de grafite”, que corresponde a 7,7% do total das observações, e cuja média de tempo despendido foi de 57,9 segundos.

Tal como se verificou ao final de 100 observações, as ocorrências “*Bilete* empancou”, “*Container* abre em excesso (subida da ponteira manual)” e “Falha sensor patela (entrada do *bilete* manual)” também apresentam uma percentagem relativamente elevada, mas têm a ver com ajustes da prensa.

A percentagem de paragens correspondente à “Colocação de grafite” é de 7,7%, ou seja, há 23 ocorrências em 300 observações. Isto significa que no total dos 139 *billetes* extrudidos por turno na prensa 3, esta situação iria ocorrer 11 vezes, com um tempo de paragem de 57,9 segundos, ao contrário dos restantes 128 *billetes*, com um tempo de 21,4 segundos. Com estes dados é possível calcular o tempo não produtivo da situação atual:

$$11 * 57,9 + 128 * 21,4 = 3376,1 \text{ segundos} = 56,3 \text{ minutos.}$$

#### 4.2.2 Prensa 4

Nesta prensa foi onde se verificou uma maior diferença entre o tempo regular, ou seja, sem paragens que incrementem o tempo de mudança de *bilete*, e o tempo com irregularidades. Sendo a prensa mais recente, era expectável que a média dos tempos observados fosse bastante menor do que as restantes. Apesar de isso se verificar na média dos valores regulares, o mesmo não aconteceu na média total de todas as observações.

A média do tempo regular foi de 16,5 segundos ( $\pm 1,4$ ) e do tempo com irregularidades foi de 22,8 segundos ( $\pm 14,3$ ), uma diferença de 6,3 segundos. Isto corresponde a um aumento de 38% em relação ao tempo regular, o que se considerou ser bastante significativo.

Verificando-se uma diferença tão grande, foram feitas 150 observações de modo a perceber quais os fatores com mais impacto nesta situação. Ao analisar as paragens registadas no decorrer do estudo (Tabela 10), verificou-se, novamente, que a maioria tem a ver com a limpeza e lubrificação da ponteira. Nesta prensa, estes são processos automáticos, sendo que o operador apenas define de quanto em quanto tempo ocorrem. Contudo, não existe nenhuma instrução de trabalho (IT) que indique de quanto em quanto tempo estes devem ocorrer de modo a que cumpram o seu propósito, sem pôr em causa a produtividade da máquina.

Tabela 10 - Resumo das paragens da prensa 4

OBSERVAÇÃO	Nº OCORRÊNCIAS	MÉDIA TEMPOS (em segundos)	DESVIO PADRÃO	%
Botão ficou ligado (não faz 2ª extrusão)	1	39,9	-	0,7%
Ciclo limpeza ponteira	16	32,4	4,2	10,7%
Ciclo lubrificação ponteira	17	21,4	0,9	11,3%
<i>Container</i> não fechou	2	45,1	18,7	1,3%
Erro de medida	1	35,6	-	0,7%
Erro no forno	3	80,6	18,7	1,3%
Erro na prensa	1	93,2	-	0,7%
Falha na prensa	1	32,7	-	0,7%
Falha no sensor	1	72,5	-	0,7%
Matriz fora do sítio (necessário reiniciar)	1	79,6	-	0,7%
Não cortou a patela	3	29,5	3,3	2,0%
Ponteira suja	2	31,0	1,2	1,3%
Última parte do <i>bilete</i>	1	86,2	-	0,7%

As restantes paragens que se verificam são situações excecionais, ao contrário dos ciclos de limpeza e lubrificação. Os processos de limpeza e lubrificação da ponteira servem para preservar e tirar o melhor partido da ponteira da prensa, uma peça que é trocada, normalmente, todos os meses. Assim, verifica-se que são essenciais ao bom funcionamento da prensa e indispensáveis no processo de extrusão.

Num dia de trabalho normal, os ciclos estão definidos de 5 em 5 *biletas* para a lubrificação e de 8 em 8 *biletas* para a limpeza, ou seja, nesses momentos o tempo de mudança do *bilete* passa do valor regular de 16,5 segundos para 21,4 segundos no caso da lubrificação e 32,4 segundos no caso da limpeza. Deste modo, justifica-se, em parte, o aumento observado quando calculada a média do tempo com irregularidades.

Analisaram-se os mapas de produção mensais do ano de 2019, de modo a obter o número médio de *biletas* extrudidos por turno. Como se pode observar na Tabela 11, na prensa 4 são extrudidos, em média, 90 *biletas* por turno, ou seja, a produtividade da prensa 4 é de 90 *biletas* por turno.

Tabela 11 - Número de *biletas* extrudidos por turno na P4

MÊS	BILETES/TURNO
Janeiro	70
Fevereiro	92
Março	94
Abril	87
Maio	92
Junho	92
Julho	80
Agosto	101
Setembro	95
Outubro	96
Novembro	90
Dezembro	92
<b>MÉDIA</b>	<b>90</b>

Comprova-se que, atualmente, estando os ciclos de 5 em 5 e de 8 em 8, ao fim das 8h são efetuados 18 ciclos de lubrificação e 11 ciclos de limpeza, sendo que os restantes 61 momentos de mudança de *bilete* são contabilizados com o tempo regular de 16,5. Isto significa que, ao final de um turno de trabalho, o tempo não produtivo é de:

$$21,4 * 18 + 32,4 * 11 + 16,5 * 61 = 1748,1 \text{ segundos.}$$

### 4.3 Nível de normalização na produção

#### 4.3.1 Parâmetros do processo de extrusão

Os parâmetros do processo de extrusão vêm definidos nas OF de cada perfil. Ao observar o processo, desde o momento em que o operador analisa a OF, até que coloca os parâmetros no computador e se inicia a extrusão, verificou-se que na maioria das situações os valores dos parâmetros definidos na OF não eram respeitados. A justificação dada pelos operadores para esta situação prendia-se com o facto de que, caso o perfil extrudisse com aqueles parâmetros, existia o risco de apresentar desgaste, um defeito que poderia a levar a terminar a produção do mesmo, sendo que os perfis já produzidos poderiam ir para a sucata. Assim, em vez que de se guiar pela OF, o operador ajustava os parâmetros com base

no que se apresenta na folha “Histórico da matriz”, sendo que é nesta folha que, no final de cada extrusão o operador regista quais os valores utilizados para cada parâmetro.

Os parâmetros mais alterados pelos operadores, e as devidas justificações, são os seguintes:

- Temperatura: quando é utilizada uma liga mais fraca ou quando o perfil começa a apresentar sinais de desgaste, a temperatura tende a ser diminuída. Pelo contrário, pode ser aumentada para matrizes tubulares, que exercem mais pressão na prensa;
- Velocidade: quando se verifica que um perfil sai com desgaste, ou a quantidade de quilogramas a extrudir é muita, a velocidade é reduzida. Contudo, existem certos perfis que nunca saíram à velocidade definida na OF, pelo que não foi possível comprovar se, com essa velocidade, o perfil apresentaria desgaste;
- Tirada: muitas vezes a tirada é aumentada, devido ao aumento das pontas de esticamento, caso os 2 metros definidos não sejam suficientes para o perfil em questão. Contudo, se com este aumento das pontas o *bilete* correspondente para a tirada for demasiado grande para ser cortado no forno de *biletas*, reduz-se o número de cortes em cada extrusão, reduzindo-se assim a tirada, mas mantendo as pontas. Ao reduzir o número de cortes, o número de barras que se vai obter ao final de uma tirada vai ser menor, pelo que será preciso aumentar o número de *biletas* a extrudir para obter a quantidade de barras pedida pelo cliente;
- Patela: na maioria das matrizes tubulares, que são mais difíceis de extrudir porque fazem aumentar a pressão exercida pela prensa, o comprimento da patela é aumentado em relação ao que está definido na OF;
- Pontas de esticamento: são sempre ajustadas de acordo com o tipo de perfil a extrudir, sendo que em muitos casos os 2 metros são incrementados;
- Pressão do *puller*: a pressão, em alguns casos, não vem especificada na OF, mas é ajustada consoante o número de saídas da matriz.

Feita a análise inicial, após perceber que o operador se guia preferencialmente pelo histórico da matriz e não pela OF, colocam-se duas questões:

1. Estarão os parâmetros da OF mal definidos e por isso são alterados pelo operador?
2. Verifica-se uma resistência à mudança, ou seja, o operador está tão habituado a seguir sempre os mesmos valores, registados no histórico, que já não olha para a OF e coloca os valores que são lá apresentados, com receio de que o perfil não agüente e seja necessário parar a extrusão?

Uma das situações que vai ser alvo de estudo é o facto de que, com a alteração dos parâmetros, a produtividade seja menor do que a prevista. Um dos principais fatores é a velocidade de extrusão, que muitas vezes é reduzida, levando a um aumento do tempo de extrusão, diminuindo a produtividade. Além disso, apesar de normalmente todos os operadores se guiarem pelo histórico da matriz, o facto de haver facilidade na alteração dos parâmetros pode expor diferenças nos valores utilizados num mesmo perfil que seja extrudido em turnos diferentes. Assim, verifica-se que o nível normalização do trabalho neste processo poderia ser mais elevado, caso não houvesse necessidade de fazer alterações nos parâmetros definidos na OF.

#### 4.3.2 Aplicação de grafite nas prensas 1, 2 e 3

Tal como referido anteriormente, a aplicação de grafite nas prensas 1, 2 e 3 é feita manualmente. Neste momento existe uma IT que define que a aplicação de grafite deve ser feita, preferencialmente, no último *billete* de cada matriz. Contudo, em situações em que seja audível o ruído da ponteira a ficar presa no alumínio ou quando começa a entrar alumínio no anel da ponteira, também se deve proceder à aplicação de grafite.

Tendo isto em conta, conclui-se que o modo de operação deste processo não é o ideal, uma vez que todas as matrizes, que podem ter mais do que uma OF associada, têm um número diferente de *billetes* a extrudir, pelo que definir que a aplicação de grafite deve ser feita no último *billete* não será o mais correto. Além disso, quanto maior for a quantidade de *billetes* extrudidos ininterruptamente, maior será a acumulação de alumínio, pelo que o operador demorará mais tempo durante o processo de aplicação de grafite para retirar todo o alumínio acumulado.

Com a análise desta situação detetaram-se os seguintes problemas, que têm um elevado impacto no nível de normalização do processo:

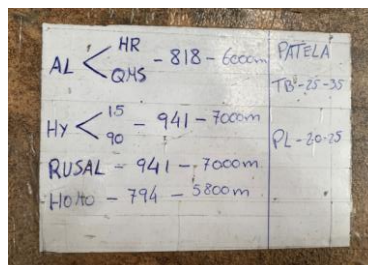
- O processo de aplicação de grafite não está definido para ocorrer ao final de um número específico de *billetes*;
- A acumulação de alumínio na ponteira será variável, consoante o número de *billetes* a extrudir pela matriz, pelo que o tempo de aplicação de grafite será proporcional à quantidade de alumínio acumulada;
- O facto de ser um processo realizado manualmente expõe a variabilidade entre os diferentes operadores e entre o próprio operador que, em diferentes dias, ou até no mesmo dia em diferentes momentos, poderá demorar mais ou menos tempo a realizar este processo.

#### 4.3.3 Valores de referência da prensa 4

Quando termina uma OF, é necessário calcular e anotar a quantidade de quilogramas brutos que foram produzidos. Para isso, nas prensas 1, 2 e 3 já existe uma tabela onde se apresenta o peso correspondente ao tamanho do *bilete*, de 5 em 5 mm, e tendo em conta o comprimento mínimo e máximo de *bilete* que a prensa pode cortar. Assim, no final da OF o operador só precisa de verificar qual o comprimento de *bilete* utilizado, ver na folha o peso correspondente e multiplicar pelo número total de *biletes* extrudidos, perfazendo o total de quilogramas brutos para a OF em questão.

Na prensa 4 não existe esta tabela, apenas está presente um rascunho dos comprimentos dos *biletes* enquanto matéria prima e o peso teórico dos mesmos (Figura 28). Cabe ao utilizador a tarefa de fazer a conversão, através de uma regra de 3 simples, do peso do *bilete* total para o *bilete* que está a utilizar e, posteriormente, multiplicar pelo total de *biletes*. Sendo necessário realizar a conversão, a probabilidade de erro é maior do que se fosse feita apenas a multiplicação, como nas restantes prensas.

Verifica-se que o processo de cálculo dos quilogramas brutos no final de uma OF não está normalizado, uma vez que na prensa 4 se processa de modo diferente das restantes e sem uma tabela apropriada. Além disso, o facto de os valores presentes na tabela utilizada não serem os mais atuais terá impacto no *stock* de matéria prima, pois a quantidade de alumínio gasta efetivamente não será igual à quantidade que fica reportada na OF após ser feito o cálculo.



AL < HR	- 818 - 6000m	PATELA
QMS		TO <sup>2</sup> -25-35
Hx < 15	- 941 - 7000m	
90		PL-20-25
RUSAL	- 941 - 7000m	
H070	- 794 - 5800m	

Figura 28 - Tabela de valores de referência da prensa 4

#### 4.4 Pontas de esticamento na prensa 2

Como descrito anteriormente, as pontas de esticamento são, normalmente, aumentadas em perfis que o requeiram, quer por uma questão de ficarem deformados devido ao processo de esticamento ou por uma questão de esquadria.

Ao analisar as quatro prensas, verificou-se que existiam perfis onde isto acontecia, contudo, na prensa 2, verificou-se que praticamente todos os perfis precisavam desse aumento e de modo mais significativo. Ou seja, se nas prensas 1, 3 e 4 havia necessidade de aumentar, raramente, as pontas de esticamento, quando isso acontecia era cerca de mais 0,5 metros. Em casos mais excepcionais poderia atingir mais 1

metro, ou seja, um total de 3 metros de pontas de esticamento. Contudo, verificou-se que a quantidade de perfis que requeriam este aumento era mínima, pelo que se considerou que o aumento das pontas de esticamento nestas três prensas era pouco significativo e, por essa razão, não se tornaram alvo de estudo para este projeto.

Na prensa 2 constatou-se que na grande maioria dos perfis as pontas de esticamento eram aumentadas desde um valor mínimo de 0,5 metros até ao máximo de 1,5 metros, dependendo do perfil. Deste modo, cada *bilete* extrudido passa a produzir, em média, mais 1 metro de sucata, além dos 2 metros já definidos e contabilizados como pontas de esticamento. Percebeu-se que o motivo que leva a esta situação está relacionado com o *puller* desta prensa, que, ao invés de apertar e puxar o perfil pelo lado das pontas de esticamento (Figura 29 (a)), ou seja, na parte que já ia para a sucata, aperta o perfil do lado contrário (Figura 29 (b)), o lado que já era considerado perfil conforme, o que faz com que seja preciso cortar para lá dos 2 metros definidos.

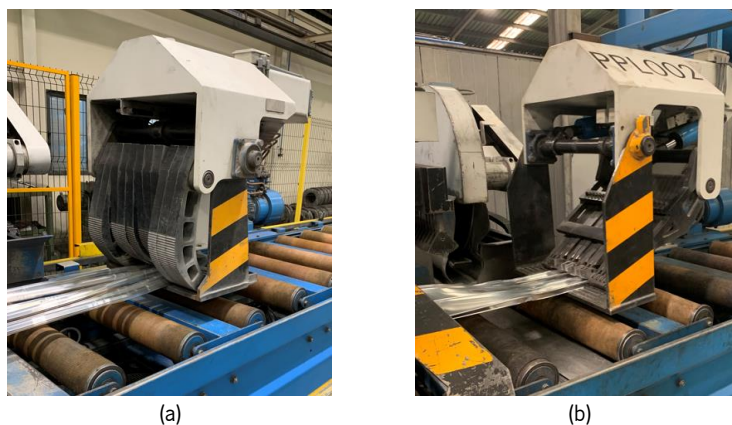


Figura 29 - (a) *Puller* da prensa 1 (b) *Puller* da prensa 2

Com este *puller*, as pontas de esticamento têm sempre de ser superiores a 2 metros, o que se traduz num aumento de sucata na prensa 2, que acaba por produzir, em média, mais 50% de sucata por *bilete* do que a que seria necessária, ou seja, 3 metros em vez de 2 metros.

Como se verificou no capítulo 4.2.1 (Tabela 6) na prensa 2 são extrudidos, por turno, cerca de 150 *biletas*. Sabendo que cada *bilete* produz 3 metros de pontas de esticamento, ao invés dos 2 metros pretendidos, isto significa que, por turno, há 150 metros de perfil não contabilizados que vão para a sucata.

Numa situação ótima, de três turnos de trabalho por dia, ao fim de um dia de produção são:

$$150 \text{ m} + 150 \text{ m} + 150 \text{ m} = 450 \text{ m de perfil de alumínio para sucata}$$

Sabe-se que o valor do quilograma de alumínio é de 3€, por isso foi necessário saber a quantos quilogramas de alumínio correspondiam estes 450 metros. Para isso, recorreu-se à listagem de todos os



perfis extrudidos na prensa 2, onde se apresenta uma coluna com o peso em quilogramas por metro de cada um desses perfis. Fazendo a média da coluna, chegou-se ao valor de 0,9593 kg/metro, sendo este o valor que vai ser utilizado para este estudo.

Fazendo o cálculo, obtém-se que, por dia, o total de quilogramas de alumínio que vão, desnecessariamente, para a sucata é de:

$$0,9593 * 450 = 431,7 \text{ quilogramas}$$

O valor monetário deste desperdício é dado pela multiplicação dos quilogramas pelo custo do alumínio. Obtém-se o seguinte resultado:

$$431,7 * 3 = 1295 \text{ € por dia}$$

## 4.5 Condições de segurança e ergonomia para os trabalhadores

### 4.5.1 Proteção na prensa

No início da extrusão de uma matriz nas prensas 1 e 2 é feito um corte das pontas do perfil (Figura 30). Isto acontece porque, caso algo corra mal e a matriz tenha de parar por causa de um defeito, os matrizeiros possam avaliar essas pontas e verificar como podem fazer a correção da matriz em causa.

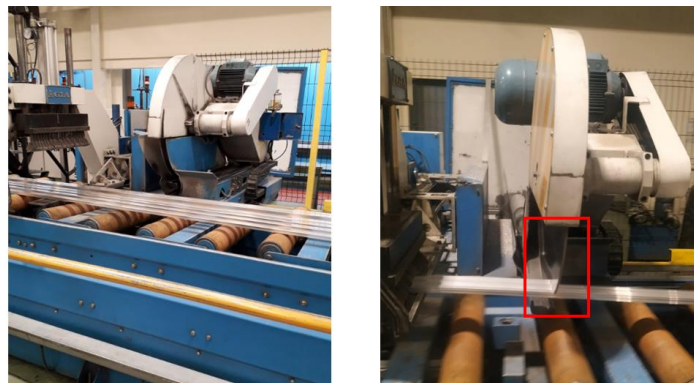


Figura 30 - *Puller* serra a cortar os perfis sem proteção

Analisando o modo como o corte é feito, verifica-se que a serra que corta os perfis está desprotegida e de fácil acesso, ou seja, sem qualquer proteção de corte e de projeção de limalhas. Torna-se evidente a falta de segurança neste processo, que põe em risco o operador. Caso este se descuide, pode colocar alguma parte do corpo em contacto com a zona de corte e sofrer um acidente de trabalho.

### 4.5.2 Conforto ergonómico na prensa

Os operadores da prensa distribuem-se pelas diferentes operações: controlo dos parâmetros de extrusão na mesa de controlo da prensa, esticador e serra. Todos eles passam praticamente as 8h do turno de pé, no mesmo sítio.

Neste momento, existe nas prensas 1 e 2 um estrado de madeira apenas na zona da mesa da prensa (Figura 31 (a)), já bastante antigo, e nas prensas 3 e 4 os operadores estão em contacto direto com o chão em todas as zonas acima referidas. Com ou sem estrado, o nível de conforto da zona de operação não é o adequado para a postura exigida pela mesma. Assim, ao fim de 8h de trabalho em pé, o cansaço e as dores musculares começam a intensificar-se, levando, gradualmente, a más posturas corporais e eventuais lesões, como referido no capítulo 2.5.

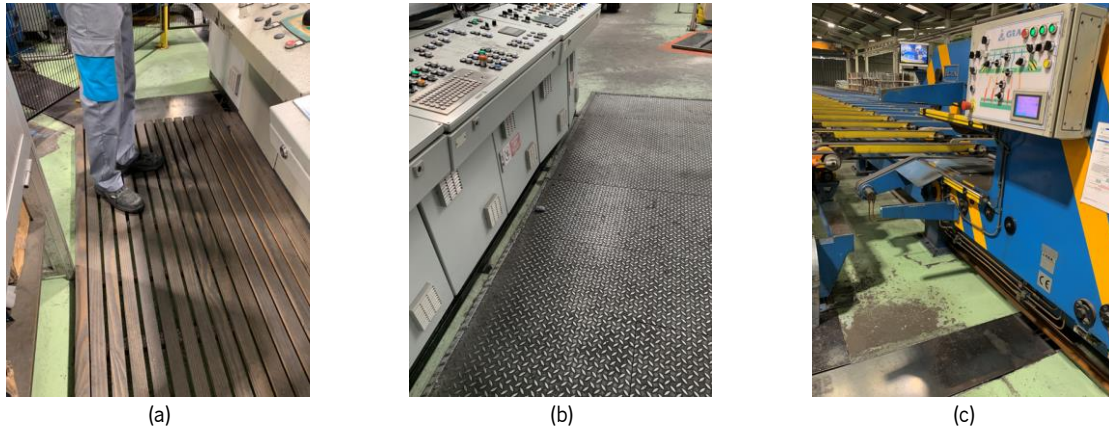


Figura 31 - (a) Estrado de madeira (b) Zona da mesa de controlo P4 (c) Zona do esticador P2

Além da observação do espaço, foi possível conversar com operadores, que referem o cansaço e dores musculares, principalmente nas pernas, ao final de um dia de trabalho. O acumular dos dias ainda intensifica mais a fadiga, levando, gradualmente, à falta de motivação no trabalho e consequente diminuição da produtividade.

#### 4.6 Normalização da aplicação de 5S's

A metodologia 5S (capítulo 2.3.1) já tinha sido implementada pela empresa nas prensas 1, 2 e 3. Contudo, na prensa 4, a mais recente, ainda nada tinha sido feito relativamente a este assunto, de modo a normalizar a aplicação de 5S's em todas as áreas.

Observando o espaço envolvente à prensa 4, verificaram-se os seguintes problemas (Figura 32):

- Existência de materiais e equipamentos que não fazem parte da secção;
- Existência de peças não necessárias à produção e/ou obsoletas;
- Desorganização do espaço;
- Locais de equipamentos e materiais não definidos.

