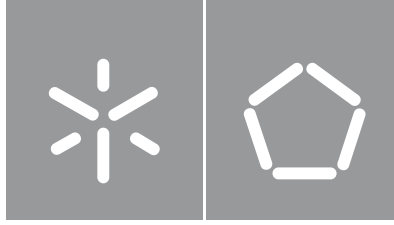




**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

André Costa Martins

**Melhoria do processo produtivo numa  
empresa de fabrico de componentes  
para o ramo automóvel**



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

André Costa Martins

**Melhoria do processo produtivo numa  
empresa de fabrico de componentes  
para o ramo automóvel**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa**

## **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**

O desenvolvimento do projeto descrito nesta dissertação não teria sido possível sem o contributo de algumas pessoas especiais, pelo que aproveito esta oportunidade para lhes agradecer.

Em primeiro lugar, ao meu orientador na empresa, o engenheiro Daniel Monteiro. Obrigado por não me deixares baixar a cabeça e cruzar os braços quando não estava a correr tão bem, por me motivares quando vimos resultados e pelo conhecimento que partilhaste comigo direta e indiretamente. Ter a oportunidade de trabalhar contigo foi a maior sorte.

Agradecer ao meu orientador da universidade, o professor Rui Sousa, pelo apoio na dissertação.

Agradecer também aos colegas estagiários, a Diana e o Rui. Sem vocês, não teria sido a mesma coisa. O bom ambiente no gabinete, as gargalhadas e os desabafos, tornaram o projeto muito mais fácil. Obrigado aos dois!

Ao pai, à mãe, ao irmão e ao tio. Aos amigos chegados, vocês sabem quem são. Obrigado por me ajudarem a sair do fundo no momento mais difícil. Fizeram toda a diferença.

Agradecer à empresa pela oportunidade de realização do projeto. A todas as pessoas com quem me cruzei e que, de uma forma ou de outra, contribuíram. Sem esquecer as trabalhadoras, visto que sem elas não haveria projeto. Obrigado pela confiança e pelo trabalho em equipa. Todos foram sempre atenciosos, e senti-me em casa durante estes seis meses.

## **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 - MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO NUMA EMPRESA DE FABRICO DE COMPONENTES PARA O RAMO AUTOMÓVEL.**

A presente dissertação enquadra-se no Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade do Minho. O projeto foi desenvolvido na empresa FicoCables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais LDA. O objetivo principal do projeto foi a melhoria do desempenho das linhas Multi-Referências 1 e 2, onde são montados cabos de assento para automóveis, através da melhoria do OEE e da redução de custos associados a desperdícios. Houve também um foco em estudar a fiabilidade do indicador OEE. Para atingir estes objetivos foi utilizada a filosofia de produção *lean*.

Analisando o indicador OEE, verificou-se que a velocidade estava inflacionada em 15%, que a disponibilidade não registava corretamente pausas não planeadas, que o tempo médio de *setup* era seis vezes superior ao registado em sistema, e que o método de registo de peças defeituosas era enganador. Quanto às linhas de montagem, inicialmente foi delimitado o alcance do projeto às referências de produto mais relevantes. De seguida, foi feito um levantamento de problemas que poderiam levar à baixa velocidade de ambas as linhas (74% na Multi2 e 60% na Multi1). Na Multi2 havia constantes paragens do posto gargalo, retrabalho de peças, e frequentes e demorados *setups*; e na Multi1, o tempo de ciclo era superior ao *takt time* e havia um problema de segurança. Em ambas, havia um mau balanceamento. Para perceber a raiz dos problemas mais graves, utilizou-se a ferramenta *5 why*.

Na Multi2 foi alterada a máquina, eliminando o defeito sistemático, e com isso foi possível retirar um trabalhador da linha. Foi colocado um quadro de registo de taxa de produção no gargalo, e foi definido um novo balanceamento com recurso a uma matriz de competências. Foram atualizadas as instruções de trabalho. Foram ainda propostos um novo *layout* e a formação de operadoras em *setups*. Na Multi1, através de alterações nas máquinas, foram eliminados o problema de segurança e movimentos sem valor acrescentado no posto Zamak. Foi implementado um novo balanceamento que tirou partido destas alterações. Relativamente à fiabilidade de indicadores, foram propostas alterações ao registo de dados. A velocidade da Multi2 atingiu os 97% após melhorias, e a poupança anual esperada é de 27 000€. Estima-se um ganho de 166h de disponibilidade anual relativa à proposta de formação de trabalhadoras em *setups*. Já na Multi1, o ganho estimado, com o aumento esperado de velocidade de 60% para 90%, é de 14 000€ anuais e de 328h de disponibilidade adicional da linha. As melhorias na Multi1 deram resultados, mas não foi possível acompanhá-las a longo prazo devido a prazos do projeto.

## **PALAVRAS-CHAVE**

OEE, Velocidade, Disponibilidade, Produção *Lean*, Linhas de Montagem

## **ABSTRACT - IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS IN AN AUTOMOTIVE COMPONENTS MANUFACTURING COMPANY.**

The present dissertation is part of the Integrated Masters in Industrial Engineering and Management, at University of Minho. The project was developed in the company FicoCables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais LDA. The primary goal of the project was to improve the performance of the Multi-Reference 1 and 2 assembly lines, where car seat cables are assembled, by improving the OEE and reducing costs associated with waste. There was also a focus on studying the reliability of the OEE indicator. To achieve these objectives, Lean Production was used.

Analysing the OEE indicator, it was found that speed was inflated by 15%, availability did not correctly account for unplanned breaks, the average setup time was six times longer than that recorded in the system, and the method for recording defective parts was misleading.

As for the assembly lines, the scope of the project was initially confined to the most relevant product references. Next, a diagnosis was made of the problems that could lead to a poor production performance of both lines (74% at Multi2 and 60% at Multi1). At Multi2 there were constant stoppages of the bottleneck, rework of parts, and frequent and time-consuming setups; and at Multi1, the cycle time was greater than the takt time and there was a safety problem. In both assembly lines, there was a poor worker balance. To understand the root causes of the most serious problems, the 5whys tool was used.

At Multi2 the machine was changed, eliminating the systematic defect, and with this it was possible to remove a worker from the line. A production rate logging board was placed in the bottleneck, and a new work balance was defined using a competence matrix. Work instructions were updated. A new layout and the training of operators in setups were proposed. At Multi1, the safety problem as well as movements without added value at the Zamak station were eliminated through changes in the machines. A new work balance was implemented that took advantage of these alterations. Regarding the reliability of indicators, changes were proposed to the data recording process.

Multi2's speed reached 97% after improvements, and the expected annual savings are 27 000€. A saving of 166h of annual availability is estimated, regarding the proposal to train workers in setups. At Multi1, the estimated gain, with the expected increase in speed from 60% to 90%, is 14 000€ per year and 268h of availability. The improvements at Multi1 yielded results, but could not be followed up in the long term due to project deadlines.

### **Keywords**

OEE, Performance, Availability, Lean Production, Assembly Lines

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo - Melhoria do processo produtivo numa empresa de fabrico de componentes para o ramo automóvel. ....	v
Abstract - Improvement of the production process in an automotive components manufacturing company. ....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xiv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2 Revisão Bibliográfica .....	6
2.1 Da produção artesanal à produção <i>lean</i> .....	6
2.1.1 Paradigmas de produção artesanal e produção em massa .....	6
2.1.2 Paradigma da produção <i>lean</i> .....	7
2.2 <i>Lean Production</i> .....	9
2.2.1 Casa TPS .....	9
2.2.2 <i>Lean Thinking e The Toyota Way</i> .....	11
2.3 Desperdícios .....	12
2.4 Ferramentas e indicadores relevantes.....	15
2.4.1 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i> .....	15
2.4.2 SIPOC .....	16
2.4.3 Matriz de competências.....	17
2.4.4 <i>5-Whys</i> .....	17
2.4.5 Análise ABC.....	19



2.4.6	<i>Standard Work</i> .....	20
2.4.7	Gestão Visual e 5S.....	20
2.4.8	<i>Single-Minute Exchange of Die</i> .....	21
2.5	Casos de aplicação de metodologias <i>lean</i> .....	22
2.5.1	Melhoria de eficiência em linhas de montagem numa empresa do ramo automóvel....	22
2.5.2	Melhoria de tempos de <i>setup</i> numa empresa do ramo automóvel .....	23
2.5.3	Redução de tempo de ciclo num posto gargalo numa empresa do ramo automóvel ....	24
2.5.4	Melhoria geral do sistema produtivo numa empresa do ramo automóvel .....	24
2.5.5	Análise crítica .....	25
3	Apresentação da empresa.....	27
3.1	Grupo Ficosa International.....	27
3.2	Fico Cables .....	27
3.2.1	História da empresa .....	27
3.2.2	Unidades Autónomas de Produção.....	28
3.2.3	Estrutura de produção .....	29
3.3	Foco do projeto .....	31
4	Descrição e análise do sistema produtivo .....	32
4.1	Descrição das linhas de montagem Multi-Referências 2 e 1 .....	32
4.1.1	Produto fabricado nas linhas Multi-Referências.....	34
4.1.2	Versatilidade das linhas Multi-Referências .....	36
4.2	Análise ABC .....	37
4.2.1	Análise ABC – Multi2.....	37
4.2.2	Análise ABC – Multi1 .....	39
4.3	Análise de tempos.....	40
4.3.1	Análise de tempos – Multi2.....	40
4.3.2	Análise de tempos – Multi1.....	41
4.4	Análise do OEE .....	42
4.4.1	Velocidade.....	43
4.4.2	Qualidade.....	44

4.4.3	Disponibilidade .....	47
4.5	Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria – Multi2.....	51
4.5.1	Excesso de inventário .....	51
4.5.2	Análise de fluxos, tempos, esperas e paragens.....	53
4.5.3	Talento inutilizado.....	56
4.5.4	Transportes e movimentações .....	57
4.5.5	Defeitos ou retrabalhados .....	59
4.6	Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria – Multi1 .....	60
4.6.1	Análise de fluxos, tempos de ciclo e <i>takt time</i> .....	60
4.6.2	Extração de peças no posto Zamak .....	64
4.6.3	Problema de segurança no posto Clipar 1 .....	64
4.7	Resumo de problemas .....	65
5	Propostas de melhoria e implementação .....	67
5.1	Plano de ações 5W2H .....	67
5.2	Ações de melhoria na Multi2 .....	70
5.2.1	Eliminação do defeito sistemático de rebarbas .....	70
5.2.2	Implementação de um novo balanceamento .....	71
5.2.3	Colocação de quadro de linha no gargalo .....	73
5.2.4	Stock para arranque entre turnos.....	73
5.2.5	Atualização dos <i>standards</i> de trabalho .....	74
5.2.6	Proposta de <i>layout</i> .....	74
5.2.7	Formação de trabalhadoras em <i>setups</i> .....	75
5.2.8	Deslocação do contador de peças do <i>MES</i> para o último posto (Etiqueta) .....	76
5.2.9	Remoção e reaproveitamento do tapete rolante .....	77
5.3	Ações de melhoria na Multi1 .....	77
5.3.1	Implementação de extrator pneumático no Zamak .....	77
5.3.2	Implementação de novo balanceamento .....	78
5.3.3	Atualização de <i>standards</i> de trabalho .....	79
5.3.4	Colocação de íman no posto Clipar 1 .....	79

5.4	Ações de melhoria relativas à fiabilidade de dados .....	80
5.4.1	Indicador Disponibilidade .....	80
5.4.2	Indicador Qualidade .....	81
6	Discussão de Resultados .....	82
6.1	Resultados relativos à Multi2 .....	82
6.1.1	Eliminação de retrabalho .....	82
6.1.2	Aumento de velocidade .....	82
6.1.3	Alteração do <i>layout</i> .....	83
6.1.4	Formação sobre <i>setups</i> .....	84
6.2	Resultados relativos à Multi1 .....	85
6.2.1	Implementação de fixação magnética do posto Clipar 1 .....	85
6.2.2	Aumento de velocidade da Multi1 .....	85
6.3	Resultados relativos às propostas sobre fiabilidade de dados .....	87
7	Conclusões .....	88
7.1	Considerações Finais .....	88
7.2	Trabalho Futuro .....	91
	Referências Bibliográficas .....	92
	Apêndice 1 – Registo de defeitos multi2 .....	95
	Apêndice 2 – Secção de uma instruções de setup .....	96
	Apêndice 3 – Instruções de trabalho posto zamak multi2 (antes da alteração) .....	97
	Apêndice 4 – Instruções de trabalho posto zamak multi2 (após alteração) .....	98
	Apêndice 5 – Instruções de trabalho posto abraçadeiras multi1 .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da casa TPS .....	10
Figura 2 - Efeito da quantidade de inventário na identificação de desperdícios .....	13
Figura 3 - Exemplo da ferramenta SIPOC .....	17
Figura 4 - Exemplo da ferramenta 5-Whys .....	18
Figura 5 - Representação gráfica de uma análise ABC .....	19
Figura 6 – Localização das fábricas FICOSA.....	27
Figura 7 – FicoCables, edifício novo (UAP4) .....	28
Figura 8 - Hierarquia do departamento de produção.....	30
Figura 9 - Linha de montagem Multi2.....	32
Figura 10 - Layout da Multi2 .....	33
Figura 11 - Linha de montagem Multi1 .....	33
Figura 12 - Layout da Multi1 .....	34
Figura 13 - Exemplos de referências da Multi2 .....	34
Figura 14 - Exemplos de referências da Multi1 .....	34
Figura 15 - Componentes da ref. 47 (a, b) e conjunto compensador das ref. 848 e 849 (c) .....	35
Figura 16 - Diagrama SIPOC das linhas Multi-Referências.....	36
Figura 17 - Gráfico de Pareto - Referências Multi2 por procura mensal .....	37
Figura 18 - Gráfico de Pareto - Referências Multi1 por procura mensal .....	39
Figura 19 - Tempos de ciclo por posto na Multi2 .....	41
Figura 20 - Tempos de ciclo das operações na Multi1 .....	42
Figura 21 - Gráfico de Pareto de custos relativos a defeitos .....	45
Figura 22 - Gráfico de Pareto relativo a unidades defeituosas .....	46
Figura 23 –Instruções de setup (a) e espaços para armazenamento de ferramentas de setup (b) .....	49
Figura 24 - Análise 5-Why sobre setups demorados.....	50
Figura 25 - Boxplot relativo a inventário em buffer após cada posto .....	51
Figura 26 - Análise 5-Why sobre excesso de WIP nos primeiros postos .....	52
Figura 27 - Diagrama de fluxos de pessoas na Multi2 .....	53
Figura 28 - Tempo de ciclo por operador na Multi2 .....	54
Figura 29 - Análise 5-Whys sobre paragens da máquina Zamak.....	55

Figura 30 - Matriz de competências da Multi2 .....	57
Figura 31 - Exemplo de diferenças entre fluxos de diferentes referências .....	58
Figura 32 - Exemplo de um cabo de aço aberto.....	60
Figura 33 - Diagrama de fluxos de pessoas na Multi1 .....	61
Figura 34 - Tempos de ciclo por trabalhadora na Multi1 .....	62
Figura 35 - Análise 5-Whys sobre output da Multi1 inferior ao esperado .....	63
Figura 36 - Posto Zamak na Multi1 .....	64
Figura 37 - Posto Clipar 1 na Multi1.....	65
Figura 38 - Posto Zamak na Multi2 .....	70
Figura 39 - Tempos de ciclo Multi2 após melhoria.....	71
Figura 40 - Diagrama de fluxos após melhoria.....	72
Figura 41 - Quadro de linha colocado na Multi2 no posto Zamak.....	73
Figura 42 - Exemplar de instrução de trabalho atualizada .....	74
Figura 43 - Proposta de mudança de layout da Multi2 .....	75
Figura 44 - Extrator pneumático implementado na máquina Zamak da Multi1 .....	77
Figura 45 - Diagrama de fluxos Multi1 após melhoria .....	79
Figura 46 - Parte de uma instrução de setup.....	96
Figura 47 - Instruções de trabalho do posto Zamak Multi2 (antes da alteração). .....	97
Figura 48 - Instruções de trabalho do posto Zamak Multi2 (após alteração). .....	98
Figura 49 - Instrução de trabalho do posto Abraçadeiras da Multi1 (por atualizar) .....	99

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Diferença entre sistemas produtivos artesanais, “fordistas” e o TPS .....	8
Tabela 2 - Análise ABC Multi2 .....	37
Tabela 3 - Lista de tarefas e postos Multi2 .....	38
Tabela 4 - Análise ABC Multi1 .....	39
Tabela 5 - Lista de tarefas e postos Multi1 .....	40
Tabela 6 - Indicadores de desempenho da empresa no início do projeto .....	43
Tabela 7 - Velocidade real da linha face ao registado em sistema .....	44
Tabela 8 - Motivos de paragem registados em sistema .....	48
Tabela 9 - Tempos de setup de postos da Multi2.....	49
Tabela 10 - Desperdício em movimentações na Multi2 .....	59
Tabela 11 - Alocação de trabalhadoras aos postos .....	61
Tabela 12 - Plano de ações 5W2H .....	67
Tabela 13 - Tempos de ciclo Multi2 após melhoria .....	71
Tabela 14 - Definição de subequipas de trabalho e alocação de funções às mesmas .....	78
Tabela 15 - Ganhos com aumento de velocidade Multi2 .....	83
Tabela 16 - Ganhos com a alteração de layout Multi2.....	84
Tabela 17 - Ganhos estimado na Multi1 .....	86
Tabela 18 - Ganhos esperados com aumento de velocidade Multi1 (propostas já implementadas, mas por validar a longo prazo) .....	87
Tabela 19 - Registo de defeitos Multi2.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*

5W2H - *Why, Who, Where, When, What, How much, How*

CAP – Célula Autônoma de Produção

FIT - *Ficosa Improvement Transformation*

GAP – Grupo Autônomo de Produção

JIT – *Just-In-Time*

KPI – *Key Performance Indicator*

MES - *Manufacturing Execution System*

Multi1 – Linha de montagem Multi-Referências 1

Multi2 – Linha de montagem Multi-Referências 2

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PPH – Peças por pessoa por hora

SIPOC – *Supplier, Input, Process, Output, Customer*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TC – Tempo de ciclo

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

UAP – Unidade Autônoma de Produção

VSM – *Value Stream Map*

WIP – *Work in Progress*

# **1 INTRODUÇÃO**

O presente projeto foi desenvolvido na empresa FicoCables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais LDA, localizada na Maia, na unidade de montagem de cabos de assento. Neste capítulo será feito o enquadramento do projeto, serão indicados os objetivos do mesmo, a metodologia de investigação utilizada e será apresentada a estrutura da dissertação.

## **1.1 Enquadramento**

Os crescentes desafios da atual concorrência mundial levaram muitas empresas a adotar novas técnicas para produzir bens a fim de competir e sobreviver no mercado. As questões mais fulcrais que os fabricantes enfrentam atualmente são como entregar os seus produtos rapidamente, a baixo custo e com boa qualidade, face ao ritmo de mudança das preferências dos consumidores, potenciadas pelo dinamismo dos mercados e pelo progresso acelerado da tecnologia (Uhrin *et al.*, 2017).

A indústria automóvel tem vindo a passar por diferentes paradigmas de produção ao longo dos tempos. Numa fase embrionária do setor, os automóveis eram construídos por artesãos especializados, que produziam peças únicas e diferentes entre si. Por consequência, cada veículo era também único. A taxa de produção destas primeiras oficinas automóveis era reduzida, e os carros eram um luxo apenas acessível aos mais abastados. No início do século XX, Frederick Taylor introduziu a ideia de melhorar as operações através do estudo e simplificação das mesmas, procurando “a melhor maneira” de fazer algo. Com Taylor, as tarefas tornaram-se repetitivas e os trabalhadores foram afastados de qualquer controlo, contribuindo para a transição de artesanato para produção em massa (Taylor, 1911).

A produção em massa foi preconizada por Henry Ford, com a sua linha de montagem móvel em Highland Park. Com um aperfeiçoamento dos princípios de divisão de trabalho introduzidos por Taylor, a aposta na permutabilidade de componentes, e a linha de montagem móvel, Ford aumentou a taxa de produção da empresa de centenas para milhares de carros por dia, permitindo reduzir o preço dos veículos. Desta forma, viu-se pela primeira vez um acesso generalizado ao automóvel pela classe trabalhadora (Ford, 2021).

A partir da década de 1970 a indústria automóvel deparou-se com uma nova mudança de paradigma. Os carros japoneses eram mais baratos, de melhor qualidade e mais eficientes em termos de consumo de combustível. Os métodos de produção do *Toyota Production System* (TPS) começaram a ganhar



relevância à medida que o paradigma vigente de produção em massa era cada vez mais questionado (Ohno, 1988; Shingo, 1981). O termo “*lean*”, para descrever o TPS, foi introduzido por Krafcik em 1988 (Krafcik, 1988) pela sua capacidade de "fazer mais com menos", e popularizado no ocidente no livro *The Machine That Changed The World* (Holweg, 2007; Womack *et al.*, 1990). Está na origem deste paradigma de gestão o TPS, que assenta em bases enfatizadas por Monden (1983) como a importância de pequenos lotes, fluxo contínuo e estável, redução de *lead times* e tempos de *setup*, manutenção preventiva, interesse pelas pessoas, entre outros. Womack e Jones (1996) descrevem os princípios fundamentais do *Lean Thinking*: identificar o que é classificado como valor na ótica do cliente, analisar os processos que fazem parte da cadeia de valor de forma a identificar e remover ineficiências, garantir um fluxo contínuo de forma puxada, e procurar sempre a perfeição.

A produção lean dá aos fabricantes uma vantagem competitiva, reduzindo os custos e melhorando a produtividade e a qualidade (Ohno, 1988; Shingo, 1981; Womack *et al.*, 1990). Vários autores documentaram os benefícios da implementação da metodologia *lean production* (Liker & Morgan, 2006; Melton, 2005; Shah & Ward, 2003).

A empresa Fico Cables, pertencente à multinacional Ficosa, produz componentes para o ramo automóvel. Nomeadamente, produz cabos de transmissão de movimento, como cabos de travão e cabos de ajuste de assento, e sistemas de conforto para assentos e lombares. A empresa apresenta iniciativas próprias de melhoria contínua dos seus sistemas produtivos através do seu programa “FIT” (*Ficosa Improvement Transformation*).

A empresa identificou algumas linhas de montagem que considera críticas. Estas linhas contam com um elevado número de trabalhadoras, e, portanto, pesam significativamente no custo de mão de obra direta da empresa. Para além do elevado número de pessoas, estas linhas desempenham um papel versátil dentro da empresa, no sentido em que foram desenhadas para produzirem referências de produto muito variadas e com volume de vendas relativamente baixo. Devido a esta versatilidade, à complexidade exigida na montagem manual de cada uma das diferentes referências, e aos baixos volumes de peças por encomenda, estas linhas de montagem acabam por apresentar uma baixa eficiência, pelo que há necessidade de intervir no sentido de melhorar o seu funcionamento.

Assim, surgiu a oportunidade simbiótica de colaboração entre a empresa e a universidade sob a forma de um estágio curricular, na qual foram utilizadas metodologias de produção *lean* para melhorar o sistema produtivo da empresa, em particular nestas linhas de montagem críticas, bem como proporcionar ao autor uma oportunidade de aprofundamento do seu conhecimento.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral e principal do projeto desenvolvido, e descrito na presente dissertação, foi a melhoria do desempenho das linhas Multi-Referências 1 e Multi-Referências 2, onde são montados cabos de assento para automóveis. Ainda numa fase inicial do projeto, o autor apercebeu-se da existência de uma discrepância entre os indicadores de desempenho utilizados pela empresa, nomeadamente os componentes do OEE, e o que se passava realmente no chão de fábrica. Desta forma, foi também definido como um objetivo a análise destes indicadores.

Resumindo, em particular os objetivos específicos passaram por:

- Melhorar o OEE das linhas de montagem, através da melhoria dos seus componentes de velocidade, disponibilidade e qualidade.
- Reduzir custos de uma forma generalizada, através da identificação e eliminação de desperdícios nas linhas de montagem.
- Analisar a fiabilidade dos indicadores de desempenho da empresa, nomeadamente do OEE.

## 1.3 Metodologia de Investigação

A investigação académica puramente teórica tem sido alvo de críticas por se concentrar em questões teóricas e conceptuais e negligenciar as necessidades da indústria (Azhar *et al.*, 2010). A *Action Research* é uma abordagem de investigação que combina os objetivos tanto da investigação aplicada como teórica, contribuindo para a solução de problemas práticos e a criação de novos conhecimentos teóricos ao mesmo tempo. O investigador analisa a situação existente, identifica o problema, envolve-se na introdução de algumas mudanças para melhorar a situação, avalia o efeito dessas mudanças, e reflete sobre o processo e o resultado para gerar novos conhecimentos (Hult & Lennung, 1980).

A *Action Research* ajuda simultaneamente na resolução prática de problemas, ao mesmo tempo que expande o conhecimento científico, desenvolvendo competências dos respetivos intervenientes, sendo realizada cooperativamente e utilizando *feedback* de dados para guiar um processo cíclico. Na sua essência, a *Action Research* não é um método específico de investigação, é antes uma abordagem que une teoria e prática para que seja possível gerar uma solução.

A *Action Research* tem um processo cíclico de cinco fases (Baskerville, 1999):

Fase 1: Diagnosticar o problema primário de investigação, não através da redução e simplificação, mas sim de uma forma holística. O diagnóstico leva ao desenvolvimento de uma hipótese sobre a natureza

do problema, e é desenvolvido um enquadramento conceptual, que indica tanto o estado futuro desejado como as mudanças que permitiriam alcançar tal estado.

Fase 2: Planear ações. Nesta fase, são especificadas as ações que podem aliviar ou melhorar o problema primário. As ações planeadas são orientadas pelo enquadramento desenvolvido na primeira fase.

Fase 3: Implementar ações.

Fase 4: Avaliar resultados. A avaliação inclui determinar se os efeitos previstos da ação foram atingidos, e se estes efeitos mitigaram os problemas. Quando a mudança é bem-sucedida, a avaliação deve questionar criticamente se a ação empregue foi a única causa de sucesso. Nos casos em que a mudança não foi bem-sucedida, devem ser estabelecidos alguns ajustes de hipóteses para a próxima iteração do ciclo.

Fase 5: Especificar a aprendizagem. Embora a fase de especificação da aprendizagem seja formalmente conduzida por último, em cada fase da investigação decorre uma reflexão continuada que leva a novas aprendizagens.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

O presente documento está organizado em sete capítulos, nomeadamente a introdução, revisão bibliográfica, apresentação da empresa, descrição e análise do sistema produtivo, propostas de melhoria e implementação, discussão de resultados e conclusões.

No primeiro capítulo são apresentados de uma forma geral os conceitos em estudo, através de uma resumida descrição do problema existente, mencionada no enquadramento. Ainda na introdução são especificados os objetivos planeados para o projeto, a metodologia de investigação a utilizar e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, revisão bibliográfica, é exposta a base teórica que serve de alicerce aos restantes capítulos. São abordadas filosofias, metodologias e ferramentas fundamentais no desenrolar do projeto. A apresentação sumária da empresa é feita no terceiro capítulo, nomeadamente a sua história, o seu envolvimento com o grupo internacional e a sua estrutura interna.

O quarto capítulo engloba uma apresentação da secção de montagem de cabos de assento, onde o projeto incide. É explicado o conceito das linhas Multi-Referências e o tipo de produto lá fabricado. É também feita a análise e diagnóstico do sistema de produção no seu estado atual. Inicialmente é limitado o alcance do projeto às referências de produto de maior relevância, é feito um estudo de tempos, e começa-se por analisar os indicadores de desempenho da empresa: velocidade, disponibilidade e

qualidade. De seguida são abordados os problemas e oportunidades de melhoria encontrados na linha Multi2 e, por fim, na Multi1. Encontra-se no final deste capítulo uma síntese dos problemas identificados. No capítulo relativo a propostas de melhoria, é apresentado um plano de ações 5W2H e são descritas as propostas a implementar na Multi2, na Multi1 e, no final, propostas gerais a aplicar no sistema da empresa, relativas à fiabilidade de dados.

No penúltimo capítulo são avaliados resultados e ganhos, quer das ações de melhoria efetivamente implementadas, quer das ações de melhoria propostas, validadas, mas que não puderam ser implementadas em tempo útil.

No sétimo e último capítulo são reunidas considerações finais e trabalho futuro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é exposta a revisão bibliográfica que serve de base ao desenvolvimento do projeto e da dissertação. Primeiramente são explicados os motivos e as mudanças de paradigma que levaram ao desenvolvimento e dispersão da metodologia *lean production*, de seguida são detalhadas as bases deste modelo, nomeadamente o sistema de produção da Toyota e os princípios *lean thinking*. São, ainda, abordados os temas da identificação e eliminação de desperdícios, bem como algumas ferramentas relevantes para o projeto. Por fim, são apresentados alguns casos de aplicação de metodologias *lean* e é feita uma análise crítica dos mesmos, no sentido de perceber o que de mais recente se faz na área em estudo.

### 2.1 Da produção artesanal à produção *lean*

Nesta secção é explicada a mudança cronológica de paradigmas de produção, desde a produção artesanal à produção em massa, culminando na produção *lean*.

#### 2.1.1 Paradigmas de produção artesanal e produção em massa

Antes da revolução industrial, a produção baseava-se na produção artesanal especializada. Os automóveis eram inicialmente um luxo, feitos à mão por artesãos habilidosos. Muitos destes artesãos formavam as suas próprias oficinas mecânicas e tornavam-se subcontratados de empresas de montagem automóvel. Poucos carros eram de facto idênticos, uma vez que cada oficina produzia peças de acordo com o seu próprio sistema de calibração. As especificações sobre peças eram apenas aproximações, e os fabricantes de automóveis teriam de limar e martelar as peças para que estas encaixassem umas nas outras (Nicholas, 2018).

Por volta do início do século XX, Frederick Taylor introduziu a ideia de melhorar as operações através do estudo e simplificação das mesmas. Sempre à procura da “melhor forma de fazer algo”, desenvolveu técnicas para sistematizar e melhorar as economias de movimento do trabalho, bem como uma filosofia de gestão completa que incluía a análise do tempo, incentivos salariais, responsabilidades separadas para gestores e trabalhadores e princípios para gerir um negócio numa base científica. Uma consequência desta teoria foi retirar a maior parte das competências e do pensamento aos trabalhadores da fábrica e entregá-las a gestores e especialistas. O trabalho de fábrica foi dividido em tarefas limitadas e repetitivas, e os trabalhadores foram afastados de qualquer controlo (Taylor, 1911). A teoria de Taylor contribuiu para a passagem da produção artesanal à produção em massa, através da fragmentação

máxima das tarefas de trabalho (a designada divisão do trabalho), a fim de minimizar os requisitos de competências e o tempo de aprendizagem no trabalho. A utilização de máquinas com fins especializados, para produzir grandes volumes de produtos padronizados, está na base do Fordismo, que é um princípio de produção nascido nos EUA no início do século XX e particularmente popular no setor automóvel.