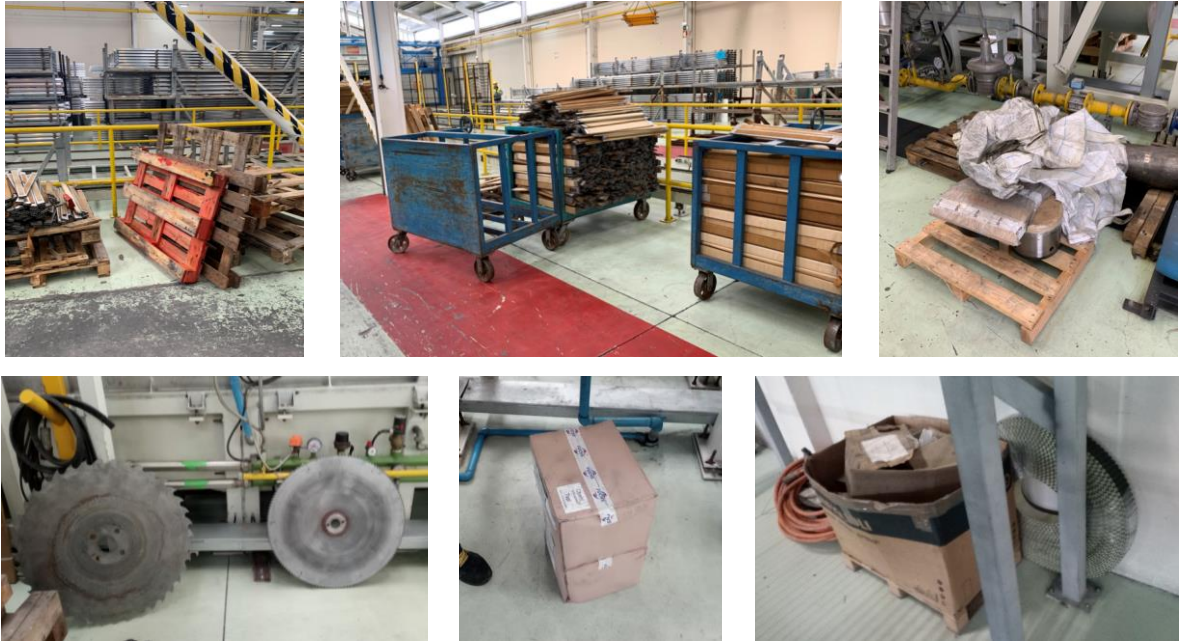


Figura 32 - Exemplos dos problemas identificados

Por estas razões, torna-se difícil perceber o que realmente é essencial ao processo e aquilo que não faz parte da secção e só está a ocupar o espaço de trabalho. Além disso, o facto de não existirem placas de identificação dificulta a verificação da existência ou falta dos materiais necessários ao processo.

Com o foco em manter a organização, limpeza e aumentar a produtividade deste posto de trabalho, vai ser implementada a ferramenta 5S na prensa 4, sendo que é a mais eficaz e mais utilizada para atingir este objetivo.

#### 4.6.1 Preparação da auditoria

Após se verificarem os problemas existentes na prensa 4, foi necessário avaliar a gravidade dos mesmos antes de começar a implementação. Para isso, foi realizada uma auditoria inicial. A *checklist* da auditoria (Anexo 1) foi baseada numa auditoria típica de 5S e numa auditoria *Kaizen* realizada pela empresa, sendo considerado apenas o tópico de organização do espaço. Assim, está dividida em 5 partes, cada uma correspondendo a cada um dos *sensos* desta metodologia: *Seiri* (triagem), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (normalização) e *Shitsuke* (disciplina). Para cada parâmetro existem 5 elementos de avaliação, adaptados ao *senso* em questão e à secção a ser estudada, sendo cada um desses elementos avaliado de 1 (muito mau) até 5 (muito bom), consoante a situação observada no espaço de trabalho.

Somando o total parcial de cada *senso* obtém-se o resultado geral, apresentado tanto em valor como em percentagem, sendo possível verificar qual o estado de implementação da ferramenta. Além disso, cada *checklist* apresenta um gráfico radar, onde cada vértice representa um *senso*. Através dessa análise

visual é possível perceber quais os *sensos* com menor pontuação e, por isso, com mais problemas, sendo esses os que requerem mais atenção.

Antes de se iniciar a primeira auditoria, é necessário estabelecer um objetivo para o final da implementação. Em conjunto com os responsáveis da empresa e também com os colaboradores definiu-se um objetivo de 80% no final da implementação, sendo que este objetivo pode aumentar verificando-se, com o tempo e com os resultados obtidos, uma motivação e capacidade de melhorar.

#### 4.6.2 Auditoria inicial

De um total de 125 pontos, foram obtidos 64, o que corresponde a uma percentagem de 51,2%, verificando-se uma margem de cerca de 30% para atingir o objetivo final.

Para cada um dos *sensos* obtiveram-se os seguintes valores:

- Triagem – 6 pontos em 25 (24%)
- Organização – 8 pontos em 25 (32%)
- Limpeza – 18 pontos em 25 (72%)
- Normalização – 15 pontos em 25 (60%)
- Disciplina – 17 pontos em 25 (68%)

No gráfico radar (Figura 33) são apresentados, em cada vértice, cada um dos *sensos* com a pontuação obtida em cada um deles. Sendo esta uma ferramenta bastante visual, torna-se mais intuitivo verificar quais os *sensos* que registam piores valores. Neste caso, esses *sensos* são os dois primeiros (triagem e organização), sendo que, alcançando melhorias nesses dois aspetos seria possível obter uma percentagem final bastante mais elevada do que a atual, pois todos os outros pontos, apesar de ainda terem espaço para melhoria, encontram-se bastante mais perto do objetivo final. O pentágono que corresponde a 20 pontos está delineado numa cor diferente uma vez que representa o objetivo de 80% que se pretende atingir no final da implementação.

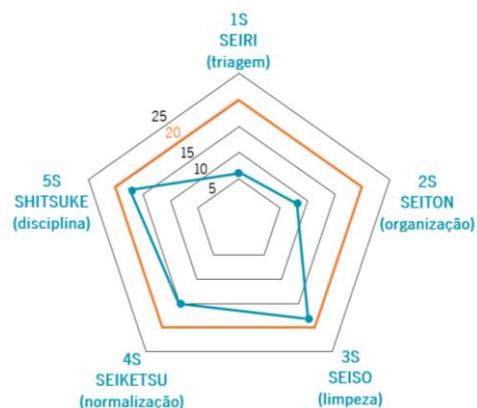


Figura 33 - Gráfico radar da auditoria inicial 5S

#### 4.7 Objetivos de produtividade

Todas as semanas é realizada uma reunião com os coordenadores de todas as prensas, onde é feita uma análise, por prensa, da semana anterior. O principal objetivo da reunião é analisar os indicadores de produção, de modo a perceber o que correu bem e o que correu mal, detetando problemas para serem analisados e solucionados ao longo do tempo, sendo estes colocados no plano de ações.

Além disso, cada prensa tem um quadro de equipa (Figura 34), onde estão apresentados gráficos com os vários indicadores de produção, por turno, sendo que estes são preenchidos diariamente com os dados relativos ao dia anterior. Assim, todos os dias é feita uma reunião com todos os operadores do turno, onde o coordenador apresenta os dados de produção relativos ao dia anterior, de modo a perceber o que correu bem e o que pode ser melhorado.

Após analisar o quadro da reunião semanal, verificou-se que no indicador de produção líquida diária os objetivos definidos para as prensas 1 e 2 não eram atingidos, e, pelo contrário, na prensa 4 o objetivo era, normalmente, sempre ultrapassado. Além disso, durante um período em que a prensa 3 trabalhou apenas com dois turnos, a produção nunca atingia o objetivo, não por haver pouca produção, mas porque o objetivo apenas está definido para três turnos. Assim, não era perceptível se a prensa estava a produzir dentro do normal para dois turnos, pois apenas se verificava que ficava bastante aquém do objetivo definido.

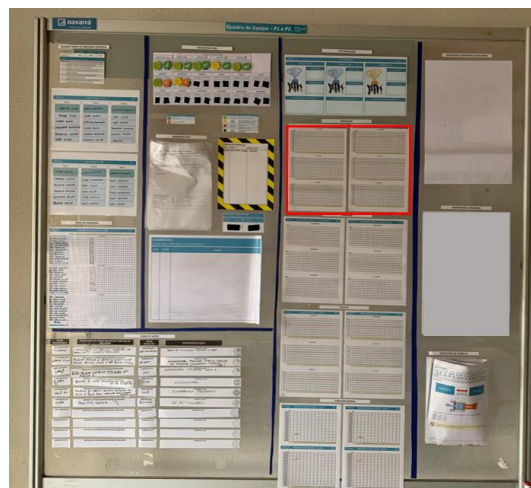


Figura 34 - Quadro de equipa (destacado o local de preenchimento da produção líquida por turno)

Na Tabela 12 apresentam-se os valores atuais para cada uma das prensas, o objetivo para 1 turno, apresentado no quadro de equipa, e o objetivo de produção diária, no quadro de coordenação semanal.

Tabela 12 - Objetivos de produção líquida atuais

PRENSA	OBJETIVO PARA 1 TURNO (kgs líquidos)	OBJETIVO PRODUÇÃO DIÁRIA (kgs líquidos)
P1	10 000	30 000
P2	10 000	30 000
P3	13 000	31 500
P4	13 000	31 500

Verifica-se, ainda, que os objetivos são iguais para as prensas 1 e 2, o que faz sentido visto que são prensas iguais (P2200). Contudo, para as prensas 3 (P2800) e 4 (P4000), duas prensas diferentes com capacidades de produção diferentes, os objetivos também são os mesmos. Assim, é possível concluir que os objetivos para estas prensas não estão calculados de acordo com as capacidades de produção respectivas de cada máquina e, conseqüentemente, não são coerentes com a realidade da produção. Além disso, verifica-se alguma incoerência entre os valores por turno e diário das prensas 1 e 2 relativamente às prensas 3 e 4.

Feita a primeira análise, é possível perceber que os objetivos atuais não são coerentes com a realidade do processo, uma vez que:

- Os objetivos das prensas 3 e 4 são iguais;
- As prensas 1 e 2 nunca atingem os objetivos definidos;
- A prensa 4 ultrapassa sempre o objetivo diário definido;
- Quando trabalham menos de 3 turnos não é possível perceber se a produção atinge o objetivo para o número de turnos em questão.

O facto de, neste momento, os objetivos não estarem atualizados leva a duas situações nas equipas das diferente prensas:

- Falta de motivação, quando o objetivo nunca é atingido. É o caso das prensas 1 e 2 normalmente e o caso de qualquer uma que trabalhe com menos de três turnos, uma vez que a produção está sempre aquém do objetivo final, não por produzir menos, mas sim porque o objetivo está definido para três turnos.
- Falta de empenho, por o objetivo ser sempre atingido e ultrapassado. É o caso da prensa 4, que tem uma capacidade de produção bastante superior às restantes, fazendo com que atinja sempre o objetivo sem muito esforço.

## 4.8 Síntese dos problemas encontrados

Tabela 13 - Síntese dos problemas encontrados

PROBLEMA	CONSEQUÊNCIAS
Sistema de limpeza e lubrificação da P4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tem impacto no tempo não produtivo</li> </ol>
Aplicação de grafite nas prensas 1, 2 e 3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tem impacto no tempo não produtivo</li> <li>2. Processo não normalizado</li> <li>3. Riscos para o operador</li> </ol>
Parâmetros do processo de extrusão	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processo não normalizado</li> <li>2. Tem impacto na produtividade e taxa de sucata do processo</li> </ol>
Tabela de valores de referência da P4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processo não normalizado</li> <li>2. Tem impacto no <i>stock</i> de matéria prima</li> </ol>
Pontas de esticamento da P2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taxa de sucata de pontas de esticamento elevada</li> </ol>
Falta de proteção no corte feito na prensa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Riscos para o operador de corte e projeção de limalhas</li> </ol>
Nível de conforto ergonómico nas operações da prensa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento da fadiga muscular e eventual risco de lesões</li> <li>2. Diminuição da motivação e produtividade do operador</li> </ol>
Baixo nível de 5S na P4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desorganização do espaço</li> <li>2. Dificuldade em perceber o que faz parte da secção</li> <li>3. Dificuldade em perceber se há materiais em falta</li> </ol>
Objetivos de produtividade não coerentes com a realidade do processo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objetivos não coerentes com a produção atual</li> <li>2. Dificuldade em analisar eficazmente a produção quando só trabalham 1 ou 2 turnos</li> <li>3. Falta de motivação ou empenho dos trabalhadores</li> </ol>

## 5. PROPOSTAS DE MELHORIA

### 5.1 Alteração na frequência dos ciclos de limpeza e lubrificação da prensa 4

No capítulo 4.2.2, verificou-se que o tempo de mudança de *billete* era incrementado, principalmente, pelos processos de limpeza e lubrificação, sendo que estes produzem um impacto significativo no tempo não produtivo ao final de um turno de trabalho. Assim, o objetivo passou por aumentar a produtividade da prensa diminuindo a frequência destes processos, e, conseqüentemente, o tempo não produtivo. Contudo, verificando-se o propósito destes ciclos, a alternativa testada só poderia ser comprovada e definida como uma melhoria a partir do momento em que se comprovasse que o tempo de vida da ponteira se mantinha o mesmo ou, caso fosse menor, se o aumento da produtividade compensaria o facto de trocar a ponteira mais cedo.

No dia 17 de outubro de 2020 foi colocada uma nova ponteira na prensa e, por isso, foi o momento ideal para iniciar a alteração dos ciclos. Em conjunto com o responsável da extrusão decidiu-se, numa primeira fase, diminuir a frequência dos ciclos para metade, ou seja, o ciclo de lubrificação passou a acontecer de 10 em 10 *billetes* e o ciclo de limpeza de 16 em 16 *billetes*.

Com estas mudanças, verifica-se uma diminuição no tempo não produtivo ao final de um turno de trabalho de 8h, uma vez que apenas vão existir 5 ciclos de limpeza e 9 de lubrificação, como se pode comprovar:

$$21,4 * 9 + 32,4 * 5 + 16,5 * 76 = 1608,6 \text{ segundos}$$

Na Tabela 14 apresenta-se a comparação entre o tempo não produtivo inicial (calculado no capítulo 4.2.2) e o tempo não produtivo obtido com a alteração da frequência dos ciclos. Desse modo, é possível verificar quanto tempo se poupa, ao final de 1 ano de trabalho, com este ajuste.

Tabela 14 - Diferença de tempo obtida com a alteração dos ciclos

	TEMPO NÃO PRODUTIVO		DIFERENÇA EM MINUTOS		
	Em segundos	Em minutos	Ao fim de 1 turno de trabalho (8h)	Ao fim de 1 dia de trabalho (24h)	Ao fim de um ano (252 dias úteis)
SITUAÇÃO INICIAL	1748,1	29,1			
COM ALTERAÇÃO NOS CICLOS	1608,6	26,8	2,3	7,0	1758

Com a diminuição na frequência, obtém-se mais 1758 minutos ao final de um ano que podem ser utilizados na extrusão de mais *billetes*. Uma vez que num turno de 8h são extrudidos 90 *billetes*,



comprova-se que 1 *bilete* demora cerca de 5,3 minutos a ser extrudido. Assim, com os 1758 minutos que se poupam, seria possível extrudir mais 331 *biletas* ao final de um ano de trabalho.

Para a continuação deste estudo foi ainda preciso averiguar qual o peso médio do *bilete* usado na prensa 4 e a quantidade de quilogramas líquidos produzidos por turno. Para isso, foram novamente usados os mapas mensais do ano de 2019, e os resultados apresentam-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Dados de peso do *bilete* e produção líquida por turno na P4

MÊS	KG/ BILETE	KG LÍQ/TURNO
Janeiro	146	8833
Fevereiro	146	11544
Março	146	11973
Abril	152	11517
Maió	148	11868
Junho	152	12105
Julho	150	10422
Agosto	152	13475
Setembro	149	12322
Outubro	152	12754
Novembro	152	11776
Dezembro	152	12004
<b>MÉDIA</b>	<b>150</b>	<b>11716</b>

Com estes dados, é possível calcular a taxa de sucata neste processo, de modo a perceber qual o aumento de quilogramas líquidos que se vai obter, ao final do ano, com a extrusão de mais 331 *biletas*. É necessário fazer a comparação entre os quilogramas brutos de extrair 90 *biletas* por turno e o resultado em quilogramas líquidos obtido anteriormente. O resultado apresenta-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Percentagem de sucata na P4

AO FINAL DE UM TURNO DE TRABALHO (8H)	
KGS BRUTOS	$90 * 150 = 13\ 500$
KGS LÍQUIDOS	11 716
SUCATA	13,2%

Para os 331 *biletas* que se extrudiriam a mais ao final de um ano, o total de quilogramas seria de:  $331 * 150 = 49\ 650$  kgs. Subtraindo os 13,2% de sucata, obtém-se 43 096 kgs líquidos ao final de um ano de trabalho. Sabendo que o quilograma de alumínio está cotado a 3€, isto transforma-se num aumento de produção correspondente a um consumo de alumínio no valor de  $43\ 096 * 3 = 129\ 288$ €.

Considerando uma taxa de lucro de 10%, é possível deduzir que, ao final de um ano, a empresa aumente os seus resultados em 12 929€, diminuindo apenas a frequência dos ciclos.

De acordo com o aumento nos resultados monetários, verifica-se um aumento na produtividade ao longo de um turno de trabalho. Se inicialmente eram extrudidos 90 *biletas*, com os 2,3 minutos que se poupam ao diminuir a frequência dos ciclos, seria possível extrudir mais 0,43 *biletas* em 8 horas. Assim, num turno passa a ser possível extrudir 90,43 *biletas*, perfazendo um total de quilogramas brutos de 90,43 \* 150 = 13 565. Descontando os 13,2% de sucata, obtém-se um valor líquido de 11 774 kgs líquidos por turno.

Com estes dados é possível calcular o aumento da produtividade em termos de quilogramas líquidos por turno:

$$\frac{11\,774 - 11\,716}{11\,716} * 100 = 0,50\%$$

Por último, foi necessário comprovar a duração da ponteira após a mudança dos ciclos. Exatamente um mês após a colocação da nova ponteira e iniciado este processo, os colaboradores responsáveis pela verificação do estado da ponteira e troca da mesma, concluíram que a diminuição da frequência dos ciclos não teve impacto no estado de degradação da mesma. A ponteira seria trocada uns dias após ter feito um mês, tal como acontecia anteriormente. Conclui-se, deste modo, que os ciclos estipulados inicialmente eram demasiado frequentes, aumentando consideravelmente o tempo não produtivo e não produzindo nenhum efeito de longevidade no tempo de duração da ponteira.

Dado por terminado o estudo, foi escrita uma IT (Anexo 2) onde o operador pode verificar qual a frequência dos ciclos e o processo para os colocar no computador, que até ao momento não existia, com o objetivo de normalizar situação e ajudar no processo de formação de novos colaboradores.

## 5.2 Novo sistema de lubrificação para as prensas 1, 2 e 3

Nas prensas 1, 2 e 3, a colocação de grafite na ponteira é feita pelo operador, sendo este um processo arriscado e inseguro. Além disso não está normalizado (capítulo 4.3.2), uma vez que a aplicação de grafite não é feita ao final de um número definido de *biletas* e o tempo de operação é sempre variável.

No capítulo 4.2.1, verificou-se que as paragens mais significativas em cada uma das prensas foram “Colocação de grafite” e “Não caiu a patela”, sendo que esta última está também relacionada com a lubrificação.

Desse modo, pretende-se adotar um sistema semelhante ao que já existe atualmente na prensa 4, onde o operador define os ciclos de limpeza no início do turno e assim se mantêm até a máquina parar. A

adoção deste sistema produz vantagens ao nível da diminuição das paragens não programadas, regularização do tempo das paragens programadas, normalização do trabalho e aumento da segurança para os trabalhadores, que não precisam de se aproximar da prensa para fazer este processo.

Após verificar o correto funcionamento dos ciclos de lubrificação e limpeza na P4, foi decidido usar os mesmos valores para este sistema. Contudo, apenas foi utilizado, para este estudo, o ciclo de limpeza, de 16 em 16 *biletas* e com um tempo de operação de 32,4 segundos, uma vez que a utilização de grafite nestas prensas serve muitas vezes para limpar o alumínio que se vai acumulando na ponteira, e não só para lubrificação.

O custo no novo sistema automático de limpeza e lubrificação é de 15 560€ por prensa. Tendo em consideração este valor, é essencial fazer um estudo para cada uma das prensas de modo a averiguar quando ocorrerá o retorno do investimento.

Numa primeira fase é necessário calcular o tempo não produtivo que se obterá, em cada uma das prensas, com a aquisição do novo sistema de limpeza e lubrificação, de modo a compará-lo com os tempos não produtivos atuais (capítulo 4.2.1).

#### 5.2.1 Prensa 1

O tempo não produtivo atual, calculado anteriormente, foi de 59,6 minutos por turno, para extrudir 159 *biletas*. Com a utilização do novo sistema, os ciclos de colocação de grafite funcionarão de 16 em 16 *biletas*, com um tempo de 32,4 segundos. Em 159 *biletas* existiriam 10 ciclos e o tempo não produtivo seria de:

$$10 * 32,4 + 149 * 21,2 = 3482,8 \text{ segundos} = 58 \text{ minutos}$$

O resultado da diferença obtida com esta transformação encontra-se na Tabela 17.

Tabela 17 - Diferença de tempo na P1

DIFERENÇA EM MINUTOS		
Ao fim de 1 turno de trabalho (8h)	Ao fim de 1 dia de trabalho (24h)	Ao fim de um ano (252 dias úteis)
1,6	4,8	1210

Ao final de um ano sobram 1210 minutos que podem ser utilizados para extrudir mais *biletas*. Nesta prensa, verificou-se que são extrudidos 159 *biletas* em 8 horas de trabalho, pelo que 1 *billete* demora cerca de 3 minutos. Desse modo, ao final de um ano seria possível extrudir mais 403 *biletas*.

### 5.2.2 Prensa 2

Obteve-se o valor de 58,5 minutos para o tempo não produtivo atual na prensa 2, para a extrusão de 150 *biletas* ao longo de um turno de trabalho. A adoção do novo sistema de lubrificação e limpeza permite que os ciclos funcionem sempre de 16 em 16 *biletas*, sendo que esta operação demora 32,4 segundos. Em 150 *biletas* ocorreriam 9 situações de “Colocação de grafite”, o que se transforma num tempo não produtivo de:

$$9 * 32,4 + 141 * 21,7 = 3351,3 \text{ segundos} = 55,9 \text{ minutos}$$

Na Tabela 18 podemos ver esta diferença representada ao final de um turno, um dia e um ano de trabalho.

Tabela 18 - Diferença de tempo na P2

DIFERENÇA EM MINUTOS		
Ao fim de 1 turno de trabalho (8h)	Ao fim de 1 dia de trabalho (24h)	Ao fim de um ano (252 dias úteis)
2,6	7,8	1966

Uma vez que em 8 horas são extrudidos 150 *biletas*, conclui-se que cada *bilete* demora cerca de 3,2 minutos. Com os 1966 minutos que se poupam, seria possível extrudir mais 614 *biletas* ao final de um ano de trabalho.