A produção em massa começou com a introdução da linha de montagem móvel de Henry Ford em Highland Park em outubro de 1913, e atingiu o seu auge no final da segunda guerra mundial. Com a introdução da linha de montagem móvel, a produção do Model T na fábrica passou de centenas para milhares por dia. Como resultado, o preço de um Model T foi reduzido de \$850 para \$260, permitindo que uma família com um rendimento médio o pudesse adquirir (Ford, 2021). O fordismo assentava nos seguintes princípios (Ford & Crowther, 1922):

- Linha de montagem móvel: Antes da introdução da linha de montagem, os carros eram fabricados individualmente em locais fixos por um grupo de trabalhadores que se deslocava de carro para carro. A linha de montagem móvel, onde os carros chegavam ao trabalhador, que executava as mesmas tarefas uma e outra vez, foi capaz de melhorar significativamente a velocidade e reduzir o custo de montagem.
- Permutabilidade: Ao contrário do que se verificava na produção artesanal, em que cada peça era única e moldada de forma a encaixar num único veículo, no fordismo era imperativo que todas as peças fossem idênticas, dentro das tolerâncias, e substituíveis entre si, criando assim uniformidade entre veículos.
- Divisão do trabalho: A abordagem de complexidade zero de Henry Ford relativamente à produção automóvel mostrou ser um importante marco. Utilizando esta abordagem, a complexidade das tarefas é reduzida tanto quanto possível e a mão-de-obra é utilizada principalmente para lidar com as máquinas, reduzindo a capacidade criativa dos trabalhadores (Elmaraghy *et al.*, 2012).

### 2.1.2 Paradigma da produção *lean*

O conceito moderno de *lean* pode ser atribuído ao Sistema de Produção Toyota (TPS), desenvolvido pelos engenheiros japoneses Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. A criação da Toyota Motor Company remonta a 1918, quando o empresário Sakichi Toyoda estabeleceu o seu negócio de fiação e tecelagem com base no seu tear automático avançado que revolucionou a indústria da tecelagem (Kato, 1973). Depois de vender as patentes em 1929, a empresa reinventou-se na indústria automóvel que, na altura, era dominada no Japão por filiais locais da Ford e da General Motors. Em 1950, toda a indústria automóvel

japonesa produzia uma quantidade anual equivalente a três dias da produção de automóveis dos EUA (Teich & Faddoul, 2013). As restrições de capital e os baixos volumes no mercado japonês não justificavam os grandes lotes comuns na Ford e na General Motors (Bhamu & Sangwan, 2014; Liker & Morgan, 2006) pelo que surgiu uma necessidade de criar um sistema de produção mais flexível, capaz de trabalhar com lotes mais pequenos a um custo competitivo.

Na década de 1970, durante a primeira crise petrolífera, surgiu o primeiro sinal de alerta para os fabricantes americanos. Os automóveis japoneses que eram vendidos nos Estados Unidos eram mais baratos, melhores e muito mais eficientes em termos de consumo de combustível. A produção em massa e as técnicas de gestão científica foram questionadas quando a produção japonesa começou a ganhar relevância (Ohno, 1988; Shingo, 1981).

Monden (1983) introduziu os conceitos *Just-In-Time* (JIT) nos estados unidos, enfatizando a importância de pequenos lotes, fluxo de produção estável, redução do tempo de *setup* e de *lead time* de produção, operações padronizadas, manutenção preventiva, controlo estatístico de qualidade, teste de qualidade, interesse pelos colaboradores e entrega JIT pelos fornecedores.

O termo *lean*, utilizado no contexto de descrição de um sistema de produção, foi usado pela primeira vez por Krafcik em 1988 (Krafcik, 1988), para captar a essência do sistema muito mais eficiente em termos de recursos, em comparação com os sistemas de produção típicos ocidentais, e foi popularizado pelos autores Womack *et al.*(1990) no influente livro de gestão intitulado *The Machine That Changed The World* (Holweg, 2007).

Krafcik (1988) estabelece a diferença entre os sistemas de produção artesanais, os sistemas inspirados na Ford e o TPS, no que concerne a nível de padronização do trabalho, controlo pelos operadores, quantidade de inventário, dimensão de *buffers*, áreas destinadas a retrabalhos e prática de trabalho em equipa (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

Tabela 1 - Diferença entre sistemas produtivos artesanais, "fordistas" e o TPS

Fonte: Adaptado de (Krafcik, 1988)

	Produção Artesanal	Produção "Fordista"	TPS
Padronização do trabalho	Reduzida	Elevada	Elevada
Controlo pelos operadores	Amplo	Limitado	Moderado
Inventários	Elevados	Moderados	Reduzidos
<i>Buffers</i>	Elevados	Moderados	Reduzidos
Zonas de retrabalhos	Elevadas	Moderadas	Reduzidas
Trabalho em equipa	Moderado	Reduzido	Elevado

Womack *et al.*(1990) definiram *lean* em termos dos seus resultados: em comparação com a produção em massa, a Toyota produzia automóveis com menos inventário, esforço humano, investimento e defeitos e introduziu uma maior variedade de produtos. A produção *lean* dá aos fabricantes uma vantagem competitiva, reduzindo os custos e melhorando a produtividade e a qualidade. Vários autores documentaram os benefícios da implementação da metodologia *lean production*, tais como melhoria do *lead time* de produção, tempo de processamento, tempo de ciclo, tempo de *setup*, inventário, defeitos e sucata, OEE, melhoria da moral dos funcionários, comunicação eficaz, satisfação no trabalho, manutenção interna normalizada, tomada de decisões em equipa, entre outros (Dhiravidamani *et al.*, 2018; Jimenez *et al.*, 2019; Liker & Morgan, 2006; Melton, 2005; Nallusamy & Adil Ahamed, 2017; C. Rosa *et al.*, 2017; Conceição Rosa *et al.*, 2017; Shah & Ward, 2003).

## **2.2 Lean Production**

O sistema de produção *lean* assenta em determinadas bases, que são explicadas ao longo desta secção.

### 2.2.1 Casa TPS

Liker e Morgan (2006) explicam como o sistema de produção da Toyota tem vindo a evoluir ao longo dos anos, mas que por vezes o acesso a documentação sobre o mesmo pode ser difícil. O ato de registar e partilhar as práticas verificadas na empresa por si só não adiciona valor ao produto, pelo que há uma reticência em efetuar este registo.

Eventualmente, surgiu uma representação icónica deste sistema, a casa TPS (Figura 1). Esta analogia é utilizada porque uma casa requer fortes alicerces e pilares de suporte sólidos, caso contrário a casa ruirá. Também o sistema de produção requer a presença dos seus alicerces e pilares, caso contrário é impossível atingir os objetivos da empresa: a melhor qualidade, pelo menor custo, com o menor *lead time*, em segurança e garantindo a satisfação dos trabalhadores.

O sistema Toyota parte da estabilidade e padronização dos seus processos, bem como do nivelamento da produção, sendo estes os seus alicerces. Os seus pilares são o *Jidoka* e *Just-In-Time* (JIT). Como partes integrais do sistema têm o interesse pelas pessoas, o trabalho em equipa, a redução de desperdícios e, de uma forma generalizada, a mentalidade de melhoria contínua (Liker & Morgan, 2006).





Figura 1 - Representação da casa TPS  
 Fonte: (Liker & Morgan, 2006)

A filosofia JIT é frequentemente descrita como “apenas o material necessário no momento certo no lugar correto” e no seu cerne está a redução dos níveis de inventário. As entregas de matéria prima pelos fornecedores são frequentes e apenas na quantidade necessária para o curto prazo, no chão de fábrica são utilizadas ferramentas como *kanbans* e supermercados para evitar acumulação de *work in progress* (WIP) e garantir a produção puxada, e nos armazéns de expedição é guardado apenas um mínimo necessário de produto acabado. Desta forma, o período de tempo entre a chegada do material e a saída dos produtos é reduzido.

Os benefícios do JIT são vastos. Primeiramente, a redução dos níveis de inventário ao longo de todo o processo permite uma melhor utilização do espaço fabril e a redução de capital empatado em WIP. Em segundo lugar, a redução do *lead time* melhora a flexibilidade do planejamento de produção, especialmente quando aliada a ferramentas de redução de tempos de *setup* característicos da produção *lean*, como o *Single Minute Exchange of Die* (SMED). Também o fator qualidade vê uma melhoria, visto que lotes de tamanho reduzido permitem identificar problemas mais rapidamente, que podem ser corrigidos o mais a montante possível, incorrendo a empresa desta forma em menores custos (Liker & Morgan, 2006).

O nivelamento da produção tem por objetivo criar um ambiente onde o fluxo de encomendas e de trabalho é constante no tempo, evitando picos e quedas. Este ambiente estável permite a introdução de processos padronizados e permite perceber mais facilmente a quantidade de inventário necessária nos *buffers*. Sem esta estabilidade, acontecem quebras na produção e torna-se impraticável a filosofia JIT (Liker & Morgan, 2006).

Jidoka surge em 1902 com a invenção por Sakichi Toyoda do tear revolucionário que parava automaticamente quando o fio quebrava, o que permitia evitar a produção de material com defeito (Kato, 1973). Representa o conceito de interromper o processo o quanto antes, a fim de impedir o desenvolvimento de problemas ou defeitos. Os próprios trabalhadores estão envolvidos na resolução de problemas, caso sejam capazes de o fazer, caso contrário devem indicar o erro às chefias, para que seja prontamente resolvido. Desta forma, é possível praticar uma filosofia de melhoria contínua visto que novas oportunidades de melhoria surgem frequentemente.

O núcleo da Casa TPS é o envolvimento das pessoas na melhoria contínua. A redução do inventário implica que eventuais problemas interromperão imediatamente a operação. Praticar a filosofia Jidoka significa parar o sistema quando há um problema, o que permite trazer os problemas à superfície. Isto é ótimo se as pessoas forem suficientemente competentes e motivadas na resolução dos mesmos em tempo útil. Caso contrário, o resultado é simplesmente uma redução na eficiência e na competitividade da empresa (Liker & Morgan, 2006).

### 2.2.2 *Lean Thinking e The Toyota Way*

A filosofia *Lean Thinking* resume a essência do TPS e da abordagem *lean*, e é fundamentalmente constituída por cinco princípios, orientados à melhoria contínua do sistema, pela eliminação de tudo o que não acrescenta valor do ponto de vista do cliente (Womack & Jones, 1996).

- Criação do valor: Identificar o que é valor na perspectiva do cliente final e perceber aquilo pelo qual está disposto a pagar, em termos de produto ou serviço, tempo de entrega, tipo de envio, tolerâncias do processo, qualidade da matéria prima, entre outros.
- Cadeia de valor: Uma vez compreendido o valor para os clientes, o passo seguinte é analisar os processos para determinar quais as etapas que realmente acrescentam valor. Se uma ação não acrescenta valor, então deve ser modificada ou eliminada do processo.
- Fluxo contínuo: O fluxo de valor ao longo do processo produtivo ou cadeia de abastecimento deve ser interrompido o menos possível. Estratégias passam, por exemplo, pela redução de stocks, diminuição do tempo de entrega, eliminação de paragens e outros desperdícios que por não adicionarem valor, representam uma quebra no fluxo contínuo.
- Produção Puxada: A procura do cliente dita a cadência de produção. A produção para stock deve ser minimizada e idealmente nenhum trabalho deve ser realizado caso não seja necessário a jusante do processo. Ferramentas como supermercados e *kanbans* são frequentemente usadas com este princípio em mente.

- Perfeccionismo: Trabalhar sempre para a melhoria contínua do processo, através da eliminação de tarefas sem valor acrescentado. O objetivo deve ser a melhor qualidade, pelo menor custo, com o menor *lead time*, em segurança e garantindo a satisfação dos trabalhadores.

*The Toyota Way* (Liker, 2004) descreve os 14 princípios que impulsionam a cultura de qualidade e eficiência da Toyota no contexto da implementação de uma gestão *lean* e melhoria contínua. A perspetiva fundamental do autor, sobre a Toyota, é que os seus sucessos derivam do equilíbrio do papel das pessoas, numa cultura organizacional que nutre expectativas e valores de melhoria contínua, com um sistema técnico que se concentra num fluxo de elevado valor acrescentado.

Originalmente apresentado como uma alternativa contraintuitiva ao fabrico tradicional (Krafcik, 1988; Shingo, 1981; Womack et al., 1990), *lean* expandiu-se para além das suas aplicações originais no chão de fábrica de produtores de automóveis, para outras áreas funcionais dentro de organizações, para fabricantes de outros setores, e para organizações em sectores não fabris (Liker & Morgan, 2006).

### **2.3 Desperdícios**

O principal objetivo da metodologia de produção *lean* é fabricar produtos sem qualquer tipo de desperdício. Womack e Jones (1996) sintetizam o desperdício como qualquer atividade que absorve recursos mas não cria valor: erros que exigem retificação, produção de artigos que ninguém quer, etapas do processo que não são realmente necessárias, movimento de trabalhadores e transporte de produtos de um local para outro, grupos de pessoas numa atividade a jusante à espera porque uma atividade a montante não foi executada a tempo, e bens e serviços que não satisfazem as necessidades do cliente. Taiichi Ohno foi, segundo Womack e Jones (1996), “o mais feroz inimigo do desperdício que alguma vez existiu”. Ohno (1988) definiu os primeiros sete desperdícios na produção, também denominados por “muda”. Os diferentes tipos de desperdício são então os seguintes:

- Sobreprodução: Produzir mais do que a quantidade necessária, ou produzir muito antes do momento necessário, para dar resposta à procura do cliente. Este desperdício é frequentemente causado pela produção em lotes demasiado grandes, pela produção para stock a fim de mitigar efeitos da variação da procura ou de longas pausas devido a *setups* ou avarias, bem como para compensar a produção de peças defeituosas. Algumas das consequências deste desperdício são o aumento de custos com inventário de matéria prima, trabalho em curso e produto acabado, a maior suscetibilidade à ocorrência de defeitos, a perda de flexibilidade e a perda de espaço fabril ou de armazém.

- Esperas: Refere-se a pessoas ou máquinas inativas devido a qualquer problema, como por exemplo uma avaria, manutenção, *setup*, desbalanceamento da linha, início de turno, quebra de material a montante, entre outros.
- Transportes e Movimentações: O transporte de materiais ou produtos do ponto A ao ponto B não adiciona valor ao produto final na ótica do cliente. Também o movimento de pessoas, quer entre locais na fábrica, quer movimentações dentro da sua célula de produção, ou até no seu posto de trabalho, não adicionam valor ao produto e representam apenas perdas de produtividade pelo trabalhador. Estes desperdícios são particularmente evidentes em casos de maus *layouts*, células de produção que utilizam modos operatórios desadequados ou fábricas onde há, de forma geral, uma falta de organização que promove a movimentação excessiva de pessoas e materiais.
- Inventário: Acumulação excessiva de matéria-prima, trabalho em curso e produto acabado que não corresponde às necessidades do cliente. Implica custos de armazenamento, menos espaço fabril disponível, risco de obsolescência elevado, probabilidade agravada de um defeito em série ser detetado tardiamente, aumento do *lead time*, entre outros.

Para além dos problemas diretamente relacionados com inventário excessivo, surge ainda o problema de este esconder outras ineficiências e desperdícios, conforme é ilustrado na analogia do rio na Figura 2. Assim, em ações de melhoria relacionadas com a redução do nível de inventário, tipicamente surgem problemas que não se verificavam anteriormente. Este surgimento de novos problemas é expectável e não deve desmotivar a equipa de melhoria, devendo antes servir de indicador do rumo a dar ao projeto a fim de resolver os problemas raiz presentes no processo. Regressando à analogia do rio, a redução do tamanho das rochas no fundo do rio permite ao barco navegar com um nível de água mais baixo, ou seja, a redução de desperdícios e problemas permite à fábrica trabalhar com um nível de inventário mais baixo e, portanto, de forma mais eficiente (Slack *et al.*, 2007).

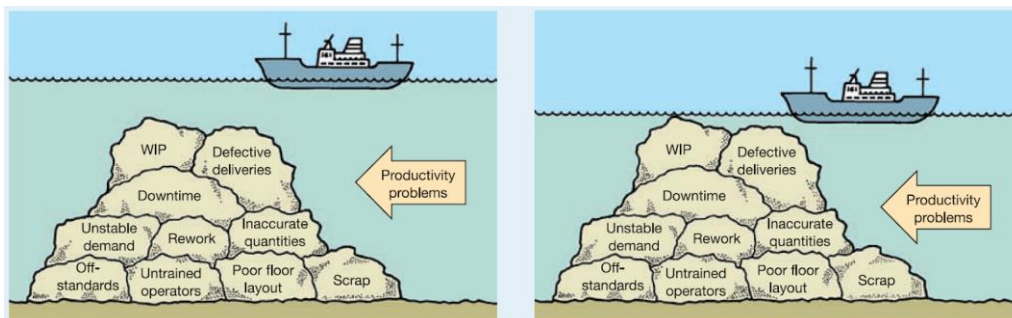


Figura 2 - Efeito da quantidade de inventário na identificação de desperdícios  
Fonte: (Slack *et al.*, 2007)

- Defeitos ou problemas de qualidade: Os custos associados a má qualidade nem sempre são diretos, muito pelo contrário, uma vez que na realidade seguem a analogia do *iceberg*, isto é, os custos diretos associados à má qualidade são apenas a ponta do iceberg, e há uma grande quantidade de custos que permanecem ocultos. Os custos da má qualidade enquadram-se em quatro categorias e serão tanto maiores quanto mais a jusante o erro for descoberto. Estes são: prevenção, avaliação, falha interna e falha externa (Ganhão, 2001). Os custos de prevenção são incorridos por ações para tentar minimizar os custos de falhas e avaliação. Incluem planeamento de qualidade, formação, recolha e análise de dados de qualidade, entre outros. Custos de avaliação são custos envolvidos na determinação da conformidade de materiais e produtos. Estes custos são geralmente vistos como desperdícios, uma vez que não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente, no entanto, por vezes as empresas são contratualmente obrigadas a fazer estes testes de qualidade. Os custos de falhas internas provêm de produtos defeituosos que foram descobertos antes de serem enviados para o cliente. Os custos de falhas externas são de longe os mais dispendiosos para qualquer organização. Estão incluídos: análise e tratamento de reclamações, substituição de produtos defeituosos, custos de garantia, custos de compensação, perda de credibilidade e reputação da empresa, diminuição futura das vendas.
- Sobreprocessamento: Esforço redundante que não adiciona valor ao produto de acordo com as necessidades do cliente. Tipicamente evidenciado por aperfeiçoamentos intermináveis do produto ou processo para lá das especificações do cliente, por características do produto que são irrelevantes na ótica do cliente, ou pelas quais este não está disposto a pagar. Equipamento ineficiente ou com falta de manutenção que origina frequentes não conformidades, pode levar a este tipo de desperdício, nomeadamente operações de refazer, reparar ou retocar (Dailey, 2003).

Um oitavo desperdício tem vindo a ser discutido na literatura, mas existem diversas descrições para o mesmo. Suzaki (1987) propõe que o oitavo desperdício seja simplesmente o "subaproveitamento das competências e capacidades das pessoas". Womack e Jones (2003) propuseram que o oitavo desperdício fosse "a subtilização dos trabalhadores". Liker (2004) sugere que o oitavo desperdício é "O desperdício de tempo, ideias, competências, melhorias e oportunidades de aprendizagem pela falta de envolvimento dos trabalhadores". São exemplos deste desperdício a alocação de pessoas sobrequalificadas a tarefas triviais, ou o não envolvimento dos operadores na melhoria contínua, visto que são estes quem lida diariamente com o processo.

## 2.4 Ferramentas e indicadores relevantes

### 2.4.1 *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

O conceito de manutenção produtiva total (TPM), introduzido por Nakajima na década de 1980, proporcionou uma métrica quantitativa denominada *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para medir a produtividade de equipamentos individuais numa fábrica (Nakajima, 1988). O conceito identifica e mede perdas de determinados aspetos importantes do fabrico, nomeadamente disponibilidade, desempenho (também denominado por velocidade), e qualidade. Esta métrica apoia a melhoria da eficácia do equipamento e, conseqüentemente, da sua produtividade.

Scott e Pisa (1998) salientaram que os ganhos em OEE são insuficientes por si só, porque nenhuma máquina está isolada. O processo de fabrico é uma teia complexa de interações entre ferramentas, materiais, máquinas, pessoas e processos. Por conseguinte, é necessário concentrar a atenção para além do desempenho do equipamento individual.

Embora a base da medição da eficácia seja derivada do conceito original do OEE, esta insuficiência da ferramenta OEE levou à modificação e ampliação da ferramenta OEE original para se ajustar a uma perspetiva mais ampla, conforme considerada necessária nos sistemas de fabrico. Nomeadamente, eficácia da fábrica, eficácia da linha de produção, eficácia do ativo da empresa, entre outros (Muchiri & Pintelon, 2008).

A ferramenta OEE foi concebida para identificar perdas que reduzem a eficácia do equipamento. Estas perdas são atividades que absorvem recursos, mas não criam qualquer valor. Nakajima (1988) distingue seis grandes perdas, divididas em três categorias: disponibilidade, velocidade e qualidade. Avarias de máquinas, e processos de *setup* ou ajuste do equipamento constituem perdas de disponibilidade. Micro-paragens que acabam por totalizar uma perda significativa ao longo do tempo constituem perdas de velocidade. Defeitos de qualidade e retrabalhos, bem como sucata produzida durante o tempo de arranque, até à estabilização do equipamento, constituem perdas de qualidade. O parâmetro qualidade, conforme definido por Nakajima (1988), apenas envolve defeitos que ocorrem naquela fase específica da produção, geralmente numa máquina ou linha de produção específica e não num outro local.

A fórmula exata de cálculo do OEE difere ligeiramente entre autores e aplicações (Jonsson & Lesshammar, 1999). O indicador é calculado pela multiplicação dos seus três parâmetros constituintes (Groote, 1995):

$$OEE = Disponibilidade \times Velocidade \times Qualidade$$

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo efetivo de produção}}{\text{Tempo planeado para produção}}$$

$$Velocidade = \frac{\text{Output real}}{\text{Output planeado}}$$

$$Qualidade = \frac{\text{Output conforme}}{\text{Output total}}$$

O indicador OEE das melhores empresas mundiais situa-se nos 85%, com disponibilidade de 90%, velocidade de 95% e qualidade de 99,9%. No entanto, devido a ser calculado de forma ligeiramente diferente entre empresas ou entre setores, por vezes é difícil uma comparação direta entre valores de OEE (Jonsson & Lesshammar, 1999).

O foco de muitas organizações tem sido o tempo de paragem (disponibilidade), especialmente as avarias, e não as perdas de desempenho (Ljungberg, 1998). As organizações não se consciencializam de que as perdas de desempenho têm sido a perda OEE dominante seguida da perda de disponibilidade (Ljungberg, 1998). A perda de velocidade em geral é difícil de eliminar por várias razões (Scodanibbio, 2009). Uma das razões para esta dificuldade reside na aparente celeridade com que a perda de velocidade ocorre, pelo que não é fácil de ser observada e analisada. Uma segunda razão para a dificuldade verificada no combate à perda de velocidade tem origem na familiarização de operadores com os processos, ao ponto de se tornarem menos observadores na deteção de quaisquer desvios que ocorram na velocidade do processo. Outra razão possível da dificuldade em eliminar as perdas de velocidade provém do facto de a maioria das empresas limitar-se a aceitar estas perdas como perdas admissíveis e, assim, prestarem-lhes menos ou nenhuma atenção. Como resultado, as perdas de velocidade podem desenvolver-se e persistir, na medida em que se tornam "normais" e mesmo "institucionalizadas" (Scodanibbio, 2009).

#### 2.4.2 SIPOC

SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) é uma ferramenta de mapeamento de processo que mostra a ligação entre fornecedores, *inputs*, processos, *outputs* e clientes. Normalmente associada à metodologia *Lean Six Sigma*, esta ferramenta tenta agregar de forma sintetizada a resposta a algumas das questões tipicamente colocadas no início deste tipo de projetos, nomeadamente: Para que parte interessada é que este processo existe? Que valor é gerado pelo processo? Que *output* é produzido? Que recursos são utilizados neste processo? Quem fornece os *inputs* para este processo? (Pyzdek, 2003). A Figura 3 mostra um esquema geral para utilização da ferramenta.

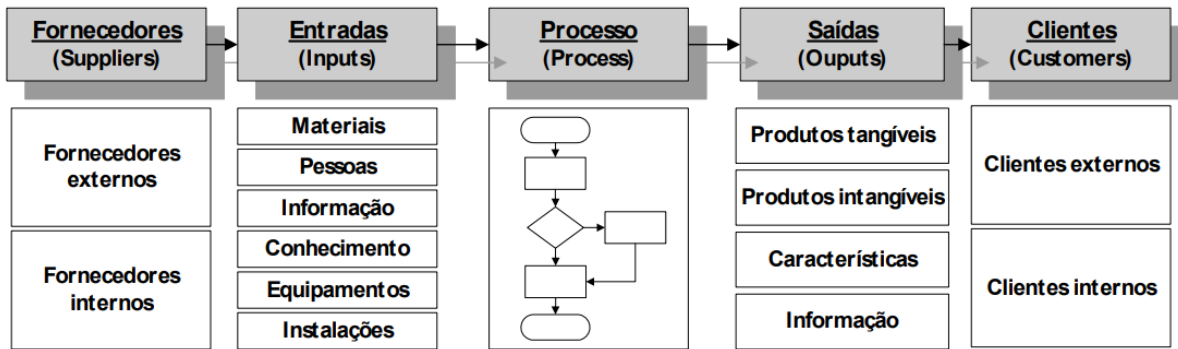


Figura 3 - Exemplo da ferramenta SIPOC  
 Fonte: (Marques & Requeijo, 2009)

### 2.4.3 Matriz de competências

Os indivíduos que efetivamente manuseiam o produto desempenham as tarefas de maior valor acrescentado, na perspetiva do cliente, e precisam de ser empregues de forma eficiente na produção. Uma abordagem recomendada é a construção de uma matriz de competências, na qual as pessoas e as operações a serem executados são listadas.

Uma matriz de avaliação de competências tem dois objetivos principais: em primeiro lugar, ajuda a avaliar as competências necessárias para um projeto ou processo; em segundo, fornece informação sobre as competências disponíveis dentro de uma equipa. Graças ao mapeamento de competências, podem ser criados programas de formação que permitam aos funcionários desenvolver todas as suas capacidades e adquirir novas aptidões.

Quando há uma ideia correta sobre quem faz o quê, torna-se muito mais fácil encontrar pessoas de dentro do grupo de trabalho que se possam apoiar mutuamente. Uma matriz de competências representa para os profissionais, numa base individual, um quadro completo das suas próprias competências e do que contribuem para a equipa, bem como do panorama geral (Feld, 2000; Mejabi, 2003).

### 2.4.4 5-Whys

Sendo uma das ferramentas fundamentais do *Total Productive Maintenance* (TPM) do *Lean Production*, o *5-Whys* é uma ferramenta chave na redução de desperdícios num ambiente *lean*. (George, 2007). *5-Whys* é uma técnica interrogativa iterativa utilizada para explorar as relações de causa e efeito subjacentes a um problema específico. Repetindo porquê cinco vezes, a natureza do problema, bem como a sua solução, torna-se mais clara.



A enunciação do problema é o primeiro passo na estruturação dos *5-Whys*, e consiste numa descrição clara e concisa das observações específicas de um resultado indesejado.

O ciclo deve ser iterado tantas vezes quantas necessárias, visto que sem utilizar um número suficiente de “porquês”, pode-se chegar apenas a um sintoma e não uma causa raiz. Uma ação com o objetivo de mitigar um sintoma é apenas corretiva, sendo que para que seja eficaz numa melhoria do sistema a longo prazo, a ação deve ser preventiva, isto é, deve ter como objetivo a eliminação da causa raiz do problema. Assim, o processo iterativo “porquê?” deve continuar até ser atingida a causa raiz. Desta forma, a ferramenta não está limitada apenas a cinco iterações conforme sugere o nome, devendo ser utilizadas tantas quantas consideradas necessárias (Gangidi, 2019).

Benjamin *et al*/(2015) demonstraram como a utilização da análise *5-Whys* pode ser alargada para fazer face à perda de velocidade do OEE. A ferramenta *5-Whys* provou ser uma abordagem eficaz para combater a perda de velocidade, uma perda que tem sido considerada como a perda mais dominante entre todos os tipos de perdas de OEE e que é difícil de eliminar (Scodanibbio, 2009).

A Figura 4 mostra um exemplo de utilização da ferramenta *5-Whys* com o objetivo de minimizar as perdas de velocidade numa linha de produção.

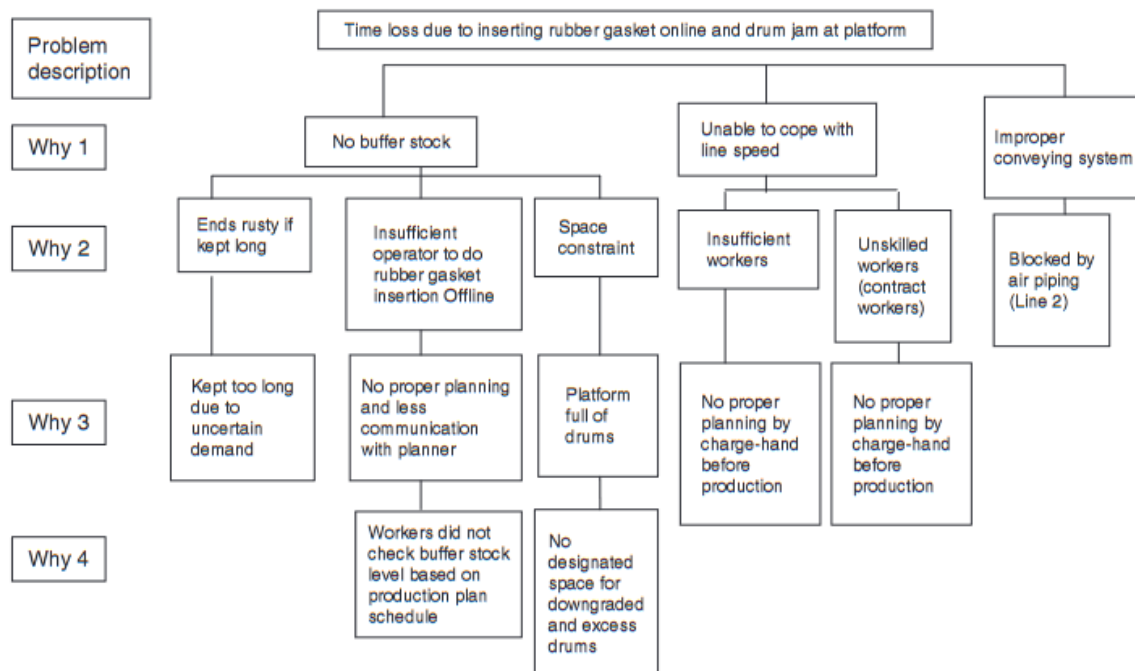


Figura 4 - Exemplo da ferramenta *5-Whys*  
 Fonte: (Benjamin *et al.*, 2015)

#### 2.4.5 Análise ABC

Vilfredo Pareto foi um economista italiano conhecido por observar que cerca de 80% da riqueza estava concentrada em cerca de 20% da população. Esta é a base do princípio de Pareto, que é por vezes conhecido como a regra de 80/20. Desde essa primeira observação relatada por Pareto, muitos outros fenómenos sociológicos, económicos, políticos e naturais têm também sido observados a seguir um padrão semelhante (Sanders, 1987).