### 5.2.3 Prensa 3

Em relação à prensa 3, na Tabela 9 verificaram-se outras paragens significativas para além da colocação de grafite. As ocorrências “*Bilete* empancou”, “*Container* abre em excesso (subida da ponteira manual)” e “Falha sensor patela (entrada do *bilete* manual)” foram também frequentes. Contudo, estas situações têm a ver com ajustes feitos na prensa. Assim que se detetou que estavam a ocorrer frequentemente num curto espaço de tempo, foram reportadas aos operadores responsáveis pela manutenção das máquinas, que as resolveram imediatamente.

Obteve-se um tempo não produtivo inicial de 56,3 minutos para a prensa 3, que produz um total de 139 *biletas* ao final de um turno de trabalho. A utilização do novo sistema permitiria reduzir o tempo de colocação de grafite para 32,4 segundos, e, ao ocorrer de 16 em 16 *biletas*, apenas aconteceria 8 vezes num turno de 8 horas:

$$8 * 32,4 + 131 * 21,4 = 3062,6 \text{ segundos} = 51 \text{ minutos}$$

Na Tabela 19 está resumida a diferença em minutos obtida com a adoção do novo sistema na prensa 3.

Tabela 19 - Diferença de tempo na P3

DIFERENÇA EM MINUTOS		
Ao fim de 1 turno de trabalho (8h)	Ao fim de 1 dia de trabalho (24h)	Ao fim de um ano (252 dias úteis)
5,3	15,9	4007

Sabendo que em 8 horas são extrudidos 139 *biletas*, o tempo de extrusão por *bilete* é de, aproximadamente, 3,5 minutos. Desse modo, os 4007 minutos que se poupam ao final do ano seriam utilizados para extrudir mais 1144 *biletas*.

#### 5.2.4 Análise das prensas 1, 2 e 3

De modo a converter o total de *biletas* que seria possível extrudir ao final de um ano de trabalho, com os minutos que se poupam ao fazer o investimento, para um valor monetário, foi essencial saber qual o peso médio do *bilete* e a quantidade de quilogramas líquidos por turno em cada uma das prensas. Para isso, recorreu-se aos mapas mensais de 2019 e os resultados apresentam-se na Tabela 20:

Tabela 20 - Dados de peso do *bilete* e produção líquida para a P1, P2 e P3

MÊS	PRENSA 1		PRENSA 2		PRENSA 3	
	KG/ BILETE	KG LÍQ/TURNO	KG/ BILETE	KG LÍQ/TURNO	KG/ BILETE	KG LÍQ/TURNO
Janeiro	62	8442	62	8368	91	11436
Fevereiro	62	8652	62	8627	91	11699
Março	62	8891	61	8261	93	11838
Abril	61	8383	61	7527	91	9712
Maió	59	8010	61	7736	86	10806
Junho	59	8225	62	8948	88	8815
Julho	60	8196	62	8786	89	9709
Agosto	61	8429	62	9024	87	10406
Setembro	60	7978	63	6596	78	10630
Outubro	59	7968	62	7032	92	11307
Novembro	61	8275	63	7948	94	8012
Dezembro	61	8218	63	7746	94	9999
<b>MÉDIA</b>	<b>61</b>	<b>8306</b>	<b>62</b>	<b>8050</b>	<b>90</b>	<b>10364</b>

Com estes dados é possível calcular a percentagem de sucata deste processo para cada uma das prensas. Para isso, basta comparar os quilogramas brutos de produzir 61 *biletas* na prensa 1, 62 na prensa 2 e 90 na prensa 3 com os valores obtidos de quilogramas líquidos em cada uma delas. Os resultados apresentam-se na Tabela 21.

Tabela 21 - Percentagem de sucata P1, P2 e P3

AO FINAL DE UM TURNO DE TRABALHO (8H)			
	PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3
KGS BRUTOS	159 * 61 = 9699	150 * 62 = 9300	139 * 90 = 12510
KGS LÍQUIDOS	8 306	8 050	10 364
SUCATA	14,4%	13,4%	17,2%

Sabendo quantos *biletas* a mais se poderiam produzir por prensa, o peso médio em quilogramas por *bilete*, a percentagem de sucata e que o valor cotado por quilograma de alumínio é 3€, é possível calcular o tempo necessário, em cada uma das prensas, para recuperar o investimento feito.

Na Tabela 22 está calculado o valor monetário correspondente à produção dos *biletas* extra ao final de um ano. Multiplicou-se o valor médio do peso do *bilete* em cada uma das prensas pelo total de *biletas* que cada uma pode produzir a mais, subtraiu-se a taxa de sucata para obter os quilogramas líquidos e transformou-se isso num valor monetário multiplicando pelo valor do alumínio.

Tabela 22 - Total de kgs líquidos e valor monetário P1, P2 e P3

PRENSA	BILETES	TOTAL KGS BRUTOS	TOTAL KGS LÍQUIDOS	VALOR MONETÁRIO
P1	403	24 583	21 043	63 129€
P2	614	38 068	32 967	98 901€
P3	1144	102 960	85 251	255 753€

Assumindo que o aumento anual de faturação corresponde ao valor monetário dos quilogramas de alumínio consumido e que a margem de lucro é de 10%, ao fim de um ano a empresa lucrará:

- 6 313€ na prensa 1;
- 9 890€ na prensa 2;
- 25 575€ na prensa 3.

Tendo em conta o orçamento de 15 560€ e o valor ganho pela empresa com o aumento de produtividade em cada uma das prensas, foi calculado, em anos, o retorno do investimento. Os resultados apresentam-se na Tabela 23.

Tabela 23 - Cálculo do retorno do investimento para a P1, P2 e P3

PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3
$\frac{15\ 560}{6\ 313} = 2,5$ anos	$\frac{15\ 560}{9\ 890} = 1,6$ anos	$\frac{15\ 560}{25\ 575} = 0,6$ anos

Foi tido em consideração um valor de referência de 5 anos como tempo máximo para o retorno do investimento. Analisando os dados conclui-se que o tempo máximo de recuperação do investimento é de

2,5 anos na prensa 1. Contudo, mesmo sendo o valor mais elevado, continua a ser um tempo de retorno bastante razoável, e metade dos 5 anos definidos como objetivo. A partir dos 2,5 anos na prensa 1, de 1,6 anos na prensa 2 e de 0,6 anos na prensa 3, o investimento começa a trazer lucro para a empresa. Por último, vai ser calculado o aumento de produtividade em cada uma das prensas, tendo em conta a diferença obtida inicialmente nos tempos, por turno e para cada prensa:

- Na prensa 1 existem mais 1,6 minutos para extrusão. Uma vez que cada *bilete* demora 3 minutos, seria possível extrudir mais 0,5 *biletas*;
- Na prensa 2, cada *bilete* demora 3,2 minutos, por isso, com os 2,6 minutos que se ganham, era possível extrudir mais 0,8 *biletas*;
- Na prensa 3, o tempo de extrusão é 3,5 minutos. Desse modo, seria possível extrudir mais 1,5 *biletas* nos 5,3 minutos que se poupam.

Na Tabela 24 apresentam-se os resultados relativos aos quilogramas brutos obtidos com a adoção deste novo sistema e os quilogramas líquidos, descontando o valor da sucata calculado anteriormente.

Tabela 24 - Cálculo da produção líquida por turno com o novo sistema para a P1, P2 e P3

PRENSA	KGS BRUTOS	KGS LÍQUIDOS
P1	159,5 * 61 = 9730	8 328
P2	150,8 * 62 = 9 350	8 097
P3	140,5 * 90 = 12 645	10 470

Com toda esta informação é possível calcular o aumento da produtividade para cada uma das prensas ao final de um turno de trabalho. Os resultados apresentam-se na Tabela 25:

Tabela 25 - Cálculo do aumento da produtividade na P1, P2 e P3

PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3
$\frac{8328 - 8306}{8306} = 0,26\%$	$\frac{8097 - 8050}{8050} = 0,58\%$	$\frac{10470 - 10364}{10364} = 1,02\%$

Tal como esperado, verifica-se um aumento de produtividade maior na prensa 3, uma vez que era onde se registava um tempo médio de “Colocação de grafite” mais elevado. Além disso, também se regista um aumento significativo na prensa 2, onde se verificou uma maior ocorrência deste processo (9,3%, comparado com 7,7% nas restantes prensas).

### 5.3 Normalização dos parâmetros do processo de extrusão

Com o objetivo de normalizar o processo de extrusão, de modo a que o operador não necessite de fazer alterações aos valores dos parâmetros apresentados nas OF, foi necessário fazer um estudo aprofundado do processo. Pretendia-se perceber qual o motivo que justificava esta situação, tendo como hipótese duas opções: estariam os parâmetros mal definidos na OF ou o operador alterava os parâmetros, baseando-se no histórico da matriz, por hábito?

Para além disso, pretende-se normalizar os parâmetros de produção dos perfis extrudidos pela empresa, com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir a taxa de sucata.

Sendo que a empresa procede à extrusão de milhares de perfis no conjunto das quatro prensas, seria impossível analisar todos os casos. Desse modo, foi decidido que, para este estudo, seria necessário selecionar uma amostra significativa que pudesse replicar toda a produção.

#### 5.3.1 Definição da amostra para o estudo

Começou por ser definido o período a analisar, de agosto de 2019 a fevereiro de 2020. Foi assim decidido, ao invés de analisar todo o ano de 2019, uma vez que existe sazonalidade de matrizes, e as mais extrudidas ao longo do ano não seriam, na totalidade, as mesmas no período do início de estágio. De seguida, foi retirada uma listagem com todos os perfis extrudidos nesse espaço de tempo, em todas as prensas, e esta foi organizada de modo decrescente dos quilogramas brutos extrudidos nesse período. Após retirar as matrizes relacionadas com a indústria automóvel, que têm parâmetros muito específicos e que são cumpridos rigorosamente, obteve-se uma listagem final com 3331 perfis.

Para verificar quais os *high runners* do processo, ou seja, os perfis que contabilizavam mais quilogramas brutos extrudidos, foi realizada uma análise de *Pareto* (Figura 35), de modo a comprovar se 20% dos perfis correspondem a 80% da produção.

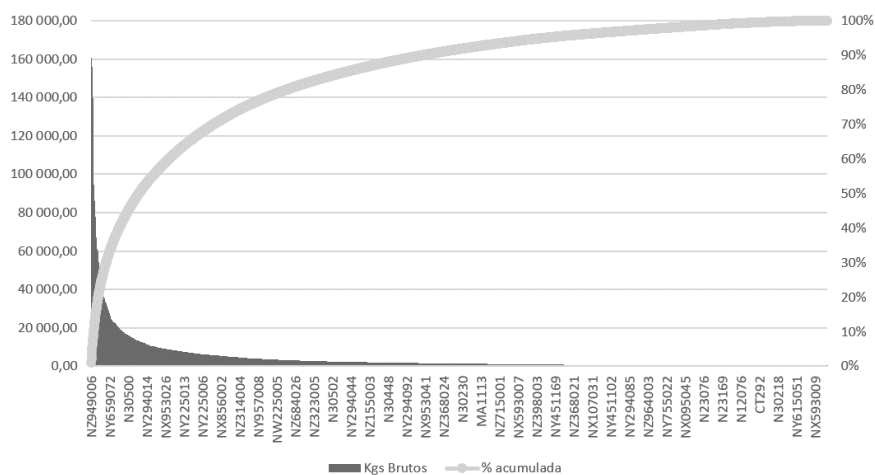


Figura 35 - Gráfico de *Pareto* para os perfis Navarra



Sendo o número total de perfis tão grande, não é visível, graficamente, o ponto exato onde se atinge os 80% de produção. Assim, embora no gráfico não seja possível identificar este ponto, a Tabela 26 mostra que tal ocorre com o perfil N21061, que se encontra na posição 885 de 3331, que corresponde a 26,6% do total de perfis, comprovando-se o princípio de *Pareto*.

Tabela 26 - Verificação do total de perfis que corresponde a 80% da produção

Nº	PERFIL	KGS BRUTOS	% ACUMULADA	%
882	NZ794003	3 288,3	79,9%	0,02%
883	NX021023	3 279,6	79,9%	0,02%
884	NX021018	3 277,9	79,9%	0,02%
885	N21061	3 274,5	<b>80,0%</b>	0,02%
886	NZ249002	3 265,7	80,0%	0,02%
887	NX314040	3 264,8	80,0%	0,02%

Contudo, uma vez que não seria viável analisar 885 perfis, foi necessário escolher um critério de seleção para os *high runners*. Em conjunto com responsáveis da empresa, chegou-se à conclusão de analisar os 20 primeiros perfis da listagem, apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Listagem dos 20 perfis mais extrudidos

PRENSA	PERFIL	KGS BRUTOS
P2	NZ949006	160 809,89
P1	NX720014	155 532,31
P2	NZ949036	143 651,86
P1	NY467012	139 794,14
P3	NZ949010	109 653,50
P4	NY659070	108 848,39
P2	NZ949004	94 751,83
P1	NX720012	87 808,78
P1	NY630043	86 880,76
P4	NY937042	86 223,46
P2	NY659071	84 714,37
P4	NX672005	78 591,84
P2	NY467007	77 934,34
P4	NY467019	76 010,33
P1	NX720011	75 767,79
P1	NY630022	73 351,50
P1	NY630002	66 979,94
P2	NZ949007	66 155,00
P2	NZ036020	64 923,47
P4	NY699001	64 468,40

Após o recomeço do estágio, no final de setembro, foi retirada uma nova lista de perfis, de modo a verificar se, ao fim de 6 meses, todos os perfis selecionados inicialmente continuavam no topo da lista e, além disso, se havia surgido alguma nova referência a ter em consideração. Analisando a nova lista, foi possível reconhecer a existência de um novo perfil nas primeiras 20 posições: NZ036031 na prensa 4. Este perfil foi acrescentado aos 20 já previamente selecionados, obtendo-se a lista final dos perfis a analisar.

### 5.3.2 Observação dos perfis selecionados no processo de extrusão

Durante a extrusão dos perfis selecionados foram registados os seguintes parâmetros para cada OF:

- Matriz utilizada (perfil / n° matriz);
- Hora de início e fim da extrusão;
- Saídas;
- Temperatura (°C);
- Velocidade de extrusão (m/min);
- Comprimento do *bilete* (mm);
- Tirada (m);
- Patela (mm);
- N° de barras no corte;
- Pressão *puller*;
- Medida do corte (mm);
- Pontas de esticamento (mm);
- Distância esticamento (mm).

Em cada observação foram registados os valores dos parâmetros definidos na OF e os valores utilizados pelos operadores, sempre que estes não correspondiam. Nestes casos, foi necessário perceber, junto dos operadores, qual o motivo para a alteração do valor do parâmetro.

### 5.3.3 Alteração dos parâmetros para cada perfil

Terminadas as observações, foi necessário definir quais os perfis que se tornariam objeto de estudo. Assim, de modo a obter dados fidedignos, foram apenas selecionados os perfis que acumularam um número de observações superior a 10, como se verifica na Tabela 28.

Tabela 28 - Total de observações para cada perfil

PRENSA	PERFIL	TOTAL	PRENSA	PERFIL	TOTAL	PRENSA	PERFIL	TOTAL
P1	NY467012	22	P2	NZ949006	25	P3	NZ949010	12
	NY630002	2		NY659071	7	P4	NY659070	16
	NY630022	0		NY467007	10		NY937042	19
	NY630043	3		NZ949036	35		NY699001	1
	NX720014	13		NZ036020	10		NY467019	2
	NX720012	4		NZ949007	13		NX672005	0
	NX720011	2		NZ949004	10		NZ036031	10

Selecionados os perfis analisaram-se, para cada um deles, todas as observações registadas. O objetivo foi aumentar a produtividade e reduzir a taxa de sucata, e, para isso:

- os parâmetros de velocidade, tirada, nº de cortes e, conseqüentemente, comprimento do *bilete* foram aumentados até ao limite máximo de cada prensa (Tabela 29) com objetivo de aumentar a produtividade;

Tabela 29 - Comprimentos máximos de tirada e *bilete* por prensa

PRENSA	COMPRIMENTO MÁXIMO DA TIRADA	COMPRIMENTO MÁXIMO DO <i>BILETE</i>
P1	50 m	850 mm
P2	50 m	850 mm
P3	50 m	1000 mm
P4	64 m	1400 mm

- o parâmetro de comprimento da patela foi reduzido para o mínimo possível (de acordo com as observações feitas e o tipo de matriz correspondente) para minimizar a sucata;
- o parâmetro de pontas de esticamento foi ajustado para cada um dos perfis estudados. Em todos os perfis da prensa 2, as pontas tiveram de ser aumentadas, devido ao *puller* atual (capítulo 4.4). Na prensa 4, houve dois casos em que se manteve o comprimento de pontas usado pelos operadores (3000 mm em vez de 2000 mm), porque se verificou ser necessário para os perfis em questão. Contudo, em dois outros exemplos foi possível reduzir as pontas de esticamento para 1500 mm, menos 500 mm do que o definido de forma *standard* para todos os perfis. Deste modo, apesar de em alguns casos ter sido necessário aumentar as pontas de esticamento, com impacto na sucata, o novo valor fica associado a cada perfil e passa a ser contabilizado no planeamento da produção.

Na Tabela 30 apresentam-se os valores iniciais, utilizados pelo operador na extrusão do perfil, e os finais, os valores normalizados definidos após as observações. Apenas se apresentam os parâmetros de

velocidade, patela e pontas de esticamento. A tabela completa, com os restantes parâmetros iniciais e finais pode ser consultada nos Anexos 3 e 4.

Tabela 30 - Parâmetros iniciais e finais de velocidade, patela e pontas de esticamento

		VELOCIDADE (M/S)		PATELA (MM)		PONTAS DE ESTICAMENTO (MM)	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
P1	NY467012	20	22	25	25	2000	2000
	NX720014	17	20	14	12	2000	2000
P2	NZ949006	18	20	20	18	3500	3500
	NZ949036	14	18	25	22	3000	3000
	NZ036020	16	20	28	25	2500	2500
	NZ949007	16	20	30	25	3500	3500
	NZ949004	14	18	25	22	3000	3000
	NY467007	18	22	20	18	3000	3000
P3	NZ949010	18	24	14	12	2000	2000
P4	NY659070	18	20	30	30	3000	3000
	NY937042 - 1	22	25	30	30	2500	1500
	NY937042 - 2	18	24	30	30	2500	1500
	NZ036031	17	24	35	30	3000	3000

O perfil NY937042, da prensa 4, é extrudido por matrizes tanto de 1 como de 2 saídas (referido como NY937042 – 1 quando se trata de uma saída e NY937042 – 2 quando são duas). As matrizes mais recentes, já com duas saídas, estão otimizadas. Nas restantes, apenas com uma saída, verificou-se se existia possibilidade de usar um *billete* para duas tiradas, ou seja, utilizar um *billete* de maior comprimento que possa extrudir duas vezes. Deste modo, elimina-se um tempo de mudança de *billete* e maximiza-se a utilização da capacidade da máquina, ao cortar um *billete* maior. Em todas as situações foi possível fazer esta otimização.

Após definir todos os parâmetros foi possível fazer as receitas para cada um dos perfis. Certos perfis têm várias medidas de corte, definidas pelo cliente, tendo sido necessário criar uma receita específica para cada uma delas, onde apenas varia o comprimento do *billete*, a tirada e o número de barras a cortar. Sempre que surgir uma nova medida é preciso criar uma receita, e, tendo sempre em atenção os limites máximos de cada prensa (Tabela 29), obtêm-se e o valor da tirada através da seguinte fórmula:

$$\text{Tirada} = \text{Número de cortes} * \text{Medida do corte} + \text{Comprimento das pontas de esticamento}$$

O comprimento do *billete* obtém-se com uma regra de três simples, utilizando alguma receita já feita. É preciso ter em atenção que, mesmo que a tirada respeite o limite máximo, o valor do *billete* pode ultrapassar, devendo, por isso, ser reduzido um corte até obter o valor ótimo dos dois parâmetros.

O exemplo de uma receita de parâmetros pode ser consultado no Anexo 5. A pressão do *puller* é um dos parâmetros que, inicialmente, não constava em todas as OF's. Com esta normalização, cada perfil terá definido o valor a utilizar neste parâmetro. Além disso, foi importante definir uma tolerância para os parâmetros comprimento do *bilete*, distância de esticamento e patela, pois são os mais variáveis ao longo do processo de extrusão. A parte final da receita é relativa ao forno e está adaptada para cada perfil em questão.

#### 5.3.4 Resultados das alterações de parâmetros

Tendo em conta o objetivo de aumentar a produtividade, foi necessário, ao longo das observações, verificar se isso não traria um impacto negativo na percentagem de sucata de processo. Caso isso acontecesse, seria necessário reformular os parâmetros de modo a encontrar um compromisso entre aumento da produtividade e redução da sucata.

Devido à sazonalidade da produção, durante o tempo de observação da produção dos perfis selecionados com as novas receitas de parâmetros, não houve a possibilidade de registar nenhuma observação do perfil NY467012, da prensa 1. Desse modo, este não poderá ser tido em conta na análise final e conclusão do estudo. Para os restantes, a fim de obter uma percentagem de aumento de produtividade e redução de sucata, foi necessário fazer as médias iniciais de produção líquida e de sucata de processo, com base nas observações realizadas antes da alteração dos parâmetros. De seguida, analisando os resultados de produção após o uso das receitas, foi possível obter, para cada um dos perfis, as médias finais dos mesmos indicadores. Os resultados apresentam-se na Tabela 31.

Tabela 31 - Diferença percentual entre os valores iniciais e finais de sucata e produção líquida

PERFIL	Nº OBSERVAÇÕES	%SUCATA		DIFERENÇA (%)	PRODUÇÃO LÍQUIDA		DIFERENÇA (%)
		INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	
NX720014	10	10,2	10,3	1,0%	1196	1275	6,6%
NZ949006	27	16,5	14,1	-14,5%	1382	1534	11,0%
NZ949036	17	12,8	11,7	-8,6%	977	1097	12,3%
NZ036020	30	16,6	11,3	-31,9%	1012	1229	21,5%
NZ949007	5	15,5	13,4	-13,5%	1183	1445	22,1%
NZ949004	31	15	12,7	-15,3%	762	943	23,8%
NY467007	11	11,8	10,6	-10,2%	1171	1368	16,8%
NZ949010	6	12	12,8	6,7%	1833	1963	7,1%
NY659070	6	13,7	9,3	-32,1%	1871	2198	17,5%
NY937042 - 1	13	11,9	9,3	-21,8%	1479	1564	5,7%
NY937042 - 2	3	11,1	11,8	6,3%	2254	2306	2,3%
NZ036031	12	7,8	8,7	11,5%	2114	2180	3,1%

Nesta primeira análise verifica-se que, com a normalização dos parâmetros, foi possível aumentar a produtividade de todos os perfis estudados. Contudo, em relação à taxa de sucata, observa-se que em 4 perfis o ajuste feito com as novas receitas provocou um aumento da mesma.