A utilização mais comum da classificação ABC é em gestão de inventários, mas pode ser utilizada noutras áreas funcionais. A análise ABC é utilizada para priorizar produtos consoante a sua influência ou representatividade, e baseia-se no princípio de Pareto, isto é, categoriza itens assumindo que uma pequena percentagem dos mesmos corresponde a uma grande percentagem do fator em análise, que pode ser faturação, custos, fontes de problemas, reclamações, ou qualquer outro fator relevante.

Teoricamente a classificação segue as seguintes percentagens (Slack *et al.*, 2007), conforme ilustrado na Figura 5:

- Classificação A: 20% dos produtos geram aproximadamente 80% do valor
- Classificação B: 30% dos produtos geram aproximadamente 10% do valor
- Classificação C: Restantes 50% dos produtos geram aproximadamente 10% do valor.

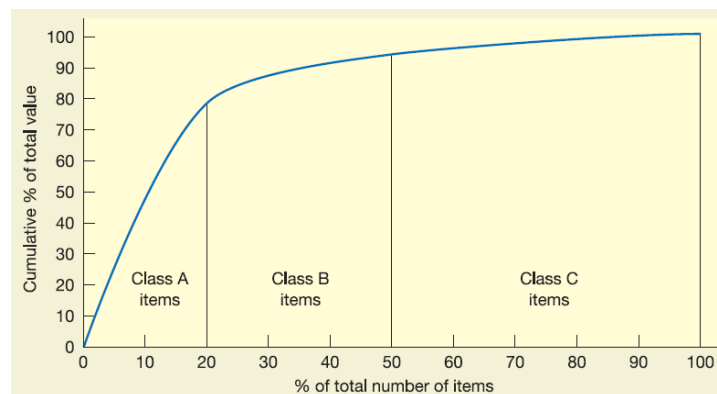


Figura 5 - Representação gráfica de uma análise ABC  
Fonte: (Slack *et al.*, 2007)

Os valores limite utilizados para categorizar itens em A, B ou C são flexíveis, podendo assumir diferentes valores consoante o caso específico. Por norma, é primeiro traçado o gráfico da distribuição de dados e, seguidamente, são definidas categorias consoante o ritmo de crescimento da curva (Flores & Whybark, 1986).

#### 2.4.6 Standard Work

*Standard Work* é uma ferramenta utilizada no paradigma da produção *Lean*, desenvolvido por Taiichi Ohno (Ohno, 1988). O *Standard Work* consiste num conjunto de procedimentos de trabalho destinados a estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo. As operações devem ser seguidas exatamente como são definidas, sem margem para improvisações. Esta ausência de aleatoriedade nos processos de fabrico reduz variações nos tempos de ciclo, sendo a sequência de operações definida de acordo com o takt time, a fim de responder à procura.

Documentando o trabalho e tendo uma forma padrão de executar as operações, é possível criar uma base para a melhoria contínua (Productivity Press, 2002). Operações e procedimentos padronizados permitem produzir eficientemente com o mínimo de desperdício, utilizando métodos e regras eficientes. Losonci *et al.* (2011) afirmaram que com uma descrição clara das operações a executar, os operadores poderiam tornar-se polivalentes, porque têm acesso a toda a informação e podem aprender a executar novas tarefas, o que garante um sistema de produção mais flexível. As instruções de trabalho aparecem frequentemente associadas a *Standard Work* uma vez que documentam, de forma simplificada, os procedimentos padrão estabelecidos através de *Standard Work*.

#### 2.4.7 Gestão Visual e 5S

Tabelas e textos extensos são de evitar quando o objetivo é uma comunicação eficaz e de fácil compreensão. A metodologia de produção *lean* utiliza ferramentas de comunicação visual simples e claras para cumprir este papel. Bilalis *et al.* (2002) indicam que as melhores ferramentas de gestão visual incluem representações gráficas, imagens, cartazes, esquemas, símbolos e codificação por cores, sendo que estas podem ser complementadas com sinais audíveis. Um fator-chave do TPS é que cada pessoa envolvida deve ser capaz de ver e compreender plenamente os diferentes aspetos do processo e o seu estado em qualquer altura. Tornar este processo transparente permite um feedback imediato do estado atual, e indica onde poderá ser necessário um ajuste para permitir que um processo cumpra a exigência do cliente (Womack & Jones, 1996).

Uma das ferramentas de controlo visual frequentemente utilizadas em ambientes de produção *lean* são os 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*) (Womack & Jones, 1996). Esta ferramenta divide-se em 5 etapas sequenciais:

- Separar: Distinguir claramente o que é ou não necessário no espaço de trabalho, e o que deve ser descartado.

- Simplificar: Organizar os sistemas logicamente para facilitar aos outros encontrá-los, utilizá-los e devolvê-los à posição original.
- Limpar: Manter o espaço de trabalho limpo, nomeadamente máquinas, pavimentos, móveis, etc.
- Padronizar: Garantir o cumprimento, e melhorar os primeiros 3S.
- Autodisciplina: Fazer dos procedimentos corretos um hábito, e pensar continuamente em como pode ser melhorada a organização. Esta rotina leva a locais de trabalho organizados, pelo que o ambiente visual é claramente revelador de falhas ou erros.

O objetivo principal dos 5S é tornar o local de trabalho organizado para melhorar a segurança e eficiência. Os benefícios decorrentes da implementação bem-sucedida do 5S incluem: melhor limpeza, reconhecimento mais fácil dos defeitos, diminuição dos deslocamentos e movimentações, redução do tempo de paragem, menos riscos de segurança, melhor fluxo, menos erros, e melhor utilização do espaço (Dennis & Shook, 2007). Para implementar com sucesso outras ferramentas da produção *lean*, tais como trabalho padronizado, sistemas de reposição de inventário visual, TPM, fabrico JIT, redução de tempos de setup e sistemas à prova de erros, uma organização precisa primeiramente de abordar os hábitos no local de trabalho que perpetuam o desperdício (Rojasra & Qureshi, 2013). Num ambiente de trabalho desorganizado, de facto, a falta de um sistema 5S robusto pode tornar as restantes ferramentas *lean* ineficazes.

#### 2.4.8 *Single-Minute Exchange of Die*

A metodologia *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) torna possível realizar as operações de troca de ferramenta idealmente em menos de dez minutos, convertendo o “tempo interno” em “tempo externo” e simplificando e agilizando a atividade restante (Shingo, 1985). O tempo de troca de ferramenta é definido como o período necessário para configurar um determinado sistema de produção para produzir um produto distinto, a uma determinada taxa de produção, com boa qualidade (Costa et al., 2013), e é um exemplo típico de desperdício, uma vez que a troca de ferramenta é uma atividade sem valor acrescentado que acarreta custos ocultos. Shingo (1985) baseia o seu método na categorização de todas as atividades de *setup* em atividades internas e externas: sendo as atividades internas as que só podem ser realizadas quando a máquina é desligada, e as externas as que podem ser realizadas durante o funcionamento normal da máquina enquanto esta ainda está ativa. Por conseguinte, como as máquinas permanecem inativas durante os períodos *setup* interno, este processo deve ser reduzido ao máximo. A metodologia SMED é formada por quatro fases:

- Uma fase preliminar em que as condições de *setup* internas e externas não são distinguidas;

- A primeira fase em que se procede à separação entre *setup* interno e externo;
- A segunda fase em que as atividades internas são convertidas em atividades externas;
- A terceira fase centrada na simplificação de todos os aspetos da operação de *setup*.

SMED permite obter tempos de troca de ferramenta curtos, o que é uma condicionante para a produção em pequenos lotes. Desta forma, podem ser assegurados *lead times* dos produtos reduzidos e que vão de encontro à filosofia JIT.

## 2.5 Casos de aplicação de metodologias *lean*

Nesta secção são apresentados alguns casos de aplicação de metodologias *lean*, e é feita uma análise crítica dos mesmos, no sentido de perceber o que de mais recente se faz na área em estudo.

### 2.5.1 Melhoria de eficiência em linhas de montagem numa empresa do ramo automóvel

Rosa *et al* (2017) desenvolveram um projeto de melhoria, utilizando metodologias *lean*, na mesma empresa onde decorre o presente projeto de dissertação. Os autores começaram por elaborar um VSM para compreender melhor os fluxos relativos ao processo. Efetuaram um estudo da procura do cliente e do tempo disponível para produção, a fim de calcular o *takt time*, e um estudo de tempos, para averiguar a capacidade de produção da linha. Concluíram que o *takt time* se situava nos 7,2 segundos por peça para a linha em estudo. O tempo de ciclo do posto mais lento era de 8,2 segundos por peça, tempo ao qual acrescia o tempo necessário para tarefas ocasionais do operador, como abastecimento de componentes, controlos de qualidade, tarefas de retrabalho, entre outros. Deste modo, o tempo de ciclo real rondava os 10 segundos, verificando-se uma taxa de produção de aproximadamente 350 peças por hora.

O projeto passou por duas fases distintas. Numa fase inicial foram implementadas melhorias no próprio equipamento, como a implementação de acessórios que facilitam a montagem e a automatização de certas tarefas como a injeção de lubrificante e o retrabalho de remoção de gitos metálicos.

Numa segunda fase foram identificados e eliminados desperdícios. Nomeadamente, verificou-se que os operadores perdiam tempo em transportes de caixas vazias para o local definido na fábrica, pelo que foi colocada uma estante na própria linha de montagem para esse efeito. Ao chegar à linha de montagem, os materiais tinham de ser colocados numa segunda caixa com dimensões diferentes. Foram criados novos apoios para caixas de material padronizadas, para que as caixas pudessem ser colocadas diretamente nesses apoios, sem existir a necessidade de mover o material para uma segunda caixa

diferente. Foram ainda definidas instruções padronizadas de trabalho mais detalhadas para os postos gargalo.

No final do projeto verificou-se um aumento na taxa de produção da linha de montagem de 41% em peças produzidas por hora (aumento de aproximadamente 350 para 493 peças por hora).

#### 2.5.2 Melhoria de tempos de *setup* numa empresa do ramo automóvel

Rosa *et al* (2017) desenvolveram outro projeto de melhoria na empresa onde decorre o presente projeto de dissertação. Este projeto focava-se na melhoria de tempos de *setup*. Alguns dos problemas identificados foram a falta de organização das ferramentas e acessórios das máquinas, a perda de tempo em tarefas de fixação com recurso a chaves inglesas, e em tarefas de inserção de tubos de ar comprimido com rosca, indisponibilidade de ferramentas de apoio ao *setup* (chaves e similares), movimentações desnecessárias até ao armazém para ir buscar consumíveis e peças de substituição frequente, entre outros.

Utilizando a ferramenta SMED, em associação com outras ferramentas *lean* (5S, trabalho padronizado e gestão visual), foram colmatadas as ineficiências observadas. Foi colocado em cada posto de trabalho um conjunto de pequenas caixas rotuladas, de forma a garantir a organização das partes constituintes das máquinas. Foram substituídos os métodos de fixação de peças, por métodos equivalentes, mas mais rápidos. Foram distribuídas ferramentas extra pelos postos de trabalho (chaves e similares), destinadas a serem guardadas no próprio posto. Foi criado um carrinho móvel de apoio ao *setup*, onde era armazenada uma pequena quantidade de peças e consumíveis de substituição frequente, sendo também utilizado para preparação externa do *setup*.

Com as melhorias implementadas foi possível reduzir o tempo de *setup* entre 40% a 60%, dependendo da referência de produto em questão. Desta forma, o processo de *setup* de cada posto individual de trabalho passou a demorar no máximo 10 minutos.

Salienta-se o seguinte: apesar de ter sido possível atingir um tempo de *setup* de cada posto individual igual ou inferior a 10 minutos, é preciso perceber quem está responsável por efetuar o *setup* dos vários postos da linha de montagem. Antes do projeto de melhoria, os técnicos de afinação estavam responsáveis por todo o processo de *setup*, isto é, pelo *setup* individual e sequencial de cada posto de trabalho da linha de montagem. Ao afirmar que após o projeto de melhoria os *setups* podem ser realizados em apenas 10 minutos, os autores assumem que as trocas de referência são agora realizadas em paralelo, estando cada operador responsável pelo *setup* do seu posto, e não em série por um único

técnico de afinação como acontecia anteriormente. Assumindo este pressuposto, os autores concluem que os tempos de paragem devido a *setups* foram reduzidos em 58%.

### 2.5.3 Redução de tempo de ciclo num posto gargalo numa empresa do ramo automóvel

Caso de estudo publicado em 2017 relativo à implementação de metodologias *lean* numa empresa do ramo automóvel (Nallusamy & Adil Ahamed, 2017). O principal problema identificado prendia-se com o facto de o tempo de ciclo do processo ser superior ao *takt time*, pelo que não era possível dar resposta à procura do cliente.

Inicialmente foram recolhidos dados que permitiriam construir um mapeamento do fluxo de valor (ferramenta VSM), como a procura do cliente, horas-homem trabalhadas, tempos de pausa, tempo de ciclo do processo, entre outros. O *takt time* calculado foi de 21 minutos e o tempo de ciclo do posto mais lento correspondia a 26 minutos. O tempo de atravessamento era de 130 minutos, sendo 100 destes minutos considerados de valor acrescentado.

Seguidamente, foi dado um foco na melhoria do posto gargalo, de forma a ser possível obter uma produção que permitisse satisfazer a procura do cliente. Uma das ineficiências identificadas foi o tempo utilizado para transporte de material, pelo que foi implementado um sistema de tapetes rolantes que eliminou completamente este problema. Foi alterado o *layout* das máquinas, e foi implementada a ferramenta 5S de forma a organizar o espaço de trabalho. Com estas alterações verificou-se uma melhoria nos tempos de ciclo do processo, redução nos acidentes de trabalho, redução dos custos de manutenção dos equipamentos e redução de quedas de material que poderiam representar danos nos mesmos.

Com as alterações implementadas, o tempo de ciclo do processo diminuiu cerca de 40%, a produção diária de componentes viu um aumento de 8 para 17 unidades, o inventário que servia de *buffer* foi removido com a utilização de tapetes rolantes, o tempo sem valor acrescentado foi reduzido em 15% e a eficiência do processo subiu de 71% para 81%.

### 2.5.4 Melhoria geral do sistema produtivo numa empresa do ramo automóvel

Neste caso de estudo, publicado em 2017 relativo à implementação de metodologias *lean* numa empresa de fabrico de componentes para o ramo automóvel na Índia (Dhiravidamani *et al.*, 2018), os autores depararam-se com um problema de produtos defeituosos, encontrando-se a percentagem de produtos rejeitados nos 6,59%. Inicialmente foi utilizado um diagrama de causa e efeito para averiguar as causas raiz relacionadas aos defeitos observados. Foram consideradas quatro fontes possíveis de erro: ser

humano, método, máquina e materiais. Após sessão de *brainstorming* para apurar causas raiz e consequentes ações a tomar, a equipa decidiu modificar a ponteira da máquina de jato de areia. Esta modificação levou a uma diminuição da percentagem de produtos defeituosos de dois pontos percentuais ao longo do semestre seguinte.

Seguidamente, foi elaborado um *Value Stream Map* (VSM) para melhor perceber os fluxos, os tempos de paragem sem valor acrescentado e a percentagem de tarefas com valor acrescentado. Esta ferramenta permite rapidamente identificar oportunidades de melhoria. Após construído o VSM, verificou-se um tempo de valor acrescentado de 312 segundos, de um total de 40,5 horas de *lead time*. Os tempos de *setup* representam uma das principais causas para o elevado *lead time*, pelo que foram implementadas medidas para tentar combater este problema. Através de um estudo dos tempos e das movimentações, e de uma revisão à lista de tarefas de *setup*, o tempo médio de *setup* de cada uma das dez máquinas existentes foi reduzido de 71 minutos para 32 minutos. Foi também reduzido o WIP e a quantidade ou duração de tarefas sem valor acrescentado, o que possibilitou uma redução no número de trabalhadores de 16 para 5. Desta forma foi possível uma redução do *lead time* de 40,5 horas para 27 horas.

Por fim, os autores concluem sobre os potenciais ganhos provenientes da utilização de conceitos de melhoria contínua, apenas com alterações relativamente simples no processo.

#### 2.5.5 Análise crítica

Fazendo uma análise crítica sobre os artigos relativos à utilização recente de metodologias *lean manufacturing* com o objetivo de melhoria de sistemas de produção, verifica-se uma tendência em iniciar o projeto com uma ferramenta que permita obter uma visão ampla do processo, como por exemplo o VSM ou o SIPOC. Este tipo de ferramentas permite, mais facilmente, identificar ineficiências e pontos de atrito na cadeia de valor, proporcionando um ponto de partida para o projeto. É feito um diagnóstico da situação atual, através da recolha de dados que permitam caracterizar o sistema, como por exemplo cronometragem de tempos de ciclo, averiguação de valores de procura, valores de inventário, registo de tempos de *setup*, número ou percentagem de defeitos, entre outros. Os dados são analisados e discutidos, a fim de chegar às causas raiz dos sintomas observados no sistema de fabrico. Seguindo a filosofia *lean thinking*, deve sempre haver um foco no valor, pelo que é comum identificar-se tarefas de valor acrescentado e desperdícios. Utilizando ferramentas como *brainstorming*, diagramas de causa efeito, ou semelhantes, é possível maximizar o valor criado e reduzir os desperdícios. Posteriormente, são efetuadas propostas de melhoria, que visam mitigar os problemas encontrados, ou tomar partido de oportunidades de melhoria descobertas. Para terminar, deve haver uma fase de seguimento e controlo



das propostas implementadas, com o objetivo de perceber se os resultados esperados estão a desenrolar-se conforme planeado ou se existe a necessidade de uma nova intervenção de melhoria.

De uma forma geral, verifica-se uma abordagem semelhante em todos os artigos: a progressão de uma visão macro para uma visão micro, no sentido em que é identificado um objetivo geral de melhoria e depois são melhorados pontos concretos no sistema de produção que contribuam para esse objetivo. Neste trajeto do alto ao baixo nível de abstração, são utilizadas diferentes ferramentas do repertório *lean* de acordo com as necessidades da respetiva etapa do projeto. É frequente observar-se um impacto mensurável e significativo na competitividade da empresa, devido à implementação de melhorias baseadas em metodologias *lean*.

### 3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente projeto foi desenvolvido na empresa FicoCables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais LDA, localizada na Maia, entre dezembro de 2020 e junho de 2021, sob a supervisão do engenheiro responsável pela unidade produtiva, Daniel Monteiro.

#### 3.1 Grupo Ficosa International

A empresa pertence ao grupo Ficosa International, que nasceu em Barcelona há 70 anos. O grupo opera no setor automóvel e possui fábricas espalhadas por todo o mundo (Figura 6), em dezenas de países, contando com mais de dez mil trabalhadores. É líder global no desenvolvimento e produção de espelhos para automóveis, tecnologias de visão traseira, sistemas de assistência ao condutor, soluções de *software* e *hardware* para veículos híbridos e elétricos, sistemas de portas e assentos, veículos industriais, entre outros.



Figura 6 – Localização das fábricas FICOSA

#### 3.2 Fico Cables

Nesta secção é feito um breve resumo da história da empresa. É também explicada a forma como se organiza em módulos independentes de produção, e por sua vez como funciona a organização e gestão destes módulos.

##### 3.2.1 História da empresa

A empresa deu início à sua atividade com apenas três trabalhadores em 1971, numa garagem em Vila Nova de Gaia. Em pouco tempo associou-se ao grupo Ficosa, na altura com outro nome, e começou rapidamente a expandir e exportar para fora do país. Na década de 1980, deslocou-se para o espaço

industrial onde opera atualmente, na cidade da Maia. Desde a transição, devido ao crescimento acentuado da empresa, tem vindo a anexar os restantes edifícios presentes na zona industrial. Recentemente, em 2018, o grupo investiu cinco milhões de euros na construção de um novo edifício anexo, destinado à produção de sistemas de conforto (Figura 7).



*Figura 7 – FicoCables, edifício novo (UAP4)*

A empresa opera em duas áreas de negócio, cabos para transmissão de força mecânica, como cabos para elevação de janela, travão de mão, abertura de portas, inclinação do assento, entre outros, e sistemas de conforto, que são incorporados em assentos, permitindo a sua regulação na zona lombar e na zona do assento. Atualmente conta com cerca de mil trabalhadores e trabalha com clientes como Adient, Volkswagen, Opel, PSA, Brose, Renault, entre outros.

### 3.2.2 Unidades Autónomas de Produção

A empresa está dividida em cinco módulos de produção, denominados por unidades autónomas de produção (UAP), ocupando cada um o seu próprio pavilhão industrial, com exceção do UAP2 e UAP3, que apesar de estarem separados, partilham o mesmo teto. Existe ainda um último edifício destinado a armazéns. As funções dos UAP são as seguintes:

- UAP1: Produção de bobinas de espiral, revestimento de cabo e arame, a partir de matérias primas como plástico granulado e arame. O UAP1 é fornecedor interno dos restantes UAPs.
- UAP2: Linhas de montagem de cabos (séries com reduzido volume de vendas), postos de preparação de subconjuntos para linhas, contando também com uma área de corte de cabo, corte de tubo, injeção de plástico e injeção do primeiro terminal zamak (também chamada de primeira injeção).

- UAP3: Primariamente linhas de montagem de cabos (séries com elevado volume de vendas), contando também com algumas máquinas de corte de cabo, corte de tubo, corte de espiral e injeção do primeiro terminal zamak
- UAP4: Produção de sistemas de conforto para assentos, desde injeção de plástico, corte e conformação de arame, até linhas de produção semiautomáticas e automáticas.
- UAP5: Produção de referências em fim de vida, cuja produção a empresa é contratualmente obrigada a garantir, bem como protótipos de novas referências.

### 3.2.3 Estrutura de produção

Existem dois tipos de trabalhadores na empresa, os especializados e os não-especializados.

No UAP1, em parte do UAP4 e UAP5, e nas secções de fabrico dos restantes UAPs, trabalham operadores especializados. Estes são, tipicamente, responsáveis por várias máquinas simultaneamente, e são capazes de realizar manutenção, troca de referência, entre outros processos que requerem conhecimentos técnicos sobre o equipamento, de forma independente. A sua função é iniciar as várias máquinas pelas quais estão responsáveis, avaliar a qualidade das primeiras peças produzidas (verificar que estão dentro das tolerâncias) e garantir o bom funcionamento das máquinas durante o turno (por exemplo em termos de avarias, produção de defeituosos, tolerâncias de corte, etc).

Os restantes trabalhadores, não-especializados, trabalham em linhas de montagem ou em postos de abastecimento de máquinas. Estes trabalhadores apenas operam as máquinas e preenchem documentação da linha, como por exemplo parâmetros de medição do “OK à primeira peça” (medições efetuadas à primeira peça produzida após arranque de turno ou *setup*, de forma a garantir conformidade com padrões estabelecidos) ou *checklists* de segurança ou manutenção preventiva no posto. Não têm, por norma, conhecimentos sobre correção de avarias ou semelhantes. Nesses casos, devem chamar a equipa de manutenção ou um técnico afinador.

Os técnicos afinadores são uma parte integral do processo fabril, apesar de existirem apenas dois ou três por UAP, por serem necessários para realizar *setups*, corrigir pequenas avarias nas máquinas e afinar máquinas quando estas saem das tolerâncias estabelecidas.

A hierarquia do departamento de produção de cada UAP (Figura 8) funciona da seguinte forma:

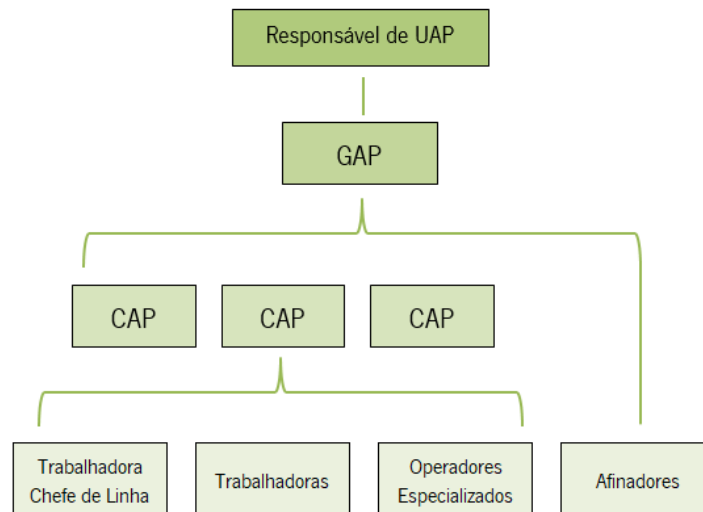


Figura 8 - Hierarquia do departamento de produção

Na empresa existem cinco responsáveis, ou gestores, de UAP, distribuídos pelas cinco unidades autónomas de produção existentes. O papel de responsável de UAP era tipicamente atribuído a um “ex-operador” com décadas de experiência na empresa, mas sem formação teórica em gestão industrial. Recentemente houve uma reformulação da estrutura da empresa, pelo que foram contratados externamente engenheiros de produção, para desempenhar este papel no UAP3 e UAP4.

O responsável de UAP tem como funções a gestão de todo o UAP, desde o planeamento da produção, melhorias de eficiência, planos de ação para cumprimento de requisitos de qualidade, gestão de pessoas, modificações do *layout* do UAP, ou qualquer outra situação que possa ocorrer relativamente à gestão do UAP.

Na reformulação recente da estrutura de produção da empresa, foram também definidos novos títulos para os cargos de chefia intermédia, nomeadamente Célula Autónoma de Produção (CAP) e Grupo Autónomo de Produção (GAP). Estes nomes são confusos, por mencionarem conjuntos de pessoas (grupo, célula) mas representarem somente indivíduos (supervisoras individuais), pelo que não são utilizados no quotidiano da empresa, sendo favorecidas as abreviaturas de CAP e GAP.

A GAP (supervisora geral) responde diretamente ao engenheiro responsável pelo UAP, sendo o seu braço direito. A GAP é uma “ex-operadora” que foi promovida a um cargo de chefia e está responsável por gerir no terreno todo o UAP, desde pessoas, linhas, avarias, ou qualquer outra situação que possa ocorrer no chão de fábrica.

Cada UAP está dividido em três ou quatro subáreas, e existe uma CAP (supervisora local) responsável por cada uma dessas áreas e, portanto, pelo conjunto de linhas de montagem e máquinas pertencentes

às mesmas. CAPs são “ex-operadoras” que foram promovidas a um cargo de chefia. São responsáveis pela limpeza e organização das suas áreas, gestão de inventários de produto acabado e de materiais, gestão de pessoas e comunicação às suas chefias de qualquer problema maior que ocorra.

Em cada linha de produção existe uma trabalhadora com mais experiência que assume o papel de líder de equipa ou chefe de linha. Por norma, é esta pessoa quem preenche a documentação de linha e quem requisita o reabastecimento de materiais à linha, tal como comunica qualquer problema à sua chefia. Apesar da distinção e das responsabilidades acrescidas, estas trabalhadoras estão no mesmo patamar das restantes colegas trabalhadoras. No mesmo nível estão também os operadores especializados e os afinadores, no entanto estes últimos, por se deslocarem por todo o UAP, respondem diretamente à GAP e não às CAPs.

### **3.3 Foco do projeto**

Por fim, é situado o foco do projeto nas linhas de montagem Multi-Referências 2 e 1, onde o mesmo decorreu, sendo feita no próximo capítulo uma apresentação geral das linhas, bem como dos produtos fabricados nas mesmas.

## 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO

O presente capítulo inicia com uma descrição das linhas de montagem onde incidiu o projeto, das suas características diferenciadoras no sistema produtivo da empresa, e do produto fabricado nas mesmas. Devido à elevada variedade de referências produzidas nestas linhas, é limitado o alcance do projeto às referências mais relevantes através de uma análise ABC. Posteriormente, são descritos os postos de trabalho da linha, sendo explicada a sua função. É apresentada uma análise de tempos relativa a ambas as linhas de montagem. De seguida, é feita uma análise crítica aos indicadores de desempenho utilizados pela empresa e que, portanto, regem o seu dia a dia e a sua tomada de decisão. Por fim, é feita uma análise detalhada da linha de montagem Multi2, seguida da linha Multi1.

### 4.1 Descrição das linhas de montagem Multi-Referências 2 e 1

O presente projeto foi desenvolvido no UAP3, nas linhas de montagem Multi-Referências 2 e Multi-Referências 1 (abreviadas Multi2 e Multi1, respetivamente), onde são produzidos cabos de assento. A Figura 9 mostra a linha de montagem Multi2.



*Figura 9 - Linha de montagem Multi2*

Na Figura 10 é possível ver uma representação do *layout* da Multi2. O fluxo de material dentro da linha de montagem é circular e unidirecional, começando no posto “Marcas Brancas” e terminando no posto “Etiqueta”.