Ainda assim, tendo em conta que estes perfis representam uma amostra da produção total da empresa, é necessário extrapolar o resultado de modo a verificar se o aumento da percentagem de sucata nestas situações trará um impacto negativo no contexto global. Além disso, também se obterá o aumento da produtividade global previsto com estas alterações.

Em primeiro lugar, foi preciso consultar a tabela utilizada para a construção do gráfico de *Pareto*, para recolher os dados relativos aos quilogramas brutos, de modo a saber a percentagem representativa de cada perfil no panorama geral. Para o perfil NZ036031 foi utilizada uma tabela semelhante, mas de outro período, como referido anteriormente. Para o perfil NY937042, onde se fizeram observações tanto para uma saída como para duas saídas, o valor apresentado na tabela inicial será dividido, igualmente, pelas duas.

A percentagem obtida foi extrapolada para um total de 100% da população, uma vez que se considerou que esta amostra é representativa. Desse modo, foi possível fazer uma média ponderada do aumento da produção líquida e da diminuição da taxa de sucata que se obterá com estas alterações. Os resultados encontram-se na Tabela 32.

Tabela 32 - Resultados obtidos no contexto geral em relação à produção líquida e à taxa de sucata

PERFIL	% PRODUÇÃO BRUTA		PRODUÇÃO LÍQUIDA	% SUCATA
	REAL	EXTRAPOLADA		
NX720014	1,1%	13,0%	6,6%	1,0%
NZ949006	1,1%	13,4%	11,0%	-14,5%
NZ949036	1,0%	12,0%	12,3%	-8,6%
NZ036020	0,5%	5,4%	21,5%	-31,9%
NZ949007	0,5%	5,5%	22,1%	-13,5%
NZ949004	0,7%	7,9%	23,8%	-15,3%
NY467007	0,5%	6,5%	16,8%	-10,2%
NZ949010	0,8%	9,1%	7,1%	6,7%
NY659070	0,8%	9,1%	17,5%	-32,1%
NY937042 - 1	0,3%	3,6%	5,7%	-21,8%
NY937042 - 2	0,3%	3,6%	2,3%	6,3%
NZ036031	0,9%	10,9%	3,1%	11,5%
<b>TOTAL</b>	<b>8,4%</b>	<b>100%</b>	<b>12,0%</b>	<b>-8,8%</b>

Com estes dados e considerando que esta é uma amostra representativa da empresa, conclui-se que seria possível aumentar a produtividade em 12% e reduzir a taxa de sucata em 8,8%. Deste modo, verifica-se que, apesar de terem existido perfis onde a percentagem de sucata aumentou, no contexto global confirma-se que a alteração dos parâmetros trouxe impactos positivos em ambos os objetivos que se pretendia alcançar. Deste modo, as receitas de parâmetros desenvolvidas no decorrer do estudo devem continuar a ser utilizadas no processo de produção dos perfis em questão.

Com a utilização das receitas, o operador deixará de fazer ajustes e o processo será normalizado. Ao longo do estudo, e respondendo à questão inicial, foi possível perceber que em certas situações os parâmetros da OF não eram os mais indicados, mas também, em muitos casos, o operador alterava valores como a velocidade ou patela por hábito, uma vez que se veio a verificar que os perfis podem extrudir com velocidade mais elevada e uma patela menor.

Verificando-se o sucesso deste estudo, o próximo passo será reproduzi-lo para os restantes perfis da empresa.

Além da normalização dos parâmetros, e com o objetivo de normalizar o processo de registo de parâmetros no computador e mudança de matriz, foram criadas *Standard Work Combination Tables* (capítulo 2.3.2) para cada uma das prensas, com todos os passos a realizar e a duração de cada um deles (Anexos 6 a 9). Além disso, foram ainda desenvolvidas IT's para estes processos, descrevendo todo o procedimento a tomar, acompanhando cada passo com as fotos correspondentes, para que o operador saiba exatamente como proceder. Deste modo, pretende-se minimizar a discrepância existente, dentro da mesma prensa, com os operadores dos diferentes turnos, uma vez que se guiam pela mesma IT. A implementação destas novas IT's também será útil na formação de novos trabalhadores. A título de exemplo, nos Anexos 10 e 11 apresentam-se as IT's para a prensa 1.

#### 5.4 Atualização da tabela de valores de referência da prensa 4

Após ter sido verificado o modo como é feito o cálculo dos quilogramas brutos no final de cada OF na prensa 4, o objetivo principal foi normalizar o processo, reduzindo a taxa de erro ao fazer dois cálculos, através da criação de uma tabela com valores de referência semelhante às restantes prensas.

Antes de se criar a tabela para a prensa 4, foi necessário verificar se os pesos dos *billetes*, enquanto matéria prima, que estavam a ser utilizados para os cálculos, estavam corretos. Os comprimentos mais utilizados, com os pesos teóricos correspondentes, e para um diâmetro de 254 mm, são: 6000 mm, com um peso de 821 kg, 6080 mm, com um peso teórico de 832 kg e 7000 mm, cujo peso teórico é de 958 kg.

Estes são os valores teóricos, obtidos através da seguinte fórmula:

$$\text{Peso} = \frac{254^2 * \pi * 0,0027}{4 * 1000} * \text{Comprimento do } \textit{bilet}e$$

Foram pesados 27 *bilet*es de 6000 mm, 32 de 6080 mm e 33 de 7000 mm, sendo confirmado também o diâmetro e comprimento dos mesmos. Apenas se registaram diferenças milimétricas no comprimento (ver Anexo 12), que não justificam as diferenças significativas observadas no peso. Decidiu-se, juntamente com responsáveis da empresa e da secção, verificar se a utilização de um valor de diâmetro de 253 mm, no cálculo apresentado anteriormente, traria diferenças menores. Observam-se os resultados na Tabela 33:

Tabela 33 - Comparação da diferença entre o peso real e os pesos teóricos para 253 mm e 254 mm

COMPRIMENTO BILETE	MÉDIA DO PESO REAL	PESO TEÓRICO 254 MM	DIFERENÇA	PESO TEÓRICO 253 MM	DIFERENÇA
6000 mm	813 kg	821 kg	8 kg	814 kg	1 kg
6080 mm	827 kg	832 kg	5 kg	825 kg	2 kg
7000 mm	952 kg	958 kg	6 kg	950 kg	2 kg

Verificam-se diferenças bastante menores ao utilizar um valor de diâmetro de 253 mm, pelo que foi decidido utilizar estes valores teóricos para a tabela dos pesos de *bilet*es da prensa. Assim, tendo por base os valores mínimo e máximo de corte de *bilet*e na prensa 4, entre 500 mm e 1400 mm, foi possível obter a tabela final, apresentada no Anexo 13.

Na Figura 36 é possível comparar a diferença entre o papel que existia na mesa da prensa e a tabela atual.

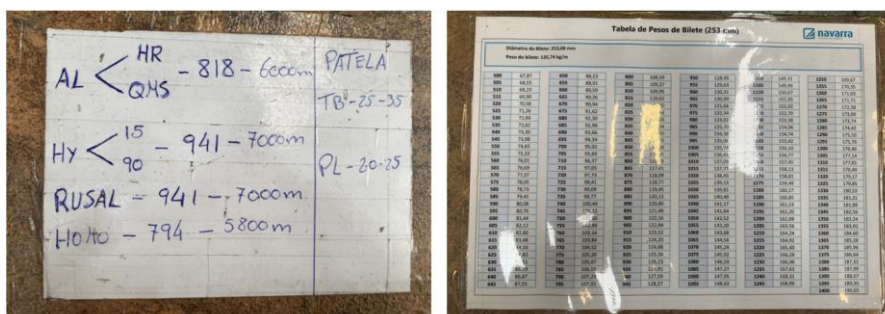


Figura 36 - Comparação entre a tabela de valores de referência antiga e a atual

Verifica-se que, apesar de os valores teóricos para o planeamento da produção serem os referidos anteriormente, para um diâmetro de 254 mm, os pesos apresentados na folha que estava anteriormente na prensa, e utilizados para o cálculo da produção bruta em cada OF, são diferentes para cada um dos comprimentos.



Para o comprimento de 7000 mm o peso correspondente na folha é de 941 kg. Tendo em conta os valores atualizados, traduz-se numa diferença de menos 9 kg por cada *bilete*, em matéria-prima, o que corresponde a uma diferença de  $1 - \frac{950}{941} = -0,96\%$ , ou seja, a produção bruta real é superior à produção bruta declarada em 0,96%.

Para o comprimento de 6000 mm o peso apresentado na folha é de 818 kg, o que se traduz numa diferença de mais 4 kg por cada *bilete* e numa diferença percentual de  $1 - \frac{814}{818} = 0,49\%$ , ou seja, a produção bruta declarada é superior à produção bruta real em 0,49%.

Estes erros trazem implicações em duas situações:

- Planeamento da matéria-prima: a matéria-prima contabilizada para as OF's poderá ser insuficiente ou excedente, tendo em conta os *biletas* que vão ser utilizados para a produção;
- Inventário: no momento de contabilizar a matéria-prima, esta vai estar em quantidade superior ou inferior ao que era suposto, porque durante a produção foi gasta mais ou menos do que o que estava planeado;

Utilizando a nova tabela para o cálculo da produção bruta na prensa 4, em que o peso teórico é calculado com base num diâmetro de 253 mm, que se comprovou ser bastante mais próximo da média dos valores reais, os quilogramas brutos declarados em cada OF estarão em acordo com a realidade, diminuído significativamente a ocorrência dos problemas explicitados anteriormente.

## 5.5 Alteração do *puller* da prensa 2

Verificada a elevada dimensão das pontas de esticamento nesta prensa, foi proposto o investimento num novo *puller* semelhante aos restantes, sendo que o orçamento estimado é de 34 500€.

Com a instalação do novo *puller* seria possível reduzir as pontas de esticamento para o valor definido para todos os perfis, ou seja, dois metros. Neste momento, em média, é sempre acrescentado mais 1 metro a estas pontas, sendo que este incremento não está contabilizado no planeamento da produção como ponta de esticamento para a sucata, sendo, assim, mais 1 metro de sucata que se faz para além dos dois metros essenciais.

Como se verificou no capítulo 4.4, o valor monetário correspondente à quantidade de alumínio (em quilogramas) que vai para a sucata desnecessariamente ao final de um dia de trabalho de 1295€.

Atendendo a que a sucata é valorizada a 1,35€/kg, é necessário deduzir ao cálculo anterior o valor recuperado nesta operação:

$$1,35 * 431,7 = 582,8\text{€}$$

Desta forma, o retorno líquido da redução da sucata devido às pontas de esticamento é de:

$$1295 - 582,8 = 712,2\text{€ por dia}$$

Neste caso, não há a necessidade de aplicar a taxa de lucro da empresa, uma vez que este ganho não tem a ver com produção, mas sim com redução da sucata e o ganho que isso potencia. A sucata de pontas de esticamento será reduzida em 33%. Deste modo, se por dia poderão ser economizados 712,2€, deduz-se que, ao final de 48,4 dias, trabalhando sempre com 3 turnos, o investimento de 34 500€ será recuperado. Conclui-se que o período de investimento calculado é bastante curto, uma vez que em cerca de um mês e meio o novo *puller* será pago. A partir desse momento, a empresa começará a economizar 712,2€ por dia, o que se transforma em 179 474€ ao final de um ano (com 252 dias úteis).

## 5.6 Sistema de proteção para a serra do *puller* das prensas 1 e 2

Verificada a situação de perigo de corte e projeção de limalhas na serra do *puller* das prensas 1 e 2, a solução ótima seria a eliminação do risco de contacto com a serra, aumentando a segurança do processo. Assim, o ideal será a colocação de uma proteção no local da serra (Figura 37), evitando o risco de corte, uma vez que o operador não se poderá aproximar, e, simultaneamente, a projeção de limalhas.



Figura 37 - Solução para proteção da serra do *puller*

A solução apresentada é de fácil implementação, pelo que servirá como proteção numa primeira fase, uma vez que se torna impensável continuar a realizar o corte sem segurança alguma. Contudo, no capítulo 7.2, será apresentada uma solução que poderá ser implementada no futuro e que garante ainda mais segurança para o operador.

## 5.7 Implementação de tapetes anti fadiga

Para aliviar o desconforto e cansaço ao final de um dia de trabalho, a solução encontrada foi a utilização de tapetes anti fadiga, apresentados no capítulo 2.5. Este género de tapete é bastante usado nas indústrias, para operações que requerem que o trabalhador esteja muitas horas de pé, de modo a aliviar o esforço das costas, pernas e pés. Garantindo este conforto, o operador não vai sentir tanto cansaço, aumentando a sua produtividade ao longo do dia de trabalho.

Sendo que existem vários tipos de tapetes anti fadiga disponíveis no mercado, foi necessário verificar o mais adequado para esta situação, tendo em conta as suas principais características:

- Trabalho em pé durante praticamente 8h;
- Uso intensivo;
- Possibilidade existência de detritos líquidos, como óleos;
- Utilização pedonal com sapatos de segurança.

Para estimar um orçamento para a compra dos tapetes, foi necessário fazer as medições de todos os locais onde estes seriam colocados, ou seja, para cada uma das prensas nas zonas da mesa de controlo da prensa, no esticador e na serra. Em todos estes locais verificou-se a necessidade de colocação de tapetes, uma vez que em todos eles os operadores estão sempre de pé.

Na Tabela 34 apresentam-se as medições, em metros quadrados (comprimento x largura), feitas em cada uma das prensas.

Tabela 34 - Medidas para os tapetes nas diferentes zonas em cada uma das prensas

ZONA	PRENSA 1	PRENSA 2	PRENSA 3	PRENSA 4
MESA	$2,1 \times 1,1 = 2,3 \text{ m}^2$	$2,1 \times 1,1 = 2,3 \text{ m}^2$	$2,1 \times 1,1 = 2,3 \text{ m}^2$	$4,1 \times 1,3 = 5,3 \text{ m}^2$
SERRA	$1,0 \times 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$	$1,0 \times 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$	$1,9 \times 1,7 = 3,2 \text{ m}^2$	$1,1 \times 0,8 = 0,9 \text{ m}^2$
	$1,0 \times 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$	$1,0 \times 0,8 = 0,8 \text{ m}^2$	$0,8 \times 0,8 = 0,6 \text{ m}^2$	$1,5 \times 0,8 = 1,2 \text{ m}^2$
	$1,5 \times 1,3 = 2,0 \text{ m}^2$	$1,1 \times 0,9 = 1,0 \text{ m}^2$		
ESTICADOR	$1,5 \times 1,3 = 2,0 \text{ m}^2$	$1,5 \times 1,3 = 2,0 \text{ m}^2$	$1,5 \times 1,3 = 2,0 \text{ m}^2$	$1,7 \times 1,3 = 2,2 \text{ m}^2$
TOTAL	<b>7,9 m<sup>2</sup></b>	<b>6,9 m<sup>2</sup></b>	<b>8,1 m<sup>2</sup></b>	<b>9,6 m<sup>2</sup></b>

Foi feito um estudo de mercado, de modo a saber quais as ofertas de tapete anti fadiga para esta situação em específico, tendo em conta as características definidas inicialmente. As melhores opções apresentam-se em seguida:

- Opção 1 (Figura 38):
  - a) Nome do artigo: Tapete anti fadiga industrial para uma utilização muito intensiva – Notrax;
  - b) Fornecedor: Manutan;
  - c) Descrição: Tapete anti fadiga destinado a postos de trabalho em contacto com óleos industriais, uma vez que os detritos são drenados através dos orifícios, deixando o posto de trabalho seco e limpo. Promove uma aderência perfeita graças à superfície em relevo e é adequado para postos de trabalho intensivos.

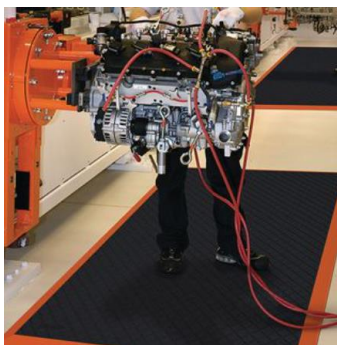


Figura 38 - Tapete anti fadiga (Opção 1)

- d) Tapete vendido à unidade (comprimento x largura):

Tabela 35 - Medidas standard para a primeira opção de tapete anti fadiga

MEDIDAS	PREÇO (S/IVA)	PREÇO POR METRO QUADRADO
1,02 x 0,66 = 0,67 m <sup>2</sup>	215€	300€ (valor médio)
1,63 x 0,97 m = 1,58 m <sup>2</sup>	439€	

Com base nos totais de metros quadrados calculados na Tabela 34 e o preço por metro quadrado deste tapete, é possível obter uma estimativa do orçamento:

$$300 * (7,9 + 6,9 + 8,1 + 9,6) = 9\ 750€$$

- Opção 2 (Figura 39):
  - a) Nome do artigo: Piso gradeado anti fadiga - Em tapete;
  - b) Fornecedor: Manutan;
  - c) Descrição: Tapete anti fadiga gradeado que permite uma drenagem perfeita dos líquidos e detritos. É resistente a óleos industriais, produtos químicos e temperaturas extremas.

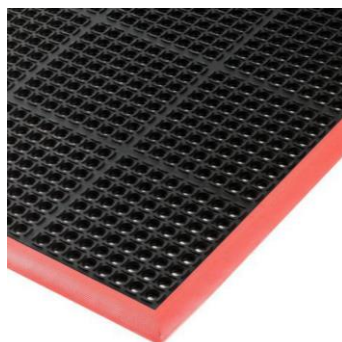


Figura 39 - Tapete anti fadiga (Opção 2)

d) Tapete vendido à unidade (comprimento x largura):

Tabela 36 - Medida standard para a segunda opção de tapete anti fadiga

MEDIDAS	PREÇO (S/IVA)	PREÇO POR METRO QUADRADO
1,52 x 0,91 = 1,38 m <sup>2</sup>	146€	106€

Tal como na opção 1, é possível calcular uma estimativa do orçamento para este tapete usando os valores da Tabela 34 e o preço por metro quadrado:

$$106 * (7,9 + 6,9 + 8,1 + 9,6) = 3\ 445€$$

Em função deste primeiro levantamento, verifica-se uma diferença de 6 305€ entre os dois orçamentos estimados, feitos com base no preço por metro quadrado calculado. Sendo uma diferença significativa, a melhor solução passaria por fazer um teste com cada um dos tapetes, de modo a averiguar se existirá alguma diferença no desempenho de ambos que justifique essa diferença. Deste modo, poderá ser tomada uma decisão de forma mais adequada.

Observa-se também que as medidas standard não servem para a maioria das situações apresentadas. Assim, deverá ser feito um contacto mais próximo, por parte da empresa, com o fornecedor em questão, de forma a avaliar a possibilidade de personalizar os tapetes de modo a que estes tenham dimensões mais adequadas às necessidades.

## 5.8 Implementação de 5S na prensa 4

Após ser feita a auditoria inicial, apresentada no capítulo 4.6.2, com um resultado 51,2% (64 pontos de um total de 125), deu-se início ao processo de implementação dos cinco *sensos* que fazem parte desta metodologia: triagem, organização, limpeza, normalização e disciplina.

### 5.8.1 Triagem

Neste *sensa*, o objetivo é fazer uma triagem de todos os materiais da secção, distinguindo-os em três secções diferentes:

- Materiais úteis que fazem parte da secção;
- Materiais que não fazem parte da secção, mas que podem ser utilizadas noutras;
- Materiais que não são úteis, sendo considerados como sucata.

Para isso recorreu-se ao método *Red Tag*, de modo a identificar todos os materiais da secção, sendo que tudo o que não fazia parte da secção, tudo o que já não estava em bom estado e tudo o que não era utilizado há mais de seis meses foi assinalado com uma etiqueta vermelha (Figura 40).

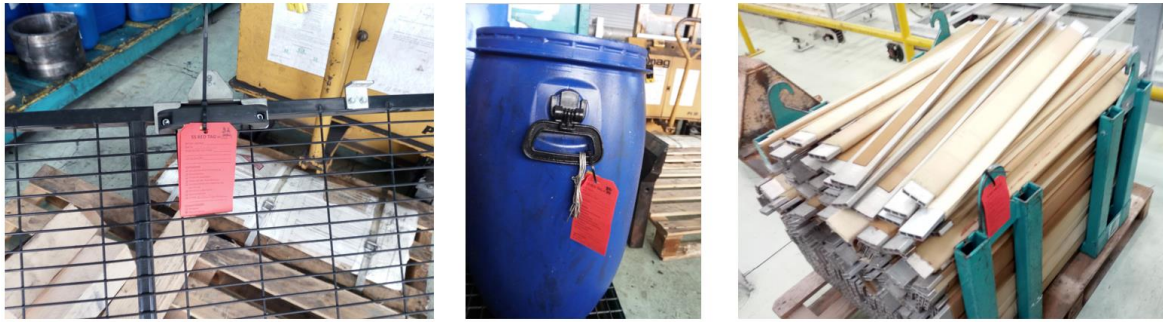
O formulário da etiqueta *Red Tag* é dividido em duas colunas e contém os seguintes campos:

- 5S RED TAG Nº** \_\_\_\_\_
- Nº OP./NOME:** \_\_\_\_\_
- DATA:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_
- DESCRIÇÃO DO ITEM:** \_\_\_\_\_
- LOCALIZAÇÃO:** \_\_\_\_\_
- CATEGORIA**
  - Equipamento/ferramenta
  - Documento
  - Produto acabado
  - Material de manutenção
  - Equipamento ou material de escritório
  - Matéria subsidiária
  - Desconhecido
  - Outra \_\_\_\_\_
- CLASSIFICAÇÃO**
  - Perigoso
  - Não perigoso
- RAZÃO DE SINALIZAÇÃO**
  - Não necessário
  - Passou a data de validade
  - Empréstado
  - Utilização desconhecida
  - Não usado em 6 meses
  - Defeituoso
  - Outra \_\_\_\_\_
- AÇÃO A TOMAR**
  - Descartar
  - Mover para \_\_\_\_\_
  - Devolver a \_\_\_\_\_
  - Reparar
  - Substituir
  - Utilizar
  - Outra \_\_\_\_\_
- AÇÃO REALIZADA POR:** \_\_\_\_\_
- NOME:** \_\_\_\_\_

Figura 40 - Etiqueta *Red Tag* (utilizada pela empresa)

Verificou-se a existência de muitos materiais que não faziam parte da secção e muitos outros que já se encontravam obsoletos. Todos estes foram marcados com a etiqueta referida (Figura 41 (a)) e mantidos numa zona, designada por zona de quarentena (Figura 41 (b)), vedada com uma fita vermelha e branca e mantida durante uma semana. Durante esse tempo, todas as outras secções foram informadas dessa zona de quarentena e tiveram oportunidade de recolher o que lhes pertencia, sendo que tudo o que ficou para além dessa semana foi considerado sucata.

Terminada esta primeira fase, foi possível verificar a existência de vários materiais e ferramentas que não pertenciam ao posto ou já estavam obsoletos. Deste modo, apenas o material essencial ao processo foi mantido na secção.



(a)



(b)

Figura 41 - (a) Objetos identificados com *Red Tag* (b) Zona de quarentena

### 5.8.2 Organização

Após a primeira fase, constavam na prensa 4 apenas os materiais essenciais ao correto funcionamento do processo. Assim, foi necessário organizá-los em zonas demarcadas e identificadas, sendo que, ao realizar este processo, o objetivo é que a utilização dos mesmos seja mais fácil, uma vez que estão mais visíveis e sempre no mesmo sítio, ou seja, é mais fácil encontrar o que se necessita num menor espaço de tempo. Além disso, estando os locais assinalados é possível verificar se algum material está em falta, se há necessidade de comprar mais ou se foi colocado num sítio errado, facilitando a manutenção dos mesmos.

O objetivo foi definir, no chão, as marcações para os materiais e ferramentas utilizados na prensa 4, sendo que cada um desses locais foi identificado com uma placa, de modo a perceber o objeto que é suposto ficar arrumado em cada local.

Na Figura 42 é possível verificar que, neste momento, cada objeto tem um local definido, tornando-se numa mais valia para manter a organização do espaço e não deixar acumular o que não faz parte da secção.

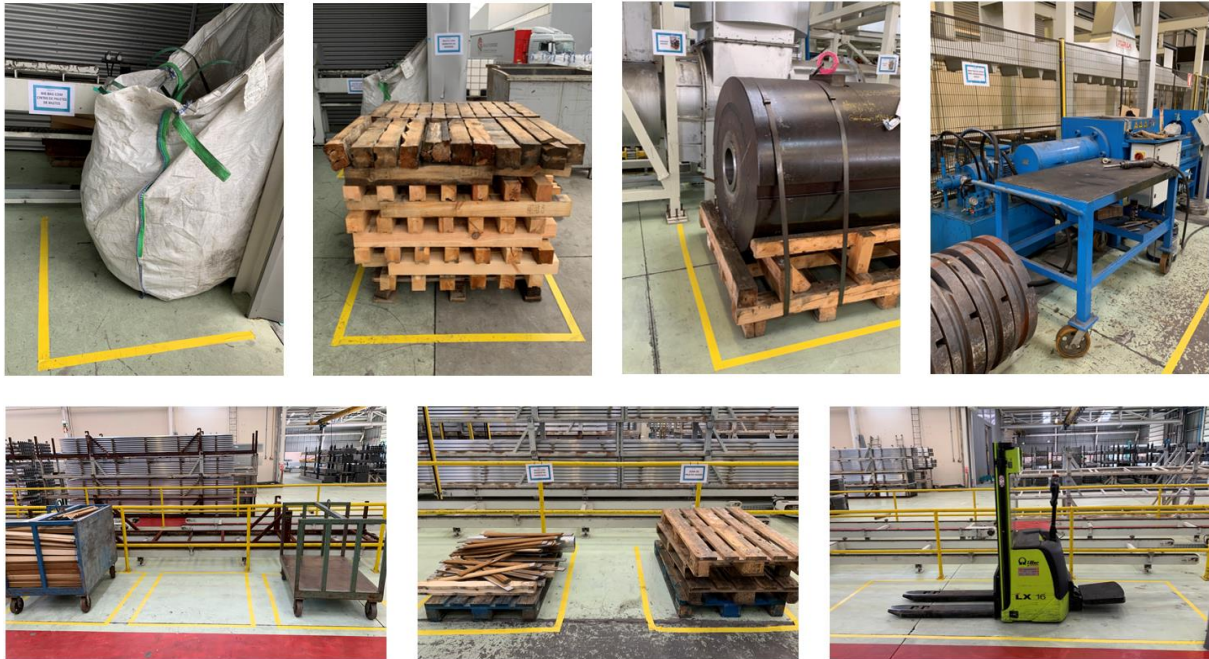


Figura 42 - Exemplo de identificações para alguns materiais

### 5.8.3 Limpeza

A terceira fase corresponde à limpeza do espaço, um *senso* que obteve uma boa pontuação na primeira auditoria. Neste momento a empresa já possui uma *checklist* de limpeza, o que comprova o bom desempenho obtido neste *senso*. Diariamente o espaço de trabalho é limpo e todos os fins de semana os operadores fazem a limpeza da prensa.

A utilização da *checklist* de limpeza permite a normalização dos hábitos, fazendo com que estes passem a fazer parte da rotina, obtendo-se um espaço de trabalho limpo e agradável.

### 5.8.4 Normalização

O quarto *senso* refere-se à normalização dos três *sensos* anteriores. Deste modo, é necessário manter tudo o que foi feito até ao momento, ou seja:

- Primeiro *senso*: manter apenas o que é essencial ao posto de trabalho. Sempre que se verificar que estão a ser acumulados materiais obsoletos ou que pertencem a outras secções, utilizar o método *Red Tag* para eliminar tudo o que não é necessário para o funcionamento do processo.
- Segundo *senso*: respeitar todas as marcações e as placas de identificação definidas. Manter tudo no seu lugar respetivo, de modo a obter o espaço de trabalho o mais organizado possível.
- Terceiro *senso*: seguir rigorosamente a *checklist* de limpeza já existente na empresa, mantendo sempre o local de trabalho limpo.



Cumprindo estes requisitos, o cumprimento do objetivo de 5S na prensa será atingido mais facilmente sempre que seja feita uma auditoria.

#### 5.8.5 Disciplina

A implementação dos 5S's é um processo contínuo, devendo, por isso, ser monitorizado. Este último *sense* corresponde a isso mesmo, porque se relaciona com a disciplina dos colaboradores, que devem dar o seu melhor para cumprirem todas as melhorias registadas com a implementação, sendo que a manutenção desta ferramenta deve tornar-se parte da sua rotina de trabalho.

De modo a perceber se isto acontece, e para se verificar se os resultados obtidos se mantêm e os novos procedimentos e regras implementados estão a ser cumpridas diariamente, é necessário avaliar esse mesmo desempenho, com auditorias de 5S, utilizando a mesma *checklist* das auditorias inicial e final, que será realizada no final deste *sense* (capítulo 5.8.6).

Assim, após a auditoria final, foi definido que durante o primeiro ano após a implementação fossem feitas auditorias mensais, de modo a controlar e avaliar a situação. Terminado o primeiro ano, a periodicidade das auditorias poderá ser alterada, caso se verifique que não existem grandes oscilações, ao longo desse ano, nos resultados da auditoria comparativamente com o resultado obtido na auditoria final. Nesse caso, o período poderá ser alargado para um mínimo de duas vezes ao ano e, caso se verifique que o grau de implementação atingido no final da implementação está a ser cumprido facilmente, poderá fixar-se um novo objetivo, aumentando assim a motivação para fazer sempre mais e melhor.

De modo a manter a motivação dos operadores, para que continuem a cumprir e a tirar o melhor proveito da ferramenta implementada, serão afixados os resultados de cada auditoria, juntamente com o gráfico radar, no quadro de equipa da prensa. Dessa maneira, será possível verificar qual o resultado obtido em cada mês e perceber se o objetivo está a ser cumprido. Além disso, será possível perceber qual o *sense* com o pior resultado, de modo a que seja melhorado para a auditoria seguinte. Com o facto de os colaboradores terem acesso aos resultados obtidos, espera-se obter um efeito motivador, por duas razões:

- Ao verificarem que o seu esforço produz resultados positivos, terão motivação para continuar o processo e manter os resultados;
- Terão vontade de melhorar caso o resultado de uma auditoria seja pior do que as anteriores.

O esboço do que será acrescentado no quadro de equipa apresenta-se no Anexo 14, com três espaços para três auditorias, de modo a que seja sempre possível comparar a nova com as duas anteriores. O auditor deve preencher a data, o número de pontos obtidos na *checklist*, a percentagem correspondente e desenhar no gráfico radar os pontos obtidos em cada um dos *sensos*.

A presença destes gráficos ajuda a uma perceção mais visual da implementação da ferramenta, sendo um grande contributo para a motivação e continuação do cumprimento da mesma.

#### 5.8.6 Auditoria final

Por último foi realizada a auditoria final, de modo a perceber se a implementação foi bem-sucedida e se foi possível atingir o objetivo definido inicialmente de 80%. Obtiveram-se os seguintes valores para cada um dos *sensos*:

- Triagem – 20 pontos em 25 (80%)
- Organização – 21 pontos em 25 (84%)
- Limpeza – 20 pontos em 25 (80%)
- Normalização – 19 pontos em 25 (76%)
- Disciplina – 23 pontos em 25 (92%)

Obtém-se um total de 103 pontos, que se converte numa percentagem de 82,4%. Deste modo, comprova-se que foi possível atingir o objetivo, pelo que se poderá pensar numa nova meta para a próxima auditoria. No último *sensa*, disciplina, foram contabilizados com a pontuação máxima os tópicos “A evolução da secção em termos de 5S está visível num gráfico, para aumento da motivação?” e “São efetuadas auditorias regulares ao bom funcionamento do departamento?”. No primeiro caso, apesar de neste momento não estarem a ser realizadas as reuniões de equipa, devido à situação pandémica atual, os gráficos já estão prontos a ser utilizados assim que a situação normalize. Assim, foram atribuídos 5 pontos porque, numa situação normal, estes já estariam a ser preenchidos. No segundo caso, as auditorias vão passar a funcionar regularmente, sendo a primeira realizada um mês após a auditoria final. Deste modo, também tem a pontuação máxima porque vão passar a acontecer mensalmente, como foi referido. Os resultados da auditoria final apresentam-se Figura 43.

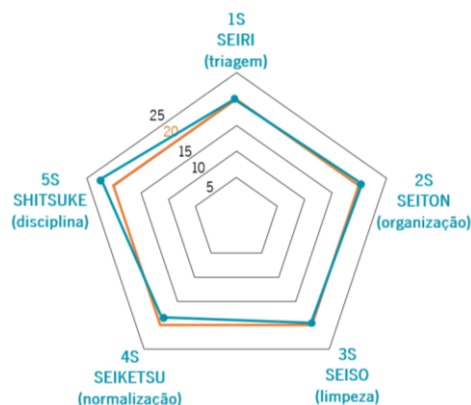


Figura 43 - Gráfico radar da auditoria final

## 5.9 Atualização dos objetivos de produção líquida

Para chegar a um objetivo realista de produção líquida para cada prensa foi preciso fazer uma análise de todos os meses do ano de 2019. Utilizando os mapas mensais, foi feita a média, para cada prensa, da produção líquida por turno. A essa média foi, posteriormente, feito um acréscimo de 5%, com o objetivo de aumentar a produtividade, obtendo-se, desse modo, um objetivo desafiante, mas atingível. Os resultados são apresentados na Tabela 37.

Tabela 37 - Média da produção líquida por turno com incremento de 5%

MESES	PRENSA 1 KGS LÍQ/TURNO	PRENSA 2 KGS LÍQ/TURNO	PRENSA 3 KGS LÍQ/TURNO	PRENSA 4 KGS LÍQ/TURNO
Janeiro	8442,0	8368,0	11436,0	8833,0
Fevereiro	8652,0	8627,0	11699,0	11544,0
Março	8891,0	8261,0	11838,0	11973,0
Abril	8383,0	7527,0	9712,0	11517,0
Mai	8010,0	7736,0	10806,0	11868,0
Junho	8225,0	8948,0	8815,0	12105,0
Julho	8196,0	8786,0	9709,0	10422,0
Agosto	8429,0	9024,0	10406,0	13475,0
Setembro	7978,0	6596,0	10630,0	12322,0
Outubro	7968,0	7032,0	11307,0	12754,0
Novembro	8275,0	7948,0	8012,0	11776,0
Dezembro	8218,0	7746,0	9999,0	12004,0
<b>MÉDIA</b>	<b>8305,6</b>	<b>8049,9</b>	<b>10364,1</b>	<b>11716,1</b>
<b>INCREMENTO 5%</b>	<b>8721</b>	<b>8452</b>	<b>10882</b>	<b>12302</b>

Nos quadros de equipa, que estão colocados em cada uma das prensas, é feita a divisão por cada turno. Junto a estes quadros são realizadas as reuniões diárias com todos os operadores do turno e o coordenador do mesmo, sendo que este apresenta e analisa os indicadores de produção do dia anterior,

entre eles, a produção líquida. Assim, o valor obtido na Tabela 37 para cada uma das prensas é o que vai constar nesse quadro, obtendo-se os seguintes objetivos, arredondados, de 8 600 kgs líquidos/turno para as prensas 1 e 2, ambas P2200, 10 900 kgs líquidos/turno para a prensa 3 (P2800) e 12 400 kgs líquidos/turno para a prensa 4 (P4000).

Apresenta-se em seguida o gráfico para o turno da manhã na prensa 4 (Figura 44), de modo a representar os gráficos finais para todas as prensas. Os restantes podem ser consultados no Anexo 15.



Figura 44 - Objetivo de produção líquida por turno para a prensa 4

A análise feita semanalmente baseia-se na média da produção diária. Contudo, apenas apresenta o valor caso se trabalhe toda a semana com 3 turnos, o que nem sempre acontece. Assim, criaram-se objetivos para 1, 2 e 3 turnos, sendo que para 1 turno o objetivo é o calculado inicialmente. Para 2 e 3 turnos, o objetivo é múltiplo simples de 1 turno, uma vez que a empresa já tem em consideração o tempo de *setup* da máquina e não o inclui no tempo de produção, pelo que a produtividade de apenas um turno é igual à produtividade de um turno quando trabalham os três. Os resultados para cada uma das prensas apresentam-se na Tabela 38.

Tabela 38 - Cálculo dos objetivos para 2 e 3 turnos

PRENSA	1 TURNO (kgs líquidos)	2 TURNOS (kgs líquidos)	3 TURNOS (kgs líquidos)
P1	8600	$8600 * 2 = 17\ 200$	$8600 * 3 = 25\ 800$
P2	8600	$8600 * 2 = 17\ 200$	$8600 * 3 = 25\ 800$
P3	10 900	$10\ 900 * 2 = 21\ 800$	$10\ 900 * 3 = 32\ 700$
P4	12 400	$12\ 400 * 2 = 24\ 800$	$12\ 400 * 3 = 37\ 200$

Tal como no caso anterior para os quadros de equipa, observam-se novamente diferenças entre o novo objetivo calculado com base nos objetivos por turno e o que era apresentado no quadro de coordenação para a análise semanal. Para um total de três turnos, para as prensas 1 e 2, o novo objetivo é de 25 800

kgs líquidos por dia, menos 4 200 kgs líquidos do que o atual. Na prensa 3, obteve-se um valor de 32 700 kgs líquidos por dia e na prensa 4 de 37 200 kgs líquidos por dia. Ambos se encontram acima do objetivo atual de 31 500 kgs líquidos por dia utilizado atualmente, o que demonstra que estavam aquém da capacidade de produção das máquinas respetivas, facto que não pôde ser validado na prensa 3, porque trabalhou durante a maior parte do tempo com 1 turno, mas que pôde ser validado na prensa 4, quando se verificou que ultrapassava o objetivo definido.

Apresenta-se na Figura 45 o exemplo representativo do novo gráfico da análise semanal para a prensa 1. Os restantes apresentam-se no Anexo 16.

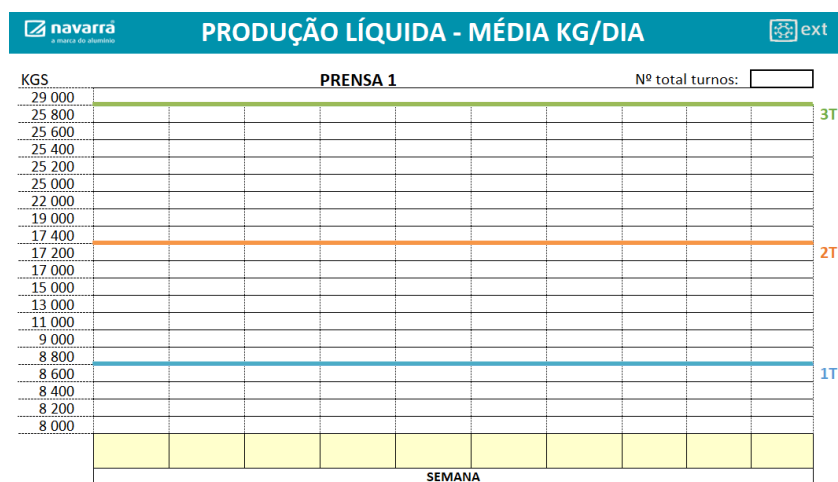


Figura 45 - Objetivos de produção líquida diária para a prensa 1

No topo do gráfico regista-se o número total de turnos que trabalharam nessa semana, e, caso na mesma semana exista um dia com um número de turnos diferente da maioria, a linha guia para essa semana será a que corresponde ao número de turnos que trabalhou na maioria dos dias. Deste modo, com um gráfico com três linhas distintas definindo os objetivos para 1, 2 e 3 turnos será mais fácil fazer uma análise da produção líquida de cada uma das prensas caso trabalhem com 1 ou 2 turnos. Inicialmente, com apenas uma linha a indicar o objetivo global para os 3 turnos de trabalho, caso uma prensa trabalhasse com menos, a única conclusão que se retirava do gráfico era que a produção ficou aquém do objetivo, como seria de esperar, mas não se percebia se, para esse número de turnos, a produção era a esperada.

Em última análise, conclui-se que foi possível obter novos objetivos adaptados a cada prensa, com base na sua produção real ao longo do ano 2019. Deste modo, cada turno, em cada prensa, tem a capacidade de alcançar o objetivo atualizado, mantendo o empenho e a motivação para o cumprir sempre.

## 6. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 6.1 Alteração na frequência dos ciclos da prensa 4

Realizando um ajuste nos ciclos de limpeza e lubrificação da prensa 4, diminuindo a sua frequência, foi possível aumentar a produtividade em 0,50%. Ao final de um ano de trabalho passa a ser possível produzir mais 331 *biletas*, que se traduz num ganho anual de 12 929€. Comprovou-se que a alteração na frequência dos ciclos não trouxe implicações relativamente ao tempo de vida da ponteira, pelo que se conclui que, mesmo sem nenhum investimento, seja no sistema da máquina ou na compra de uma nova ponteira, foi possível aumentar a produtividade desta prensa. Além disso, foi ainda criada uma IT onde estão definidos os novos valores a utilizar para cada um dos ciclos, bem como o modo de os registar no computador, algo que não existia até ao momento.

### 6.2 Sistema de lubrificação para as prensas 1, 2 e 3

Para as prensas 1, 2 e 3, foi proposto investir em sistemas de limpeza e lubrificação automáticos, semelhantes ao já existente na prensa 4, de modo a diminuir o tempo não produtivo, normalizar o processo e reduzir o risco para o operador na operação manual de colocação de grafite. Esta solução não foi implementada, mas, terminado o estudo, foi possível concluir que, apesar de ser necessário fazer um investimento de 46 680€ por parte da empresa para adquirir um sistema de lubrificação para as 3 prensas, esse valor será recuperado ao fim 2,5 anos na prensa 1, 1,6 anos na prensa 2 e 0,6 anos na prensa 3. Verificou-se ainda um aumento na produtividade de 0,26% para a prensa 1, 0,58% para a prensa 2 e 1,02% para a prensa 3, que corresponderá a ganhos anuais de 6 313€, 9 890€ e 25 575€, respetivamente. Registou-se um aumento de produtividade mais elevado nas prensas 2 e 3, uma vez que a prensa 2 registou a maior ocorrência do processo de “Colocação de grafite” e a prensa 3 registou um tempo médio superior nesta operação.

### 6.3 Normalização dos parâmetros do processo de extrusão

Com o objetivo de normalizar os parâmetros do processo de extrusão, foram desenvolvidas receitas para os perfis com mais quilogramas brutos extrudidos, neste caso, 11 perfis no conjunto das 4 prensas. Através da observação do processo foi possível chegar ao conjunto de parâmetros mais adequado, para cada perfil, de modo a atingir os objetivos propostos de aumento de produtividade e redução da taxa de sucata. Com a utilização das novas receitas nessa amostra representativa de perfis da empresa, concluiu-

se que, no contexto global, seria possível aumentar a produtividade em 12% e reduzir a taxa de sucata em 8,8%. Além da utilização das receitas, foram ainda criadas SWCS e IT's para cada uma das prensas, que permitem normalizar o processo de extrusão.

#### 6.4 Tabela de valores de referência da prensa 4

Verificando-se que o modo como era calculada a quantidade de quilogramas brutos no final de uma OF na prensa 4 não era o mais adequado nem estava normalizado como nas restantes prensas, foi necessário criar uma tabela com os valores de referência. Após um estudo dos pesos reais, foi possível criar uma tabela com os novos pesos teóricos atuais, bastante diferentes dos utilizados até ao momento na prensa, pelo que se concluiu que os operadores estariam a declarar uma produção bruta superior ou inferior à real. Com a utilização da nova tabela normalizada, os operadores já não necessitam de fazer dois cálculos, diminuindo para metade a probabilidade de erro, e com os valores teóricos mais próximos dos reais, já não existirão problemas relativos ao planeamento e *stock* de matéria prima.

#### 6.5 Alteração do *puller* da prensa 2

Tendo sido comprovado que a causa para a elevada dimensão das pontas de esticamento na prensa 2 era o tipo de *puller* da mesma, a solução apresentada foi a sua alteração para um semelhante ao das restantes prensas, com um custo de 34 500€. Apesar de ainda não ter sido implementada, o estudo feito permitiu concluir que, caso seja feito este investimento, poderão ser economizados 712,2€ por dia, recuperando-se o investimento ao final de 48,4 dias (com 3 turnos de trabalho). Ao final de um ano de trabalho com 252 dias úteis, serão economizados 179 474€. A recuperação deste investimento é o resultado de uma redução da taxa de sucata relativa às pontas de esticamento em 33%.

#### 6.6 Sistema de proteção para a serra do *puller*

Verificando-se a falta de segurança na realização do corte no *puller* das prensas 1 e 2, foi proposta a colocação de uma barreira que proteja o operador de sofrer um acidente e que, simultaneamente, impeça a projeção de limalhas. Até ao término do projeto esta proteção ainda não tinha sido colocada, contudo já foi estudada pelos responsáveis da área de segurança no trabalho da empresa e faz parte do plano de ação de melhorias em curso.