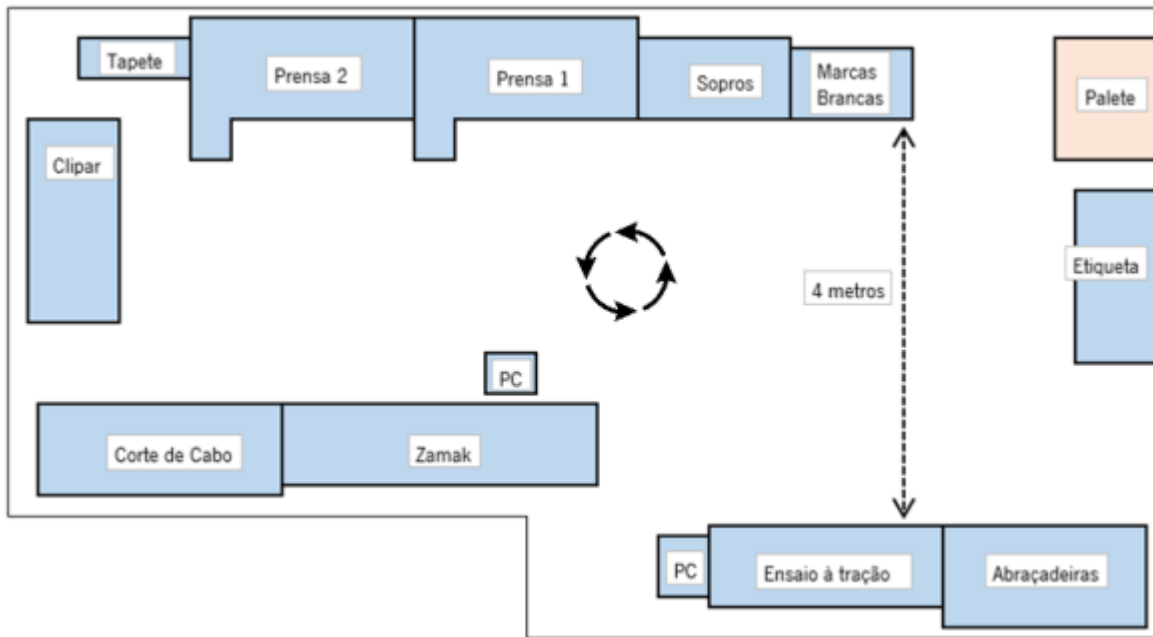


Figura 10 - Layout da Multi2

A Figura 11 mostra a linha de montagem Multi1.



Figura 11 - Linha de montagem Multi1

Na Figura 12 é possível ver uma representação do *layout* da Multi1. O fluxo de material dentro da linha de montagem é circular e unidirecional, começando no posto “Sopros” e terminando no posto “Alavanca”. O posto “Muro de Qualidade” é utilizado apenas em situações excepcionais, por exemplo em novos projetos ou em situações de reclamações do cliente.



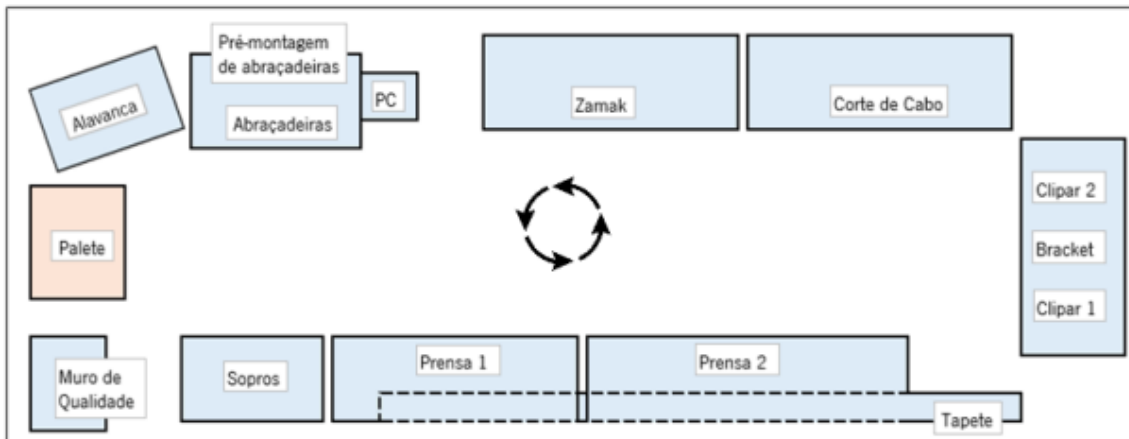


Figura 12 - Layout da Multi1

#### 4.1.1 Produto fabricado nas linhas Multi-Referências

A diferença fundamental entre a Multi2 e a Multi1 prende-se com o tipo de cabo produzido em cada uma delas: na Multi2 são produzidos cabos duplos, isto é, cabos com dois trames, enquanto que na Multi1 são produzidos cabos simples, de trame único. A Figura 13 mostra algumas das referências produzidas na Multi2 (de cima para baixo: referências 50, 936 e 47).



Figura 13 - Exemplos de referências da Multi2

A Figura 14 mostra algumas das referências de cabo produzidas na Multi1 (de cima para baixo: referências 885, 849 e 026).



Figura 14 - Exemplos de referências da Multi1

Os cabos produzidos pela empresa são maioritariamente constituídos pelos mesmos tipos de componentes de base: tubos em espiral (ou apenas “espirais”), terminais de espiral, cabos de aço, terminais zamak, tubos exteriores, abraçadeiras, entre outros, sendo que entre diferentes referências e tipos de produto, variam somente as características destes componentes. A título de exemplo, comparando um cabo de travão com um cabo de porta, ambos são constituídos por espirais e cabos de aço, no entanto o cabo de travão é muito mais comprido, apresenta maior grossura de espiral, e contém um cabo de aço muito mais forte, a fim de aguentar as altas forças exigidas.

As Figura 15 (a) e (b) mostram os constituintes do cabo referência 47, produzido na linha Multi2. Estes elementos são dos mais comuns existentes na fábrica, existindo outros mais específicos de certas referências, como é o caso dos conjuntos compensadores utilizados na referência 848 e 849 da linha Multi1 (Figura 11 (c)).

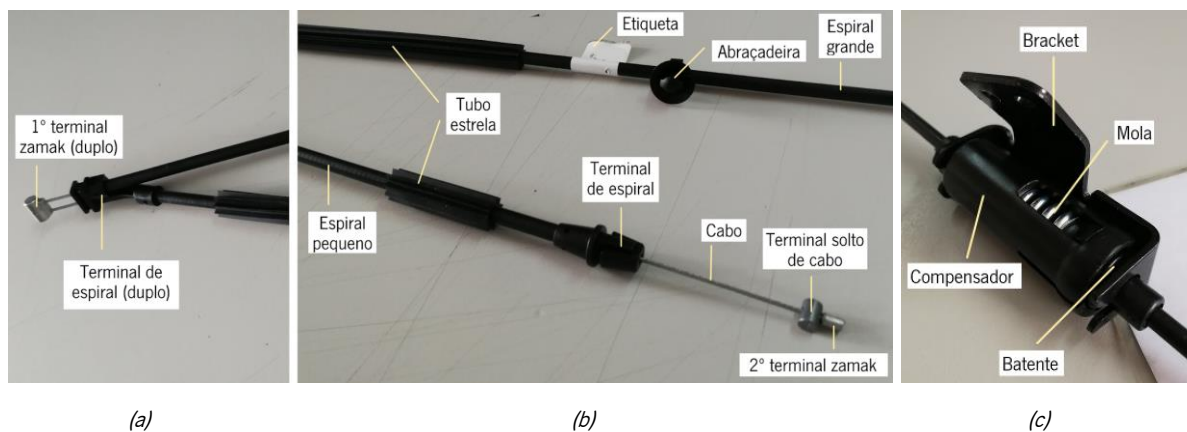


Figura 15 - Componentes da ref. 47 (a, b) e conjunto compensador das ref. 848 e 849 (c)

Uma particularidade deste UAP é a existência de referências denominadas de “gémeas”. Tratam-se de pares de referências em quase tudo iguais, mas simétricas. Por exemplo, existe um determinado cabo para o assento esquerdo do automóvel, e uma versão simétrica para o assento direito. Por vezes as referências gémeas têm ainda outras diferenças menores entre si, como a cor do tubo exterior ou cor dos terminais de espiral. O seu processo de montagem é igual, exigindo apenas a substituição de algumas ferramentas das máquinas para versões simétricas, devido à simetria do encaixe de algumas peças. Desta forma, faz sentido estudar as referências de produto não de forma isolada, mas por pares de referências gémeas (exceto nos casos onde não existe uma referência gémea).

Foi elaborado um diagrama SIPOC de forma a perceber, com um elevado nível de abstração, o contexto envolvente do processo de montagem de cabos de assento, nas linhas Multi1 e Multi2 (Figura 16).



Figura 16 - Diagrama SIPOC das linhas Multi-Referências

#### 4.1.2 Versatilidade das linhas Multi-Referências

Contrariamente à maioria das linhas de montagem da fábrica, que produzem em massa uma ou duas referências de cabo, para um cliente, estas linhas de montagem, que apresentam um *layout* em U, foram criadas para servir como linhas versáteis, onde podem ser produzidas dezenas de referências de cabo muito diferentes entre si. Enquanto que as taxas de produção de algumas das outras linhas do UAP3 rondam os 500 a 1000 cabos por hora, as linhas Multi-Referências rondam em média os 100 cabos por hora. De certa forma, funcionam como um sistema produtivo híbrido entre uma oficina de montagem manual de peças e uma linha de produção em massa. Desta forma, têm algumas das vantagens das linhas de produção em massa, como a existência de alguns tapetes rolantes, sistemas anti erro, fluxo unidirecional de peças, mas muitas das desvantagens do trabalho em oficina, nomeadamente, frequentes e ineficientes transportes manuais de peças, trabalho com lotes elevados entre postos, demorados *setups* das máquinas multifunções existentes nestas linhas, entre outros. Devido à sua versatilidade, a configuração destas linhas não pode ser otimizada para a produção de uma determinada referência, em termos de configuração de máquinas, *layout* ou transportes através de tapetes, visto que

o funcionamento das linhas pode ser bastante diferente entre referências. Assim, qualquer proposta de melhoria terá de ser avaliada face à possibilidade de afetar negativamente o funcionamento da linha na produção das restantes referências.

## 4.2 Análise ABC

Devido à elevada variedade de referências produzidas nas linhas de montagem em estudo, o projeto foi limitado a apenas algumas das referências mais importantes. Desta forma, foi feita uma análise ABC relativamente às referências produzidas nas linhas Multi2 e Multi1, com base em dados de procura de dois meses e meio, começando pela Multi2 (Tabela 2)

### 4.2.1 Análise ABC – Multi2

Tabela 2 - Análise ABC Multi2

Linha	Referência	Procura mensal	Percentagem da procura total	Percentagem da procura total (por referências gêmeas)	Percentagem cumulativa	Classificação (ABC)
Multi2	47	6460	32%	61%	61%	A
	48	5820	29%			
	174	2380	12%	22%	83%	B
	173	2020	10%			
	51	1350	7%	12%	95%	C
	53	970	5%			
	50	710	4%	4%	98%	C
	936	350	2%			
	935	0	0%	2%	2%	C

A Figura 17 mostra o gráfico de Pareto relativo aos dados da Tabela 2, no sentido de tornar a informação mais visual.

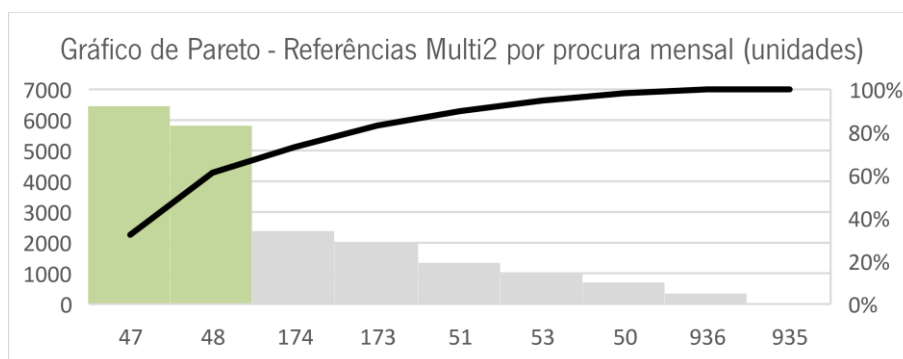


Figura 17 - Gráfico de Pareto - Referências Multi2 por procura mensal

Conforme observável pelo gráfico de Pareto (Figura 17), na linha Multi2 as referências com maior volume de vendas são a 47 e a sua referência gêmea, 48, sendo que juntas correspondem a 61% do *output* da linha. Estas referências são problemáticas em termos de eficiência, raramente atingindo um valor de velocidade de OEE acima de 80% (média de 74%), e necessitam de seis trabalhadoras, o que representa um elevado custo de mão de obra. Assim, o foco do projeto na Multi2 foi as referências 47 e 48.

Foram analisados os postos de trabalho da linha, compreendida a sua função, e identificados os postos que são utilizados nas referências em estudo.

A Tabela 3 contém uma breve descrição de cada posto, pela sua sequência na linha, e uma indicação sobre se é utilizado nas referências 47 e 48 (com uma cruz). Os postos que não são utilizados nesta referência, têm o seu propósito noutras referências da linha.

Tabela 3 - Lista de tarefas e postos Multi2

Linha	Posto	Descrição geral do posto	Referências 47/48
Multi2	Marcas brancas	Colocação de uma fita branca em torno de uma secção do espiral	
	Sopros	Inserção de tubo estrela exterior no espiral	X
	Prensa 1	Prensagem de terminais de espiral	X
	Prensa 2	Prensagem de terminais de espiral	
	Clipar	Prensagem de afinador	
	Montar e cortar cabo	Inserção de cabo de aço no espiral e corte de acordo com especificação de comprimento	X
	Zamak	Injeção de segundo terminal de liga metálica zamak no cabo	X
	Remover rebarbas	Remoção de rebarbas do terminal de cabo (excesso de zamak que escapa do molde)	X
	Ensaio à tração	Teste de tração ao cabo de aço com terminal zamak, verificação do comprimento do cabo (comprimento dentro das tolerâncias exigidas)	X
	Abraçadeiras	Fixação de abraçadeiras e corte do excesso das mesmas	X
	Etiqueta	Identificação da peça com uma etiqueta com QR code	X

#### 4.2.2 Análise ABC – Multi1

Foi também efetuada uma análise ABC relativa à Multi1 (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise ABC Multi1

Linha	Referência	Procura mensal	Percentagem da procura total	Percentagem da procura total (por referências gêmeas)	Percentagem cumulativa	Classificação (ABC)
Multi1	974	75920	61%	74%	74%	A
	026	16870	13%			
	885	14940	12%	12%	86%	B
	848	5430	4%	8%	95%	B
	849	5210	4%			
	440	1760	1%	1%	96%	C
	175	1510	1%	1%	97%	C
	200	1320	1%	1%	98%	C
	182	1080	1%	2%	100%	C
	52	1080	1%			

A Figura 18 mostra o gráfico de Pareto relativo aos dados da Tabela 4, no sentido de tornar a informação mais visual.