## 6.7 Implementação de tapetes anti fadiga

Foi sugerida a implementação de tapetes anti fadiga em postos de trabalho que requerem que o operador passe a maior parte do turno de pé, no mesmo sítio, de modo a reduzir o cansaço e eventuais lesões. Foi calculada a área total dos locais selecionados para a colocação dos tapetes. Além disso, foi feito um estudo de mercado de modo a comprovar as melhores opções para a situação específica. Com estes dados foi possível chegar a dois orçamentos feitos com base no preço por metro quadrado calculado: 9 750€ para a opção 1 e 3 445€ para a opção 2. Contudo, uma vez que existem medidas *standard* para as opções selecionadas, será necessário um contacto direto por parte da empresa com o fornecedor para averiguar a melhor solução para a situação apresentada, pelo que o orçamento aqui calculado poderá sofrer alterações.

## 6.8 Implementação de 5S na prensa 4

A aplicação da metodologia 5S na prensa 4 permitiu obter uma organização do espaço e dos materiais indispensáveis, sendo que, neste momento, existe “um lugar para tudo e tudo está no seu lugar”. Realizando uma auditoria inicial, verificou-se que o nível de 5S na prensa era de 51,2%, sendo que a maioria dos problemas se relacionavam com os *sensos* de triagem e organização. Terminada a implementação foi feita uma nova auditoria, que concluiu que o nível de 5S final correspondia a 82,4%, superando o objetivo inicial de 80%. Além disso, foi criado um gráfico para o quadro de equipa da prensa, de modo a que os operadores possam ver as pontuações das auditorias e dos *sensos* em particular, sendo este um veículo para manter o empenho na manutenção dos 5S.

## 6.9 Atualização dos objetivos de produção líquida

Tendo sido verificada uma incoerência entre a produção líquida real e os objetivos definidos para este indicador em cada uma das prensas, foi feito um estudo da produção, de modo a obter objetivos atualizados e concordantes com a produção real de cada prensa. Além disso, nos novos gráficos com os objetivos atuais foi ainda feita uma divisão de objetivos para 1, 2 e 3 turnos, sendo que até ao momento apenas era apresentado o objetivo para 3 turnos. Deste modo, é possível analisar de forma adequada a produção de uma prensa sempre que esta trabalhe apenas com 1 ou 2 turnos.



## 7. CONCLUSÃO

### 7.1 Considerações finais

Esta dissertação teve como objetivo global a melhoria do desempenho no processo produtivo da extrusão da empresa Navarra – Extrusão de Alumínios. Com o término da mesma, e analisando todos os resultados obtidos com as propostas de melhorias, verifica-se que foi possível aumentar a produtividade, reduzir a taxa de sucata e melhorar algumas condições de trabalho para os operadores. Deste modo, conclui-se que os objetivos definidos no início da dissertação foram alcançados com sucesso.

Após estudar o processo de extrusão, foi possível fazer o diagnóstico e identificar as situações que produziam um maior impacto no desempenho do sistema.

Foi possível aumentar a produtividade da prensa 4 em 0,50%, que corresponde a um ganho anual de 12 929€, através da diminuição da frequência dos ciclos de limpeza e lubrificação. Além disso, para esta prensa foi criada uma tabela atualizada de valores de referência de pesos de *billete*, permitindo normalizar o processo e eliminar problemas relativos ao planeamento e *stock* de matéria prima.

Nas prensas 1, 2 e 3 comprovou-se que investir em sistemas automáticos de limpeza e lubrificação para cada uma delas aumentará a sua produção em 0,26%, 0,58% e 1,02%, trazendo ganhos de 6 313€, 9 890€ e 25 575€, respetivamente. Além disso, o investimento poderá ser recuperado ao final de 2,5 anos para a prensa 1, 1,6 anos para a prensa 2 e 0,6 anos para a prensa 3.

Para a prensa 2 conclui-se que investir num novo *puller* reduzirá a taxa de sucata relativa às pontas de esticamento em 33%. O investimento será recuperado em 48,4 dias, fazendo com que, após esse retorno, a empresa passe a poupar, por ano, 179 474€.

A criação de receitas com os parâmetros de extrusão normalizados para 11 perfis selecionados permitiu obter, no panorama global, um aumento de 12% em relação à produtividade e uma redução de 8,8% no que diz respeito à taxa de sucata.

Relativamente às condições de trabalho, foram propostas duas melhorias. Uma barreira de proteção para o risco de corte e projeção de limalhas no processo de corte do perfil realizado no *puller* das prensas 1 e 2 e a colocação de tapetes anti fadiga em zonas específicas da secção, onde se verificou que os operadores permaneciam praticamente as 8 horas do turno de pé.

Com a aplicação da metodologia 5S na prensa 4 foi possível obter uma área de trabalho mais organizada e eficiente, uma vez que, após a implementação, apenas os materiais indispensáveis ao processo passaram a fazer parte da secção, estando organizados em locais identificados.

Por último, foram criados objetivos atualizados de produção líquida para cada uma das prensas, sendo ainda feita uma divisão de objetivos para 1, 2 e 3 turnos, de modo a que a análise feita seja coerente com o número de turnos a trabalhar.

Sabendo a importância que o apoio e compromisso dos líderes tem para o sucesso da implementação da metodologia *Lean*, é essencial referir que esses sempre estiveram presentes desde o momento em que as oportunidades de melhoria foram propostas. Apesar de não ter sido possível implementar todas, verificou-se um empenho, por parte da empresa, em manter o que foi melhorado e a vontade de implementar tudo o que ficou pendente.

A nível pessoal, a realização desta dissertação foi bastante enriquecedora e permitiu uma aprendizagem única e uma partilha de conhecimentos que só foram possíveis por ter sido realizada em contexto industrial. Contudo, também houve limitações, em termos de tempo e de implementações de algumas propostas, relacionadas, principalmente, com a situação pandémica que se vive neste ano.

## 7.2 Trabalho futuro

Durante a realização desta dissertação, foram apresentadas as soluções para a melhoria do desempenho do sistema produtivo. Foi possível implementá-las, na sua maioria, sendo que algumas ficaram pendentes devido a implicarem investimentos a serem feitos por parte da empresa. Contudo, devido às condicionantes que limitaram o tempo de realização da dissertação neste ano atípico, alguns projetos serão aqui considerados como trabalho futuro:

### 1) Normalização dos parâmetros de extrusão:

Verificado o sucesso obtido com a normalização feita em 11 perfis, o próximo passo seria reproduzir o estudo para os restantes. Deveria ser feito de forma faseada, de 20 em 20 perfis, tal como explicitado nesta dissertação, de modo a obter receitas de parâmetros de extrusão para cada perfil produzido na empresa.

### 2) Proteção para o corte na serra do *puller* das prensas 1 e 2:

A solução apresentada é de fácil implementação e baixo custo, algo que, sendo necessário tão urgentemente, foi considerada a melhor opção. Contudo, mais tarde, poderá ser substituída por algo ainda mais seguro, como por exemplo, um sistema com sensores. Assim, caso o operador se aproxime da serra pelos lados (desprotegidos com a solução apresentada) o sistema deteta e para imediatamente o corte.

### 3) Continuação de 5S na prensa 4:

Assim que seja possível retomar as reuniões de equipa, o gráfico radar das auditorias deve ser apresentado com os resultados da última auditoria realizada no final do estudo, sendo depois completado com as auditorias que forem realizadas posteriormente. Além disso, não foi possível implementar 5S na zona do armário da prensa e na bancada, pelo que poderá ser feito numa próxima fase.

### 4) Estudo das patelas:

Verificando-se que a patela é uma das maiores causas de sucata no processo de extrusão, pensou-se em fazer um estudo de modo a analisar qual o valor mínimo que pode ser usado para cada perfil, sendo que esse valor deve ser, no mínimo, 2,5% do total do comprimento do *billete*. Após obter esse valor, será possível compará-lo com o comprimento utilizado atualmente, sendo possível calcular o valor monetário que poderia ser poupado ao reduzir o comprimento da patela ao mínimo. Contudo, sabendo que o medidor da prensa não está correto, ou seja, o valor de patela que o operador insere no computador não é o real, seria necessário medir a patela cortada para obter o comprimento real do valor inserido no computador (e presente na receita), sendo este um estudo bastante extenso e que precisará de bastantes observações para os diferentes comprimentos de patela em cada uma das prensas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, Anabela C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Alves, Anabela Carvalho, Flumerfelt, S., & Kahlen, F. J. (2016). Lean education: An overview of current issues. *Lean Education: An Overview of Current Issues*, 1–179. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-45830-4>
- Alves, Anabela Carvalho, Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Siriban-Manalang, A.-B. (2014). Lean Production Multidisciplinary: from Operations To Education. *7th International Conference on Production Research - Americas*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1524.0005>
- Bhadani, K., Asbjörnsson, G., Hulthén, E., & Evertsson, M. (2020). Development and implementation of key performance indicators for aggregate production using dynamic simulation. *Minerals Engineering*, 145(August 2019), 106065. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.106065>
- Brunet-Thornton, R., & Martinez, F. (2018). *Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments* (R. Brunet-Thornton & F. Martinez, Eds.). IGI Global.
- Costa, L. F. T. G., & Arezes, P. M. F. M. (2003). *Introdução ao estudo do trabalho* (p. 122). p. 122. Universidade do Minho - Guimarães.
- Dennis, P. (2015). *Lean Production Simplified* (Third Edit). CRC Press.
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. The St. Lucie Press.
- Ferreira, O. A. (2016). Tapete Ergonómico – Anti Fadiga. Retrieved from Ergotriade - Engenharia e Gestão de Ergonomia website: <https://www.ergotriade.com.br/single-post/2016/07/29/Tapete-Ergonómico---Anti-Fadiga>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2015). An application of 5S concept to organize the workplace at a scientific instruments manufacturing company. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(1), 73–88.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2008). *Staying Lean - Thriving, not just surviving*. Lean Enterprise Research Center.
- Hines, P., & Taylor, D. (2000). *Going Lean*. Lean Enterprise Research Centre.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2008). *Factory Physics* (Third Edit).
- Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*.
- IEA. (2000). Human Factors/Ergonomics (HF/E). Retrieved from International Ergonomics Association website: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (Second). McGraw-Hill.
- LEI. (2012). Standardized Work Combination Sheet. Retrieved November 2, 2020, from Lean Enterprise Institute website: <https://www.lean.org/common/display/?o=2188>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Lamb, T. (2002). What is Lean Ship Construction and Repair? *Journal of Ship Production*, 18(3), 121–142.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development.

*Academy of Management.*

- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012). Do Lean Methodologies include ergonomic tools? *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO2012)*, (1996), 350–356. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/18877>
- Manos, T. (2006). *Value Stream Mapping—an Introduction*. Retrieved from <http://faculty.washington.edu/apurva/502/Readings/Lean/value-stream-mapping-an-introduction-lean.pdf>
- McIntosh, R., Culley, S., Gest, G., Mileham, T., & Owen, G. (1996). An assessment of the role of design in the improvement of changeover performance. *International Journal of Operations and Production Management*, 16(9), 5–22. <https://doi.org/10.1108/01443579610125552>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time* (Fourth Edi). CRC Press.
- Moreira, A. C., & Garcez, P. M. T. (2013). Implementation of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in Small to Medium-Sized Enterprises: A Portuguese Case Study. *International Journal of Management*, 30(1), 66.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. *Productivity Press*, p. 152. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Olave, M. E. L., & Neto, J. A. (2001). Redes de cooperação produtiva: uma estratégia de competitividade e sobrevivência para pequenas e médias empresas. *Gestão & Produção*.
- Patel, V. C., & Thakkar, H. (2014). Review on Implementation of 5S in Various Organization. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(3), 774–779.
- Rahani, A. R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production flow analysis through Value Stream Mapping: A lean manufacturing process case study. *Procedia Engineering*, 41(Iris), 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Ribeiro, L., Moreira, F., Alves, A. C., & Ferreira, M. (2013). Applying standard work in a paint shop of wood furniture plant: A case study. *22nd International Conference on Production Research*.
- Rohac, T., & Januska, M. (2014). Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study. *25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation*.
- Rossini, M., Costa, F., Audino, F., & Cifone, F. D. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*.
- Santos, M., Almeida, A., Lopes, C., & Oliveira, T. (2019). Tapetes de Descanso e Fatores de Risco Laborais- qual a Evidência? *Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional*, 7. Retrieved from <https://www.rpso.pt/tapetes-de-descanso-e-fatores-de-risco-laborais-qual-a-evidencia/>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th Editio).
- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean for Dummies*. Wiley Publishing, Inc.
- Shararah, M. A., El-Kilany, K. S., & ElSayed, A. E. (2010). *Component Based Modeling and Simulation of Value Stream Mapping for Lean Production Systems*. Alexandria, Egypt.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED System Translated by*. Productivity Press.
- Stewart, T. A., & Raman, A. P. (2007). Lessons from Toyota's Long Drive. *Harvard Business Review*.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management \_ Taylor, Frederick Winslow, 1856-1915 \_ Free Download & Streaming \_ Internet Archive*. 154. Retrieved from <https://archive.org/details/principlesofscie00taylrich/page/14>
- Warnecke, H. J., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*,

41, 37–43.

- Westbrook, R. (1995). Action research: a new paradigm for research in production and operations management. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack, J P, & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, James P, Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. *World*, pp. 1–11. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)
- Woolf, A. (2008). *A Short History of the World*. Arcturus Publishing.
- Yash, D., & Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2), 66–87.

## ANEXO 1 – CHECKLIST 5S

AUDITORIA 5S						
SECÇÃO: Extrusão – Prensa 4			DATA:			
EMPRESA: Navarra – Extrusão de alumínio			AUDITOR:			
1S	Descrição da situação	Avaliação				
		1	2	3	4	5
SEIRI (triagem)	Existem materiais que não são necessários na secção?					
	Existem máquinas ou outros equipamentos que não são utilizados?					
	Existem ferramentas, jigs, dies, entre outros, que não são utilizados?					
	Estão claramente identificados os itens que não são necessários?					
	Existem procedimentos ou instruções de trabalho que estão desatualizados?					
<b>Total Parcial 1S</b>						
2 S	Descrição da situação	Avaliação				
		1	2	3	4	5
SEITON (organização)	Existem áreas demarcadas com placas de identificação?					
	Existem marcas no chão que indicam claramente os corredores e áreas de arrumação?					
	Todos os materiais e equipamentos essenciais à produção têm um local bem definido e estão corretamente marcados e acondicionados, sendo mais fácil a sua identificação e utilização?					
	As ferramentas estão organizadas de modo a que seja mais fácil para pegar nelas e voltar a arrumá-las?					
	Existem objetos espalhados na área?					
<b>Total Parcial 2S</b>						
3 S	Descrição da situação	Avaliação				
		1	2	3	4	5
SEISO (limpeza)	O chão está limpo, sem sujidade, desperdícios, água ou óleo?					
	O chão e as paredes não apresentam sinais de deterioração?					
	As máquinas são limpas com regularidade?					
	Os equipamentos são revistos pela manutenção regularmente?					
	Existe alguém responsável por inspecionar e verificar as operações de limpeza?					
<b>Total Parcial 3S</b>						
Legenda para a avaliação:						
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		
Muito mau	Mau	Médio	Bom	Muito bom		

Figura 46 - Checklist 5S (1ª página)

## AUDITORIA 5S

**SECÇÃO:** Extrusão – Prensa 4

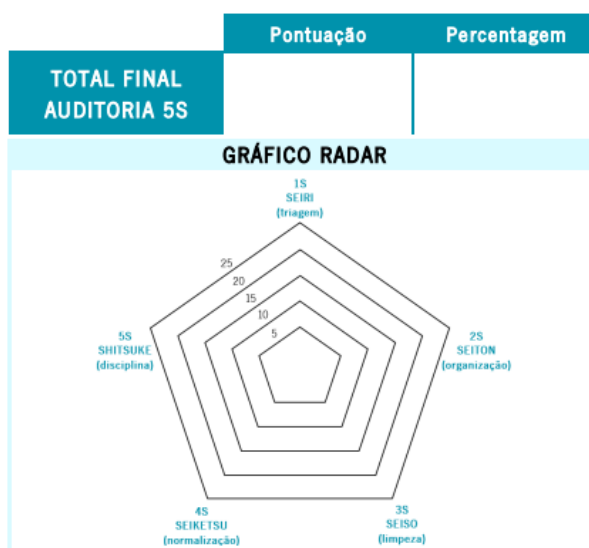
**DATA:**

**EMPRESA:** Navarra – Extrusão de alumínio

**AUDITOR:**

4 S	Descrição da situação	Avaliação				
		1	2	3	4	5
<b>SEIKETSU</b> (normalização)	São geradas novas ideias e sugestões?					
	As novas ideias são implementadas e cumpridas?					
	Existem procedimentos standard documentados, de forma clara, e usados ativa e corretamente?					
	Existem planos de melhoria contínua na secção?					
	Os primeiros 3 S's estão a ser mantidos?					
<b>Total Parcial 4S</b>						

5 S	Descrição da situação	Avaliação				
		1	2	3	4	5
<b>SHITSUKE</b> (disciplina)	Os operários estão todos formados sobre os procedimentos standard?					
	Os procedimentos estão atuais e são regularmente revistos?					
	Os quadros de equipa são preenchidos corretamente e na sua totalidade todas as semanas?					
	A evolução da secção em termos de 5 S está visível num gráfico, para aumento da motivação?					
	São efetuadas auditorias regulares ao bom funcionamento do departamento?					
<b>Total Parcial 5S</b>						



**Legenda para a avaliação:**

<b>1</b> Muito mau	<b>2</b> Mau	<b>3</b> Médio	<b>4</b> Bom	<b>5</b> Muito bom
-----------------------	-----------------	-------------------	-----------------	-----------------------

Figura 47 - Checklist 5S (2ª página)



## ANEXO 2 – IT: CICLOS DE LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DA PREENSA 4



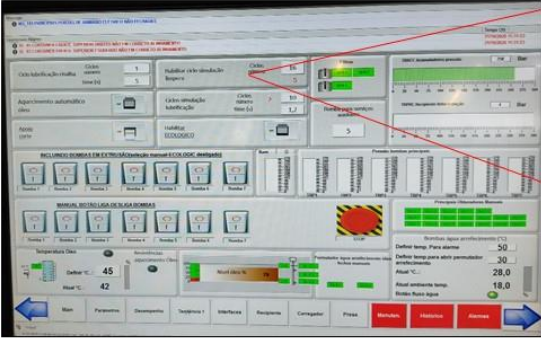
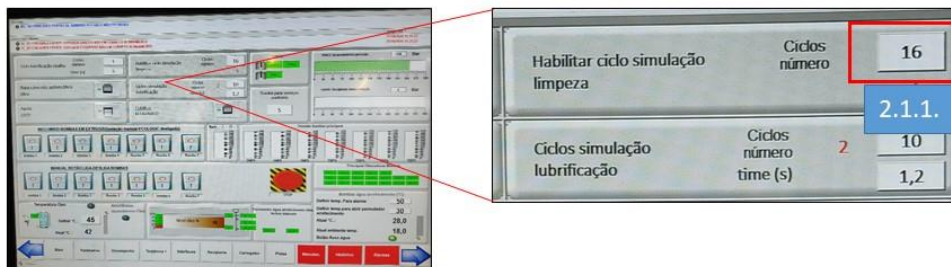
	INSTRUÇÃO DE TRABALHO - SGQA <b>IT 386 – Nº de Ciclos de Limpeza e Lubrificação da Ponteira – P4</b>	Revisão: 0 xx/xx/2020								
<b>Aplicável:</b> PRODUÇÃO <input type="checkbox"/> [ANOD <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> EMB <input type="checkbox"/> EXP <input type="checkbox"/> EXT <input checked="" type="checkbox"/> LAC <input type="checkbox"/> LH <input type="checkbox"/> LM <input type="checkbox"/> LV <input type="checkbox"/> LI <input type="checkbox"/> MAN <input type="checkbox"/> MAQ <input type="checkbox"/> QUA <input type="checkbox"/> RT <input type="checkbox"/> STOCK <input type="checkbox"/> ] ADF <input type="checkbox"/> AMB <input type="checkbox"/> CGMC <input type="checkbox"/> CI <input type="checkbox"/> CMP <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> MKT <input type="checkbox"/> PLA <input type="checkbox"/> RH <input type="checkbox"/> SGQA <input type="checkbox"/> SHST <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>										
<b>Objetivo:</b> Garantir que o número de ciclos de limpeza e lubrificação da ponteira da P4 se processa de acordo com os parâmetros definidos.										
<b>Procedimento:</b>										
<b>Quem?</b>										
1. Operador de Prensa.										
<b>O quê?</b>										
1. O número de ciclos de limpeza é 16 e o número de ciclos de lubrificação é 10.										
<b>Como?</b>										
1. No monitor da prensa, clicar em “Hidráulicos” (1).										
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px 5px;">1</span>                  Hidráulicos             </div>									
2. Verificar se os valores em (2) se encontram iguais ao definido.										
	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <span style="background-color: #0070C0; color: white; padding: 2px 5px;">2</span> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Habilitar ciclo simulação limpeza</td> <td style="padding: 2px;">Ciclos número</td> <td style="border: 1px solid red; padding: 2px; text-align: center;">16</td> </tr> </table> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Ciclos simulação lubrificação</td> <td style="padding: 2px;">Ciclos número</td> <td style="border: 1px solid red; padding: 2px; text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 2px;">time (s)</td> <td style="padding: 2px; text-align: center;">1,2</td> </tr> </table> </div> </div>	Habilitar ciclo simulação limpeza	Ciclos número	16	Ciclos simulação lubrificação	Ciclos número	10		time (s)	1,2
Habilitar ciclo simulação limpeza	Ciclos número	16								
Ciclos simulação lubrificação	Ciclos número	10								
	time (s)	1,2								
PG 01.03/03	1/2									

Figura 48 - IT ciclos limpeza e lubrificação P4 (1ª página)

2.1. Se não, efetuar os seguintes passos:

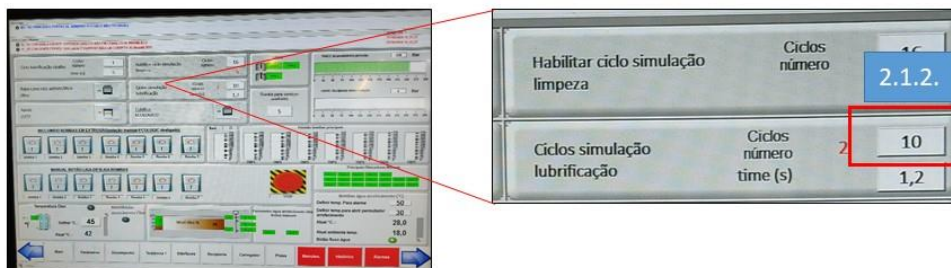
2.1.1. Em "Habilitar ciclo simulação limpeza", clicar em "Ciclos número"(2.1.1.).



2.1.1.1. Definir como "16" ciclos, e clicar em "Invio".



2.1.2. Em "Ciclos simulação lubrificação", clicar em "Ciclos número"(2.1.2.).



2.1.2.1. Definir como "10" ciclos, e clicar em "Invio".



Figura 49 - IT ciclos limpeza e lubrificação P4 (2ª página)

### ANEXO 3 – PARÂMETROS INICIAIS DOS *HIGH RUNNERS*

Tabela 39 - Tabela de parâmetros iniciais dos *High Runners*

PERFIL	SAÍDAS	TEMPERATURA	VELOCIDADE	BILETE	TIRADA	PATELA	BARRAS	PULLER	CORTE	PONTAS	DISTÂNCIA
NX720014	2	480/450/420/340/ 250/160	17	835	41,8	14	23 x 2	37	1728	2000	130
NZ949006	1	480/460/450	18	770	31,2	20	7 x 1	33	3960	3500	115
				820	34,7		7 x 1		4460		
				820	33,9		6 x 1		5060		
				825	32,8		5 x 1		5860		
				780	30,9		4 x 1		6860		
NZ949036	1	470/450/450	14	780	43,6	25	11 x 1	33	3690	3000	110
				760	42,4		10 x 1		3940		
				730	40,7		9 x 1		4190		
				770	43		9 x 1		4440		
				770	43,2		8 x 1		5020		
				780	43,7		7 x 1		5820		
				740	40,9		6 x 1		6320		
				780	43,9		6 x 1		6820		
NZ036020	1	500/480/460	16	580	29,2	28	5 x 1	33	5340	2500	115
				590	29,8		5 x 1		5460		
				600	30,4		5 x 1		5570		
				630	31,6		5 x 1		5830		
				650	33,1		5 x 1		6110		
				720	35		5 x 1		6500		
NZ949007	1	480/460/450	16	820	39,1	30	9 x 1	33	3960	3500	115
				820	39,2		8 x 1		4460		
				820	38,9		7 x 1		5060		
				820	38,7		6 x 1		5860		
				810	37,8		5 x 1		6860		
NZ949004	1	480/460/450	14	660	46,5	25	11 x 1	33	3950	3000	110/160
				660	47,5		10 x 1		4450		
				640	45,1		9 x 1		4680		
NY467007	2	470/450/445	18	795	41	20	7 x 2	37	5500	2500/ 3000	105/110
NZ949010	6	480/470/460/430/ 385/330	18	930	43,9	14	7 x 6	60	5980	2000	80
				950	46		7 x 6		6290		
NY659070	1	450/435/425/415/ 385/355/315/265	18	1275	58	30	11 x 1	75	5000	3000	180
NY937042	1	460/445/435/425/ 395/365/325/275	22	700	56,7	30	11 x 1	80	4930	2000/ 2500	190
				725	59,8		9 x 1		6420		
				675	55,5		8 x 1		6690		
				720	58,5		8 x 1		7000		
				645	52,3		5 x 1		9960		
				675	55		5 x 1		10500		
				735	60		5 x 1		11500		
				1290	109,6		8 x 1		13200		
				675	55,2		4 x 1		13300		
				1350	112		8 x 1		13500		
NZ036031	2	440/425/415/405/ 375/345/305/255	18	1360	58,5	35	11 x 2	80	5080	3000	190
				1360	58,5		8 x 2		7040		
				1400	60,5		7 x 2		8350		
				1400	60,6		6 x 2		9760		
				1290	55,2		4 x 2		13290		
NZ036031	1	440/425/415/405/ 375/345/305/255	17	1100	61,5	35	9 x 1	80	6500	3000	190

## ANEXO 4 – PARÂMETROS FINAIS DOS *HIGH RUNNERS*

Tabela 40 - Tabela de parâmetros finais dos *High Runners*

PERFIL	SÁIDAS	TEMPERATURA	VELOCIDADE	BILETE	TIRADA	PATELA	BARRAS	PULLER	CORTE	PONTAS	DISTÂNCIA
NX720014	2	480/450/420/ 340/250/160	20	835 (± 40)	41,8	12 (± 10)	23 x 2	37	1728	2000	130 (± 20)
NZ949006	1	480/460/450	20	830 (± 40) 820 (± 40) 820 (± 40) 820 (± 40) 780 (± 40)	35,2 34,7 33,9 32,8 30,9	18 (± 10)	8 x 1 7 x 1 6 x 1 5 x 1 4 x 1	33	3960 4460 5060 5860 6860	3500	115 (± 20)
NZ949036	1	470/450/450	18	780 (± 40) 820 (± 40) 805 (± 40) 770 (± 40) 770 (± 40) 780 (± 40) 740 (± 40) 780 (± 40)	43,6 46,3 44,9 43 43,2 43,7 40,9 43,9	22 (± 10)	11 x 1 11 x 1 10 x 1 9 x 1 8 x 1 7 x 1 6 x 1 6 x 1	33	3690 3940 4190 4440 5020 5820 6320 6820	3000	130 (± 20)
NZ036020	1	480/460/440	20	780 (± 40) 825 (± 40) 775 (± 40) 780 (± 40) 790 (± 40) 745 (± 40) 775 (± 40) 780 (± 40) 790 (± 40) 805 (± 40) 810 (± 40) 810 (± 40) 815 (± 40) 820 (± 40) 735 (± 40) 750 (± 40) 770 (± 40) 770 (± 40) 720 (± 40) 725 (± 40) 730 (± 40) 735 (± 40) 735 (± 40) 740 (± 40)	39,1 42,1 39,1 39,4 39,8 37,6 39,3 39,4 39,9 40,7 40,8 41,1 41,2 41,5 37 37,5 38,7 39,2 35 35,1 35,2 36,4 37 37,2	25 (± 10)	10 x 1 10 x 1 8 x 1 8 x 1 8 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 7 x 1 6 x 1 6 x 1 6 x 1 6 x 1 5 x 1 5 x 1 5 x 1 5 x 1 5 x 1 5 x 1	33	3660 3960 4570 4610 4660 5010 5260 5270 5340 5460 5470 5520 5530 5570 5750 5830 6030 6110 6500 6520 6530 6780 6900 6930	2500	115 (± 20)
NZ949007	1	480/460/450	20	820 (± 40) 820 (± 40) 820 (± 40) 820 (± 40) 820 (± 40)	39,1 39,2 38,9 38,7 37,8	25 (± 10)	9 x 1 8 x 1 7 x 1 6 x 1 5 x 1	33	3960 4460 5060 5860 6860	3500	115 (± 20)
NZ949004	1	480/460/450	18	660 (± 40) 660 (± 40) 640 (± 40) 610 (± 40) 615 (± 40) 590 (± 40) 620 (± 40)	46,5 47,5 45,1 43,3 43,9 42 44	22 (± 10)	11 x 1 10 x 1 9 x 1 8 x 1 7 x 1 6 x 1 6 x 1	33	3950 4450 4680 5040 5840 6500 6840	3000	130 (± 20)
NY467007	2	470/450/445	22	795 (± 40)	41,5	18 (± 10)	7 x 2	37	5500	3000	110 (± 20)

NZ949010	6	480/470/460/ 430/385/330	24	930 (± 40) 950 (± 40)	43,9 46	12 (± 10)	7 x 6 7 x 6	60	5980 6290	2000	80 (± 20)
NY659070	1	450/435/425/ 415/385/355/ 315/265	20	1275 (± 40)	58	30 (± 10)	11	75	5000	3000	180 (± 20)
NY937042	1	460/445/435/ 425/395/365/ 325/275	25	1345 (± 40)	111,5	30 (± 10)	22 x 1	80	4930	1500	190 (± 20)
	1385 (± 40)			114,8	22 x 1		5080				
	2		24	1280 (± 40)	106		20 x 1		5150		
				1285 (± 40)	106,6		20 x 1		5180		
				1365 (± 40)	113		20 x 1		5500		
				1390 (± 40)	115		20 x 1		5600		
				1280 (± 40)	105,7		16 x 1		6420		
				1330 (± 40)	110,1		16 x 1		6690		
				1340 (± 40)	110,9		16 x 1		6740		
				1365 (± 40)	113		16 x 1		6876		
				1390 (± 40)	115		16 x 1		7000		
				1400	116		14 x 1		8070		
				1370 (± 40)	113,4		12 x 1		9200		
				1195 (± 40)	98,9		10 x 1		9590		
				1240 (± 40)	102,6		10 x 1		9960		
				1305 (± 40)	108		10 x 1		10500		
				1140 (± 40)	94,5		8 x 1		11440		
				1145 (± 40)	94,8		8 x 1		11470		
				1145 (± 40)	95		8 x 1		11500		
				1195 (± 40)	99		8 x 1		12000		
				1245 (± 40)	103		8 x 1		12500		
				1285 (± 40)	106,4		8 x 1		12920		
				1310 (± 40)	108,6		8 x 1		13200		
				1320 (± 40)	109,4		8 x 1		13300		
				1340 (± 40)	111		8 x 1		13500		
				1335 (± 40)	57,4		11 x 2		5080		
				1315 (± 40)	56,5		10 x 2		5500		
				1335 (± 40)	57,5		10 x 2		5600		
				1305 (± 40)	56,1		8 x 2		6820		
				1340 (± 40)	57,8		8 x 2		7040		
				1390 (± 40)	60		7 x 2		8350		
				1395 (± 40)	60,2		7 x 2		8380		
				1400	61		7 x 2		8500		
				1235 (± 40)	53,1		6 x 2		8600		
				1390 (± 40)	60,1		6 x 2		9760		
				1215 (± 40)	51,9		5 x 2		10080		
				1360 (± 40)	58,7		5 x 2		11440		
				1280 (± 40)	54,7		4 x 2		13290		
				1300 (± 40)	55,5		4 x 2		13500		
NZ036031	1	440/425/415/ 405/375/345/ 305/255	24	980 (± 40) 975 (± 40) 1020 (± 40) 1025 (± 40) 960 (± 40) 1000 (± 40) 1020 (± 40) 960 (± 40)	60,8 60,5 63,4 63,8 58,8 61,5 63,3 58,9	30 (± 10)	16 x 1 14 x 1 12 x 1 11 x 1 9 x 1 9 x 1 9 x 1 8 x 1	80	3610 4110 5030 5530 6200 6500 6700 6980	3000	190 (± 20)

## ANEXO 5 – EXEMPLO DE UMA RECEITA DE PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DE EXTRUSÃO

### Parâmetros Produção Extrusão

*Extrusion Productive Parameters  
Paramètres Production d'extrusion*

NY467007  
Corte - 5500



<b>Parâmetro Produção</b>	<b>Valor</b>	<b>tol</b>
Liga / Fornecedor	-	
Comprimento corte bilette	795 mm	± 40 mm
Temperatura bilette – Zona 7	-	
Temperatura bilette – Zona 6	-	
Temperatura bilette – Zona 5	-	
Temperatura bilette – Zona 4	-	
Temperatura bilette – Zona 3	445	
Temperatura bilette – Zona 2	450	
Temperatura bilette – Zona 1	470	
Temperatura bilette – Zona Booster	-	
Patela	18	± 10 mm
Arrefecimento Superior	-	
Arrefecimento Inferior	-	
Arrefecimento lateral esquerdo	-	
Arrefecimento lateral direito	-	
Força Puller	37	
Velocidade Extrusão	22	
Temperatura à boca da prensa (após extrusão)	-	
Temperatura após túnel de arrefecimento	-	
Comprimento tirada	41,5	
Barras a cortar	7 x 2	
Distância esticamento	110	± 20 mm
Pontas de esticamento	3000	
Δt [inicio extrusão – entrada forno]	-	
Programa forno	4	
Horas de estágio forno		
Temperatura forno		

PG05.26

revisão 1 data 16/05/2019  
review date  
révision date

Figura 50 - Receita de parâmetros de produção de extrusão do perfil NY467007

## ANEXO 6 – STANDARD WORK COMBINATION TABLE (PRENSA 1)

- Processo de registo dos parâmetros de extrusão no computador

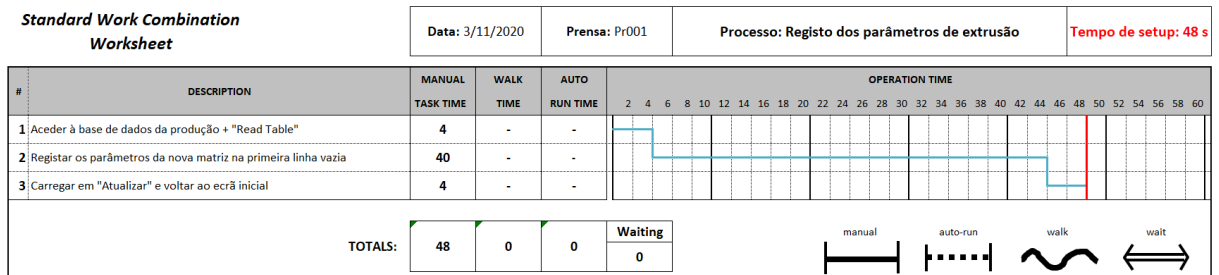


Figura 51 - SWCT de registo de parâmetros no computador na prensa 1

- Processo de mudança de uma matriz

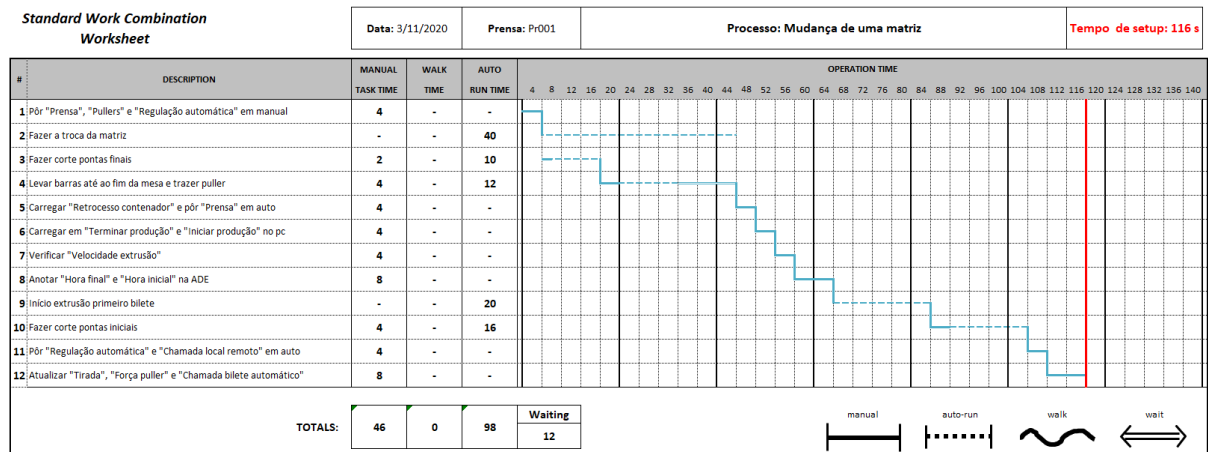


Figura 52 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 1

- Processo na extrusão dos dois últimos *billetes* de uma matriz

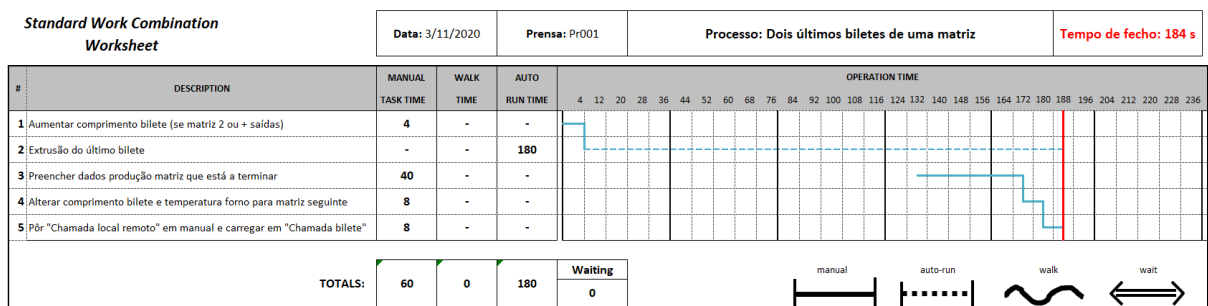


Figura 53 - SWCT dos dois últimos *billetes* de uma matriz na prensa 1

## ANEXO 7 – STANDARD WORK COMBINATION TABLE (PRENSA 2)

- Processo de registo dos parâmetros de extrusão no computador

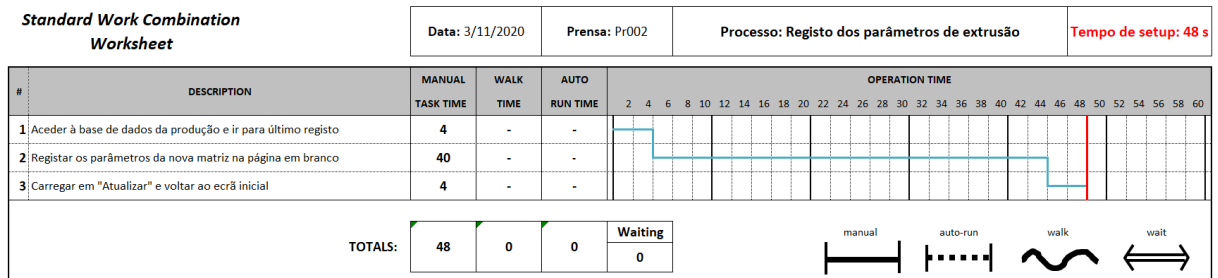


Figura 54 - SWCT de registo de parâmetros no computador na prensa 2

- Processo de mudança de uma matriz

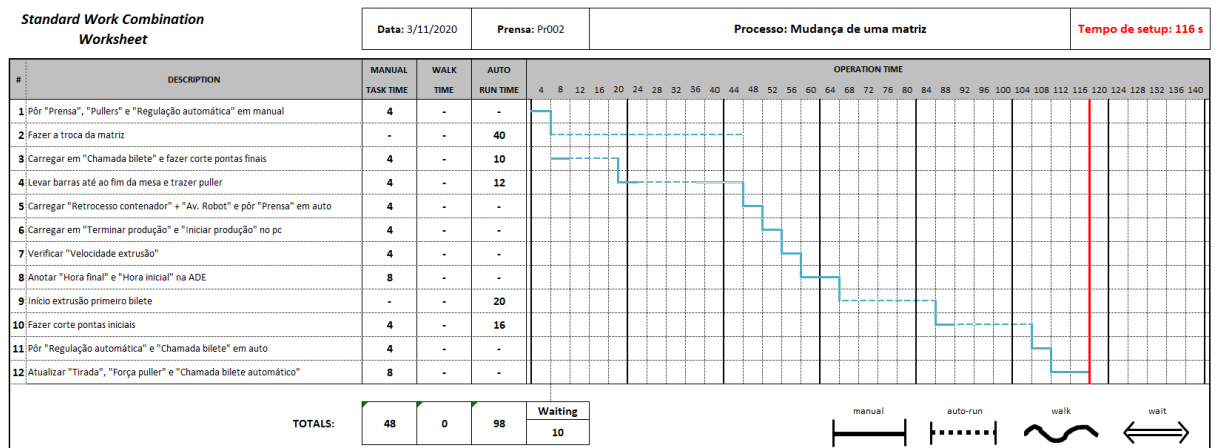


Figura 55 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 2

- Processo na extrusão dos dois últimos *billetes* de uma matriz

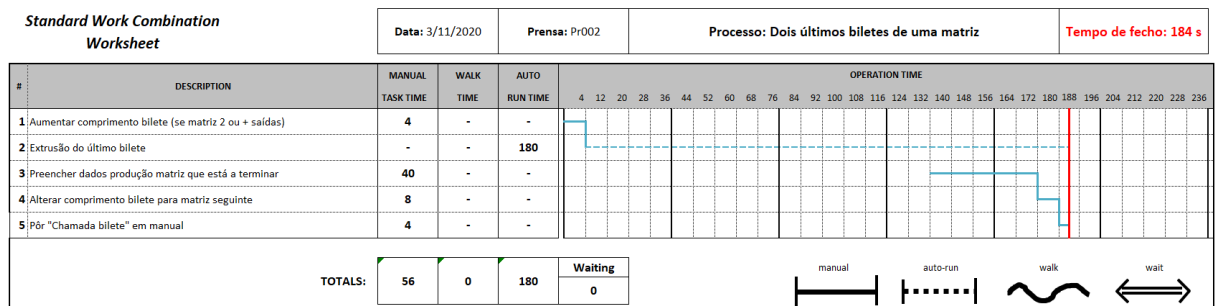


Figura 56 - SWCT dos dois últimos *billetes* de uma matriz na prensa 2



## ANEXO 8 – STANDARD WORK COMBINATION TABLE (PRENSA 3)

- Processo de mudança de uma matriz

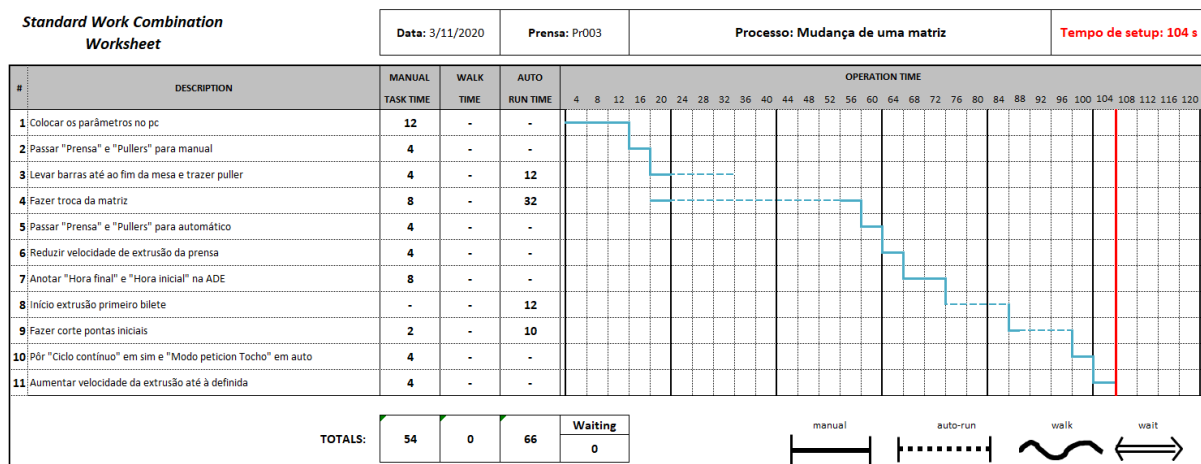


Figura 57 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 3

- Processo na extrusão do último *bilete* de uma matriz

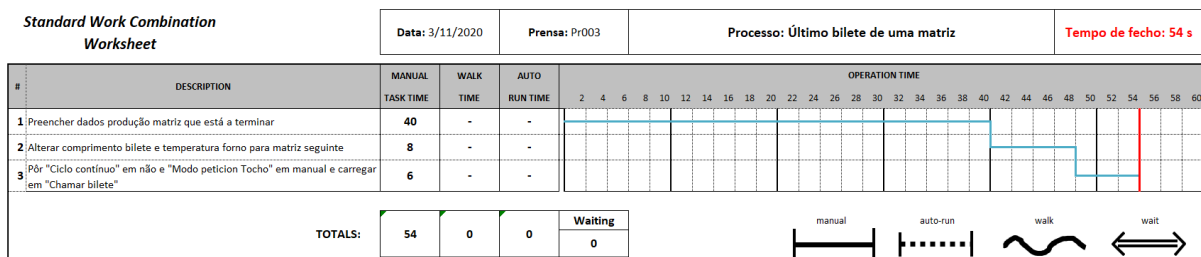


Figura 58 - SWCT do último *bilete* de uma matriz na prensa 3

## ANEXO 9 – STANDARD WORK COMBINATION TABLE (PRENSA 4)

- Processo de mudança de uma matriz

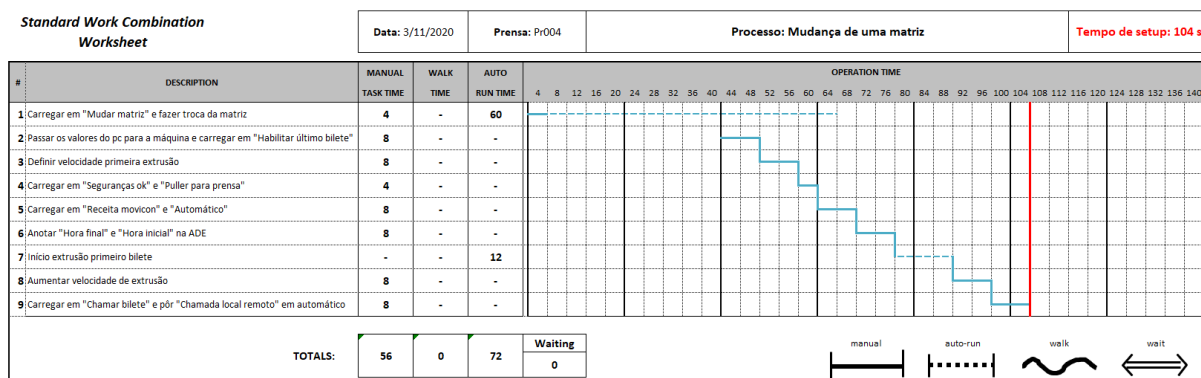


Figura 59 - SWCT de mudança de uma matriz na prensa 4

- Processo na extrusão dos dois últimos *billetes* de uma matriz

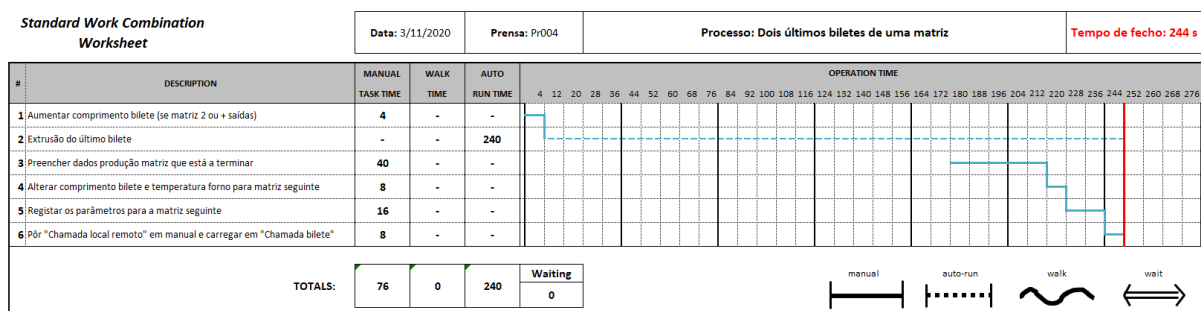


Figura 60 - SWCT dos dois últimos *billetes* de uma matriz na prensa 4

## ANEXO 10 – IT: REGISTO DE PARÂMETROS NO COMPUTADOR (PRENSA 1)



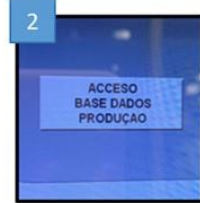
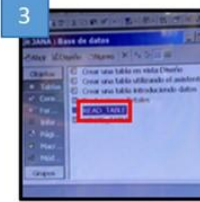
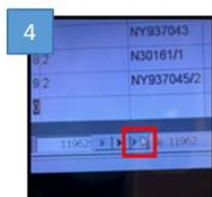
	INSTRUÇÃO DE TRABALHO - SGQA <b>IT XXX – Registo de Parâmetros de Extrusão - P1</b>	Revisão: 0 xx/xx/2020
<b>Aplicável:</b> PRODUÇÃO <input type="checkbox"/> [ ANOD <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> EMB <input type="checkbox"/> EXP <input type="checkbox"/> EXT <input checked="" type="checkbox"/> LAC <input type="checkbox"/> LH <input type="checkbox"/> LM <input type="checkbox"/> LV <input type="checkbox"/> LI <input type="checkbox"/> MAN <input type="checkbox"/> MAQ <input type="checkbox"/> QUA <input type="checkbox"/> RT <input type="checkbox"/> STOCK <input type="checkbox"/> ] ADF <input type="checkbox"/> AMB <input type="checkbox"/> CGMC <input type="checkbox"/> CI <input type="checkbox"/> CMP <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> MKT <input type="checkbox"/> PLA <input type="checkbox"/> RH <input type="checkbox"/> SGQA <input type="checkbox"/> SHST <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>		
<b>Objetivo:</b> Garantir a normalização do processo de registo de parâmetros de extrusão na prensa 1.		
<b>Procedimento:</b>		
<b>Quem?</b>		
1. O registo fica a cargo do Operador de Prensa.		
<b>Quando?</b>		
1. Registo dos parâmetros das várias matrizes que vão ser extrudidas ao longo de um dia têm que ser inseridos no computador antes de se iniciar a produção das mesmas.		
<b>Como?</b>		
1. Inserir os parâmetros da várias matrizes, de acordo com a ordem de produção, efetuando os seguintes passos:		
a) Carregar em “Planificação produção” (1);		
		
b) Carregar em “Acesso base dados produção” (2);		
		
c) Carregar em “Read Table” (3);		
		
PG 01.03/03	1/2	

Figura 61 - IT registo de parâmetros P1 (1ª página)

d) Carregar na última seta para ir para o último registo (4);



e) Registrar a nova matriz na linha vazia, colocar "1" no parâmetro "kg/m" e nos parâmetros "consigna" colocar "0" (5);



f) Minimizar a tabela;

g) Carregar em "Atualizar" (6);



h) Carregar na seta do lado esquerdo para voltar ao ecrã inicial.

Figura 62 - IT registo de parâmetros P1 (2ª página)

## ANEXO 11 – IT: MUDANÇA DE UMA MATRIZ (PRENSA 1)






	INSTRUÇÃO DE TRABALHO - SGQA <b>IT XXX – Mudança de Matriz – P1</b>	Revisão: 0 xx/xx/2020
<b>Aplicável:</b> PRODUÇÃO <input type="checkbox"/> [ANOD <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> EMB <input type="checkbox"/> EXP <input type="checkbox"/> EXT <input checked="" type="checkbox"/> LAC <input type="checkbox"/> LH <input type="checkbox"/> LM <input type="checkbox"/> LV <input type="checkbox"/> LI <input type="checkbox"/> MAN <input type="checkbox"/> MAQ <input type="checkbox"/> QUA <input type="checkbox"/> RT <input type="checkbox"/> STOCK <input type="checkbox"/> ] ADF <input type="checkbox"/> AMB <input type="checkbox"/> CGMC <input type="checkbox"/> CI <input type="checkbox"/> CMP <input type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> MKT <input type="checkbox"/> PLA <input type="checkbox"/> RH <input type="checkbox"/> SGQA <input type="checkbox"/> SHST <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>		
<b>Objetivo:</b> Garantir a normalização do processo de mudança de uma matriz na prensa 1.		
<b>Procedimento:</b>		
<b>Quem?</b>		
1. A tarefa fica a cargo do Operador de Prensa.		
<b>Como?</b>		
1. Quando termina a extrusão de uma matriz, efetuar os seguintes passos:		
a) Passar “PRENSA” para manual (1);		
b) Passar o puller “O” para manual (2);		
c) Passar o puller “SEMI-AUT” para o centro (3);		
d) Passar “REGULAÇÃO AUTOMÁTICA” para manual (4);		
PG 01.03/03	1/7	

Figura 63 - IT mudança de matriz P1 (1ª página)

**2. Enquanto é feita a troca da matriz, no painel ao lado da prensa, efetuar os seguintes passos:**

- a) Carregar em “AVANÇO” para levar as barras até à serra (5);



- b) Carregar em “DESPONTES” para cortar a ponta final (6);



- c) Carregar em “AVANÇO” para o puller levar as barras até ao fim da mesa (5);



- d) Largar as barras usando os botões “ASAS” e “PINÇAS” (7);



- e) Carregar em “MESA MANUAL” (8);



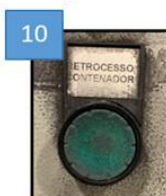
Figura 64 - IT mudança de matriz P1 (2ª página)

- f) Carregar em “RETR.RAPIDO”, para trazer o puller até ao início da mesa (9);



**3. Quando o primeiro bilete da nova matriz está pronto para entrar, efetuar os seguintes passos:**

- a) Carregar em “RETROCESSO CONTENADOR” (10);



- b) Passar “PRENSA” para automático (11);



- c) Carregar em “FIN PRODUC.” e logo de seguida “INICIO PRODUC.” (12);



- d) Verificar se a “VELOCIDADE EXTRUSÃO” (13) está entre “1” e “2”, dependendo se a matriz faz mais ou menos pressão na prensa, e garantindo que a pressão da extrusão não ultrapassa os 220 bar;



Figura 65 - IT mudança de matriz P1 (3ª página)

4. Quando inicia a extrusão, efetuar os seguintes passos:

- a) Preencher a hora final da extrusão anterior e a hora inicial da extrusão que inicia, no PG05.09 – Plano Diário de Extrusão;

**PLANO DIÁRIO DE EXTRUSÃO**

PRENSA: \_\_\_\_\_  
Página: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_\_

PERFIL (DESENHO)	MATRIZ		Matriz (ARQUIVO)	PEDIDO (KG)	BILETES QTD.	ALUMÍNIO FURNECEDOR	HORA EXTRUSÃO	BILETES		BARRAS		PRODUÇÃO BRUTA (KG)	OBSERVAÇÕES
	REFERÊNCIA	Nº						QTD.	MEDIDA (MM)	QTD.	QTD.		
1		/											
2		/											
3		/											

*Note: Red boxes in the original image highlight the 'HORA EXTRUSÃO' column and the 'HORA INICIAL DA EXTRUSÃO' and 'HORA FINAL DA EXTRUSÃO' rows in the table.*

- b) Fazer pausa na prensa quando as barras chegam ao puller serra (14);

14



- c) Carregar em “DESPONTES” (15);

15



- d) Carregar em “RETR.RAPIDO” para trazer o puller até as barras (16);

16



- e) Passar o puller “O” para automático e carregar em “TIRO AUT.” (17);

17



Figura 66 - IT mudança de matriz P1 (4ª página)



f) Passar o puller “SEMI-AUT” para automático (18);



g) Retirar pausa da prensa (14);



5. Enquanto está a extrudir o primeiro bilette da nova matriz, efetuar os seguintes passos:

a) Passar a “Chamada Local Remoto” para automático (19);



b) Passar “REGULAÇÃO AUTOMÁTICA” para automático (20);



c) No ecrã ao lado do computador, alterar “Chamada bilette automático” (21);

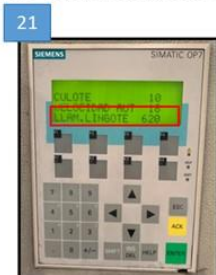


Figura 67 - IT mudança de matriz P1 (5ª página)

- d) No ecrã da mesa do puller (22), alterar a força do puller (com os botões “AUMENTAR” e “DIMINUIR”) e colocar a tirada;



Se for necessário, é possível alterar o comprimento da patela e do bilette aquando da produção, dentro da tolerância, de modo a ajustar às necessidades.

**6. Quando está a extrudir o penúltimo bilette da matriz, efetuar os seguintes passos:**

- a) Aumentar o comprimento para o último bilette, de modo a obter uma tirada com mais 1 metro, permitindo fazer o corte da ponta final (23).



**7. Quando está a extrudir o último bilette da matriz:**

- a) Alterar o comprimento do bilette para o da matriz seguinte (24);

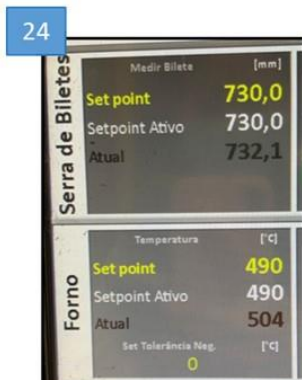


No caso de não ser possível aumentar a tirada em mais 1 metro por esta já atingir o comprimento máximo da mesa, deve ser reduzido um corte na extrusão do último bilette.



Figura 68 - IT mudança de matriz P1 (6ª página)

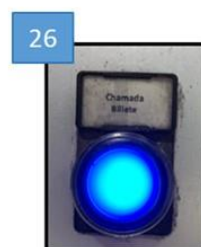
b) Alterar a temperatura do forno para o da matriz seguinte (24);



c) Passar a “Chamada Local Remoto” para manual (25);



d) Carregar “Chamada Bilete” (26) quando está a terminar a extrusão (se a matriz seguinte já estiver pronta para a troca. Caso contrário, chamar bilete apenas quando a matriz já estiver pronta);



e) Preencher os dados relativos à matriz:

- I. Preencher o PG08.21 - *Controlo de Expedições*;
- II. Preencher o PG05.09 – *Plano Diário de Extrusão*;
- III. Preencher o PG05.07 – *Histórico da Matriz*;
- IV. Preencher os dados no Libra (IT XXX).

Figura 69 - IT mudança de matriz P1 (7ª página)

## ANEXO 12 – ESTUDO DO PESO DOS *BILETES* NA PRENSA 4

Tabela 41 - Estudo do peso dos *billetes* na prensa 4

LIGA	LOTE	FORNECEDOR	COMPRI-MENTO TEÓRICO	DIÂMÉ-TR TEÓRICO	KG/MM	PESO TEÓRICO (KG)	PESO REAL (KG)	DIFERENÇA (KG)	PERCENTAGEM
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	953	4,68	0,49%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	953	4,68	0,49%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	957	0,68	0,07%
606090	150318	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	950	7,68	0,80%
6060	180651	Rusal	7000	254	0,1368	957,68	954	3,68	0,38%
6060	180651	Rusal	7000	254	0,1368	957,68	956	1,68	0,18%
6060	180648	Rusal	7000	254	0,1368	957,68	954	3,68	0,38%
6060	180648	Rusal	7000	254	0,1368	957,68	954	3,68	0,38%
6060	180648	Rusal	7000	254	0,1368	957,68	954	3,68	0,38%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	815	5,87	0,71%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	816	4,87	0,59%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	814	6,87	0,84%
6060 HR	54308	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	818	2,87	0,35%
606090	151778	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	952	5,68	0,59%
606090	151778	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	949	8,68	0,91%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	955	2,68	0,28%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	955	2,68	0,28%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	953	4,68	0,49%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	831	0,81	0,10%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	958	0,32	0,03%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	957	0,68	0,07%
608250	151574	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	959	1,32	0,14%
606090	151785	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	953	4,68	0,49%
606090	151785	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	948	9,68	1,01%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	952	5,68	0,59%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	946	11,68	1,22%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	946	11,68	1,22%
606090	147192	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	949	8,68	0,91%
6060 HR	54407	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	825	6,81	0,82%
6060 HR	54407	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	826	5,81	0,70%
606015	149232	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	946	11,68	1,22%

606015	149232	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	949	8,68	0,91%
606015	149232	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	948	9,68	1,01%
606015	149232	Hydro	7000	254	0,1368	957,68	951	6,68	0,70%
6060 HR	54411	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	823	8,81	1,06%
6060 HR	54411	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	825	6,81	0,82%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	828	3,81	0,46%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	826	5,81	0,70%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	830	1,81	0,22%
608224	54092	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	830	1,81	0,22%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	826	5,81	0,70%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	826	5,81	0,70%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	825	6,81	0,82%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	826	5,81	0,70%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
6063-88	54567	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
1050	54679	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	824	7,81	0,94%
1050	54679	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	824	7,81	0,94%
1050	54679	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	824	7,81	0,94%
1050	54679	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	824	7,81	0,94%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	815	5,87	0,71%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	812	8,87	1,08%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	814	6,87	0,84%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	815	5,87	0,71%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	814	6,87	0,84%
6060 HR	54463	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	816	4,87	0,59%
6530	54024	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	825	6,81	0,82%
6530	54024	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	827	4,81	0,58%
6063-88	54459	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	812	8,87	1,08%
6063-88	54459	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	811	9,87	1,20%
6063-88	54459	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	814	6,87	0,84%
6063-88	54459	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	814	6,87	0,84%
6063-88	54459	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
6063-88	54459	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	828	3,81	0,46%
6063-88	54459	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
6063-88	54459	Alcoa	6080	254	0,1368	831,81	829	2,81	0,34%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	812	8,87	1,08%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	810	10,87	1,32%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	810	10,87	1,32%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	810	10,87	1,32%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	810	10,87	1,32%
6060 HR	54731	Alcoa	6000	254	0,1368	820,87	813	7,87	0,96%

## ANEXO 13 – TABELA DE PESOS POR COMPRIMENTO DO *BILETE* NA PRENSA 4

Tabela de Pesos de Bilete (253 mm)



Diâmetro do Bilete: 253,00 mm											
Peso do bilete: 135,74 kg/m											
500	67,87	650	88,23	800	108,59	950	128,95	1100	149,31	1250	169,67
505	68,55	655	88,91	805	109,27	955	129,63	1105	149,99	1255	170,35
510	69,23	660	89,59	810	109,95	960	130,31	1110	150,67	1260	171,03
515	69,90	665	90,26	815	110,62	965	130,99	1115	151,35	1265	171,71
520	70,58	670	90,94	820	111,30	970	131,66	1120	152,02	1270	172,38
525	71,26	675	91,62	825	111,98	975	132,34	1125	152,70	1275	173,06
530	71,94	680	92,30	830	112,66	980	133,02	1130	153,38	1280	173,74
535	72,62	685	92,98	835	113,34	985	133,70	1135	154,06	1285	174,42
540	73,30	690	93,66	840	114,02	990	134,38	1140	154,74	1290	175,10
545	73,98	695	94,34	845	114,70	995	135,06	1145	155,42	1295	175,78
550	74,65	700	95,02	850	115,38	1000	135,74	1150	156,10	1300	176,46
555	75,33	705	95,69	855	116,05	1005	136,41	1155	156,77	1305	177,14
560	76,01	710	96,37	860	116,73	1010	137,09	1160	157,45	1310	177,81
565	76,69	715	97,05	865	117,41	1015	137,77	1165	158,13	1315	178,49
570	77,37	720	97,73	870	118,09	1020	138,45	1170	158,81	1320	179,17
575	78,05	725	98,41	875	118,77	1025	139,13	1175	159,49	1325	179,85
580	78,73	730	99,09	880	119,45	1030	139,81	1180	160,17	1330	180,53
585	79,41	735	99,77	885	120,13	1035	140,49	1185	160,85	1335	181,21
590	80,08	740	100,44	890	120,80	1040	141,17	1190	161,53	1340	181,89
595	80,76	745	101,12	895	121,48	1045	141,84	1195	162,20	1345	182,56
600	81,44	750	101,80	900	122,16	1050	142,52	1200	162,88	1350	183,24
605	82,12	755	102,48	905	122,84	1055	143,20	1205	163,56	1355	183,92
610	82,80	760	103,16	910	123,52	1060	143,88	1210	164,24	1360	184,60
615	83,48	765	103,84	915	124,20	1065	144,56	1215	164,92	1365	185,28
620	84,16	770	104,52	920	124,88	1070	145,24	1220	165,60	1370	185,96
625	84,83	775	105,20	925	125,56	1075	145,92	1225	166,28	1375	186,64
630	85,51	780	105,87	930	126,23	1080	146,59	1230	166,96	1380	187,32
635	86,19	785	106,55	935	126,91	1085	147,27	1235	167,63	1385	187,99
640	86,87	790	107,23	940	127,59	1090	147,95	1240	168,31	1390	188,67
645	87,55	795	107,91	945	128,27	1095	148,63	1245	168,99	1395	189,35
										1400	190,03

Figura 70 - Tabela de pesos por comprimento do *bilete* na prensa

# ANEXO 14 – GRÁFICO 5S PARA O QUADRO DE EQUIPA DA PRENSA 4

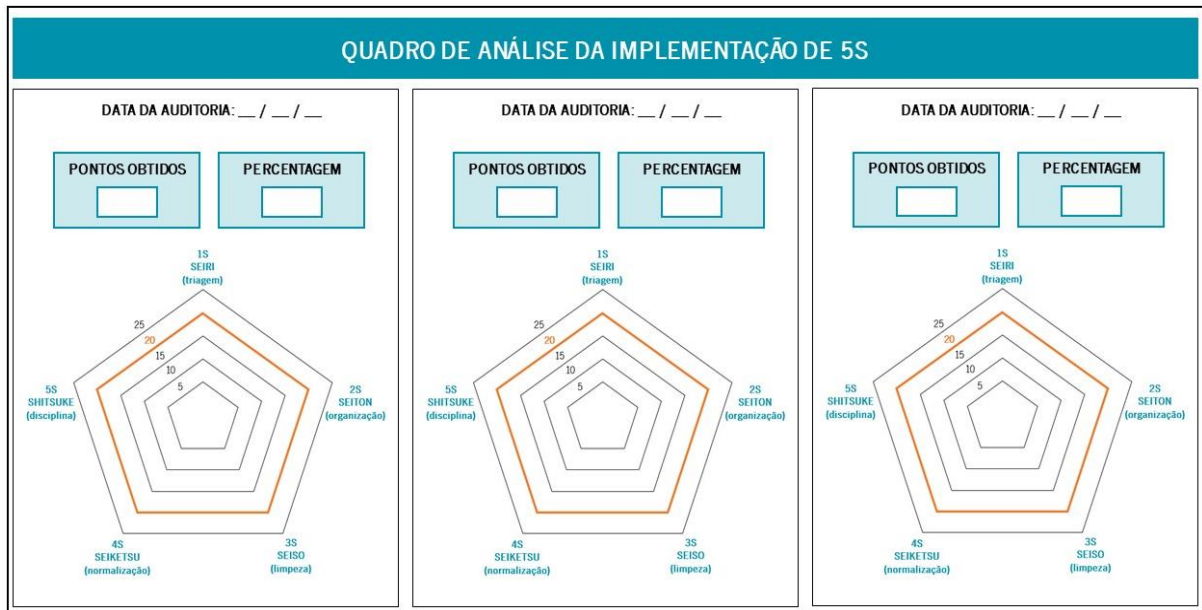


Figura 71 - Gráfico 5S para o quadro de equipa da pren