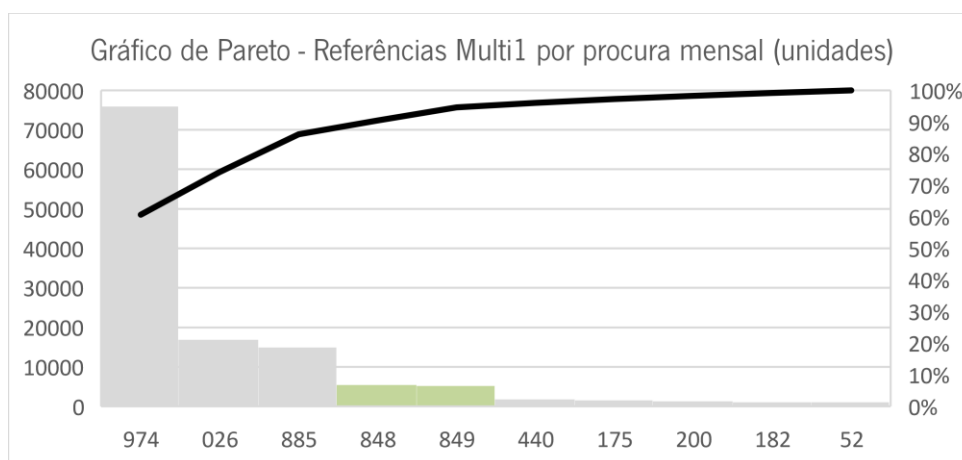


Figura 18 - Gráfico de Pareto - Referências Multi1 por procura mensal

Na Multi1, as referências 974 e 026 correspondem à esmagadora maioria do *output* da linha, 74% (Figura 18). No entanto, estas referências estão apenas temporariamente a ser produzidas nesta linha, sendo que tipicamente pertencem a outra linha de montagem. São referências de pequenas dimensões, com um processo de montagem simples, e onde trabalham apenas três pessoas. A sua velocidade está normalmente acima dos 95%, sendo comum ultrapassar até a taxa de produção planeada. Por estas razões, decidiu-se não analisar estas referências. Também a referência 885 apresenta tipicamente uma boa velocidade, de aproximadamente 90%, pelo que foi considerado mais útil analisar as referências

gêmeas 848 e 849. Apesar de corresponderem apenas a 8% da procura da Multi1, estas referências têm uma procura mensal de dimensão semelhante às referências 47 e 48 da Multi2, um total de cerca de dez mil peças por mês. O seu indicador de velocidade é em média 60%, o que é extremamente baixo, especialmente tendo em conta que são necessárias seis pessoas para produzir esta referência.

A Tabela 5 contém uma breve descrição de cada posto, pela sua sequência na linha, e uma indicação sobre se é utilizado nas referências 848 e 849 (com uma cruz).

Tabela 5 - Lista de tarefas e postos Multi1

Linha	Posto	Descrição geral do posto	Referências 848/849
Multi1	Sopros	Inserção de tubo estrela exterior e de esponja exterior, no espiral	X
	Prensa 1	Prensagem de terminais de espiral	X
	Prensa 2	Prensagem de terminais de espiral	X
	Clipar 1	Prensagem da mola ao batente dentro do compensador	X
	Bracket	Fixação de bracket metálico no exterior do compensador	X
	Clipar 2	Prensagem de espiral pequeno no compensador	X
	Montar e cortar cabo	Inserção de cabo de aço no espiral e corte de acordo com especificação de comprimento	X
	Zamak	Injeção de segundo terminal de liga metálica zamak no cabo	X
	Abraçadeiras	Fixação de abraçadeiras e corte do excesso das mesmas	X
	Pré-montagem de abraçadeiras	Fixação de abraçadeiras plásticas	X
	Alavanca	Montagem de alavanca	

### 4.3 Análise de tempos

Nesta secção é feita uma primeira análise de tempos. São calculados os *takt time* para as referências em análise nas linhas Multi2 e Multi1, e são apresentados os tempos de ciclo cronometrados relativos a cada posto de trabalho. Nas secções 4.5.2 e 4.6.1 são aprofundadas estas análises, tendo em conta o balanceamento utilizado pelas trabalhadoras em ambas as linhas de montagem.

#### 4.3.1 Análise de tempos – Multi2

De forma a analisar em mais detalhe a situação atual da Multi2, a fim de melhorar o seu desempenho, o primeiro passo foi calcular o *takt time* para as referências em estudo. A empresa definiu

contratualmente com o cliente uma taxa de produção de 132 peças por hora para as referências 47 e 48.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura\ do\ cliente} = \frac{3600\ s}{132\ peças} = 27,3\ segundos/peça$$

Foram cronometrados tempos de ciclo para os diferentes postos da linha (Figura 19).

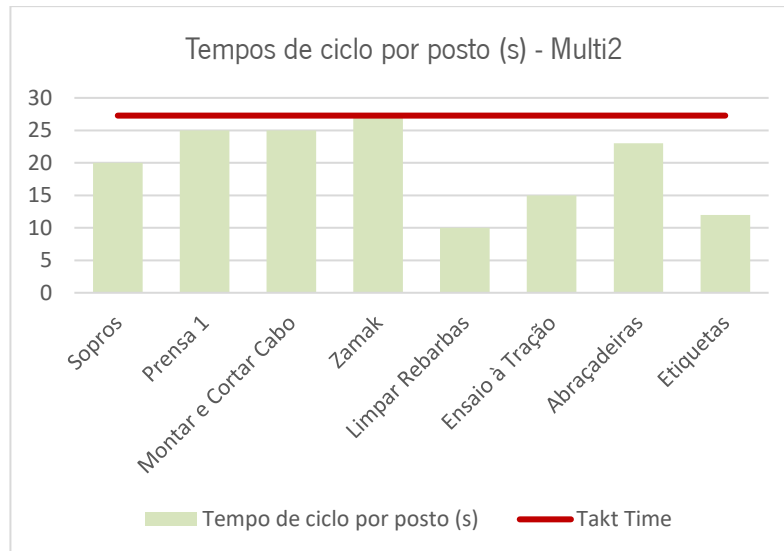


Figura 19 - Tempos de ciclo por posto na Multi2

Pela análise dos tempos, verifica-se que a máquina de injeção de zamak tem um ciclo igual ao *takt time*, de 27 segundos. Existe ainda uma operação esporádica que não foi incluída no gráfico, a armação da caixa com fita cola, e embalagem de peças. Esta tarefa é realizada uma vez por hora e demora 6 minutos.

#### 4.3.2 Análise de tempos – Multi1

O estudo da Multi1 começou com o cálculo do *takt time* e a cronometragem dos tempos de ciclo de cada posto. A empresa definiu contratualmente com o cliente uma taxa de produção de 216 peças por hora para as referências 848 e 849.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura\ do\ cliente} = \frac{3600\ s}{216\ peças} = 16,7\ segundos/peça$$

A Figura 20 mostra o gráfico dos tempos por operação e o *takt time*.



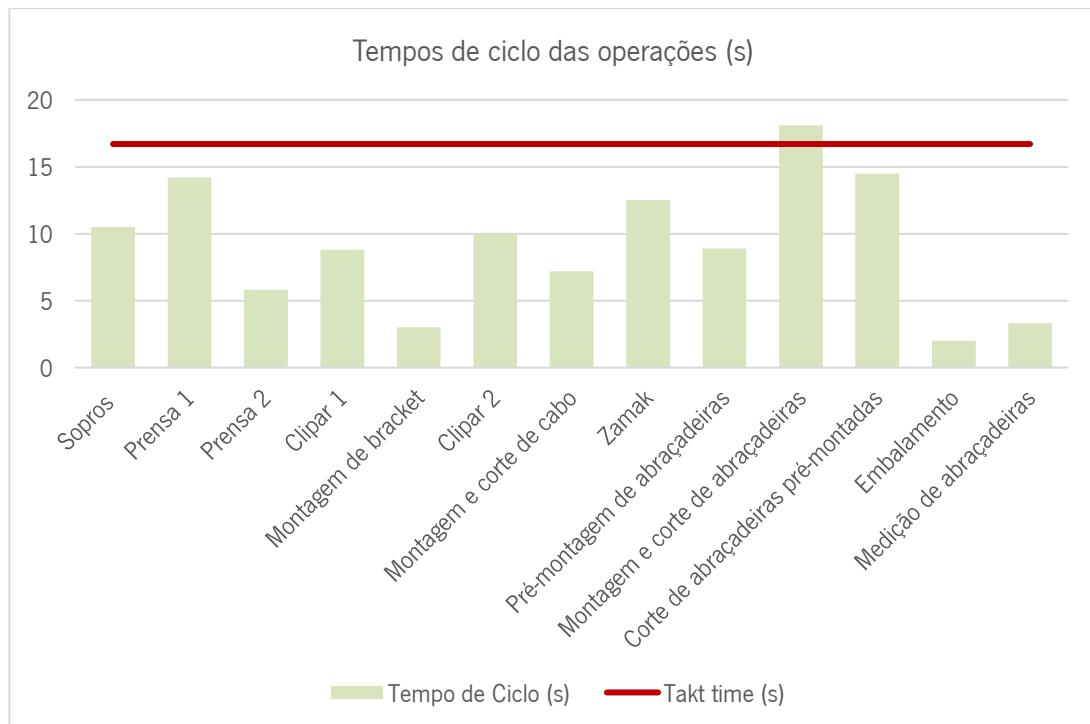


Figura 20 - Tempos de ciclo das operações na Multi1

A tarefa de medição de abraçadeiras é uma imposição de qualidade, na qual é necessário medir a cada hora, com paquímetro, o comprimento das abraçadeiras cortadas, devido a um historial de reclamações do cliente devido a produto não conforme. Esta tarefa é trivial, no entanto existem apenas dois paquímetros no UAP, que têm de ser divididos entre todas as linhas de produção. Por este motivo, é usual a trabalhadora perder 10 minutos à procura do paquímetro, a cada hora. Assumindo uma taxa de produção de 180 peças por hora, este tempo significa um acréscimo de aproximadamente 3,3 segundos ao tempo de ciclo de cada peça.

Numa primeira análise dos tempos, verifica-se que o posto Abraçadeiras tem um tempo de ciclo superior ao *takt time*. A pré-montagem de abraçadeiras é efetuada numa bancada improvisada na traseira do posto de montagem de abraçadeiras, e consiste em posicionar e laçar parcialmente as abraçadeiras, sendo que desta forma a trabalhadora seguinte apenas necessita de posicionar as abraçadeiras, já laçadas, no suporte, e efetuar o aperto final e corte das mesmas com a ferramenta própria. Quando é feita a pré-montagem, o tempo de ciclo do posto Abraçadeiras torna-se inferior ao *takt time*.

#### 4.4 Análise do OEE

Foram consultados os indicadores de desempenho de ambas as linhas, de acordo com os registos do sistema informático da empresa. A empresa utiliza o indicador OEE como KPI (*key performance indicator*) das suas linhas de produção e máquinas individuais.

Tabela 6 - Indicadores de desempenho da empresa no início do projeto

Linha	Disponibilidade	Velocidade	Qualidade	OEE
Multi2	90%	84%	95%	71%
Multi1	96%	84%	98%	79%

Como se pode verificar na Tabela 6, que apresenta indicadores relativos aos dois meses antes do início do projeto, as linhas Multi2 e Multi1 apresentam um OEE baixo, segundo os dados registados pela empresa, de 71% e 79% respetivamente.

Aquando do início do projeto, rapidamente se verificou que existia uma significativa incongruência entre os indicadores de desempenho obtidos pelo sistema da empresa e a realidade do chão de fábrica. Desta forma, foi considerado como um objetivo o estudo desta situação a fim de compreender e tentar corrigir o problema. Como primeiro passo, foi estudado o método de obtenção de dados pelo sistema da empresa.

#### 4.4.1 Velocidade

A velocidade é calculada pela empresa da seguinte forma:

$$Velocidade = \frac{Output\ real}{Output\ planeado}$$

As taxas de produção das diferentes referências de produto fabricadas pela empresa são acordadas contratualmente com o cliente, e são denominadas pela empresa como o “objetivo” horário. Aquando do fecho de um novo contrato, são negociados custeios e objetivos, sendo estabelecida uma meta de produtividade por pessoa (PPH ou peças por pessoa por hora) para determinada referência. A título de exemplo, se uma determinada referência tem um PPH de 10 peças por pessoa por hora e a linha trabalha com 5 pessoas, então o objetivo é de 50 peças por hora. No chão de fábrica, o *output* das linhas é registado em tempo real pelo sistema MES (*Manufacturing Execution System*).

Este sistema funciona sem problemas quando o número de trabalhadores registados no sistema coincide com o número de trabalhadores que estão realmente a trabalhar na linha. Uma situação observada recorrentemente foi a presença de trabalhadoras na linha, que não estavam registadas no programa informático. Desta forma, o seu PPH não era incluído no cálculo do objetivo, e estariam por exemplo 6 pessoas a trabalhar para o objetivo de apenas 5 pessoas, pelo que tinham uma larga margem que lhes permitia atingir sempre uma boa eficiência, e permitia à linha parar cerca de 10 minutos a cada hora, visto que o objetivo já tinha sido produzido. Esta situação era efetuada de forma propositada pelas trabalhadoras, tentando que as chefias não se apercebessem. Devido a este problema (que também se

verificou noutras linhas da empresa não mencionadas nesta dissertação, o que sugere ser um problema inerente à cultura da empresa) foi feito um registo manual da produção da linha, bem como do objetivo.

Tabela 7 - Velocidade real da linha face ao registado em sistema

Dia	Linha	Velocidade real da linha	Velocidade registada no sistema
14/jan	Multi2	77%	85%
18/jan	Multi2	83%	85%
19/jan	Multi2	71%	83%
19/jan	Multi2	76%	92%
22/jan	Multi2	60%	81%
02/fev	Multi2	68%	85%
02/fev	Multi2	77%	80%
04/fev	Multi2	80%	85%

A Tabela 7 mostra a disparidade entre os valores reais de velocidade, face aos que estão registados no sistema da empresa. Para este registo foram contabilizados apenas períodos de produção (desde segmentos de várias horas, a turnos completos) onde houve a possibilidade de acompanhar a linha frequentemente, de forma a garantir que o número de trabalhadores considerados era o real. Foram desconsiderados os períodos de tempo (e *outputs* correspondentes) de pausas mais longas, devido a avarias, *setups*, ou outra pausa que influencie a disponibilidade e não a velocidade. Desta forma, é possível concluir que os valores de velocidade registados no sistema da empresa neste período, nesta linha, são cerca de 15% superiores aos valores reais verificados no chão de fábrica.

#### 4.4.2 Qualidade

O sistema informático da empresa calcula o indicador Qualidade da seguinte forma:

$$Qualidade = \frac{Peças\ conforme}{Peças\ Conforme + Peças\ Não\ Conforme}$$

Quando nas linhas são detetadas peças não conformes, estas são imediatamente rejeitadas. As peças são colocadas num contentor vermelho de sucata, e é inserido no sistema informático a informação de que determinado conjunto de peças foi descartado, é especificada a linha onde surgiu o problema, e é descrito o defeito em questão. Desta forma, é calculado automaticamente o indicador Qualidade.

O problema, neste caso, prende-se com o facto de serem registados defeitos na linha de montagem, que não tiveram origem na mesma. Por exemplo, quando o cabo cortado é abastecido à linha, mas apresenta defeitos, essa sucata é reportada na linha, em vez de ser reportada no equipamento que deu origem ao defeito, nomeadamente a máquina de corte de cabo. Segundo Nakajima (1988), o indicador Qualidade do OEE deve dizer respeito apenas aos defeitos que acontecem numa determinada máquina para a qual está a ser calculado o OEE. Fez-se uma análise de Pareto aos motivos de rejeição de material na linha

Multi2 (Figura 21), relativamente às referências 47 e 48, reportados num período de 6 meses. A tabela com os dados completos encontra-se no Apêndice 1. Em primeiro lugar foi construído o gráfico com os custos associados à sucata reportada na linha (Figura 21).

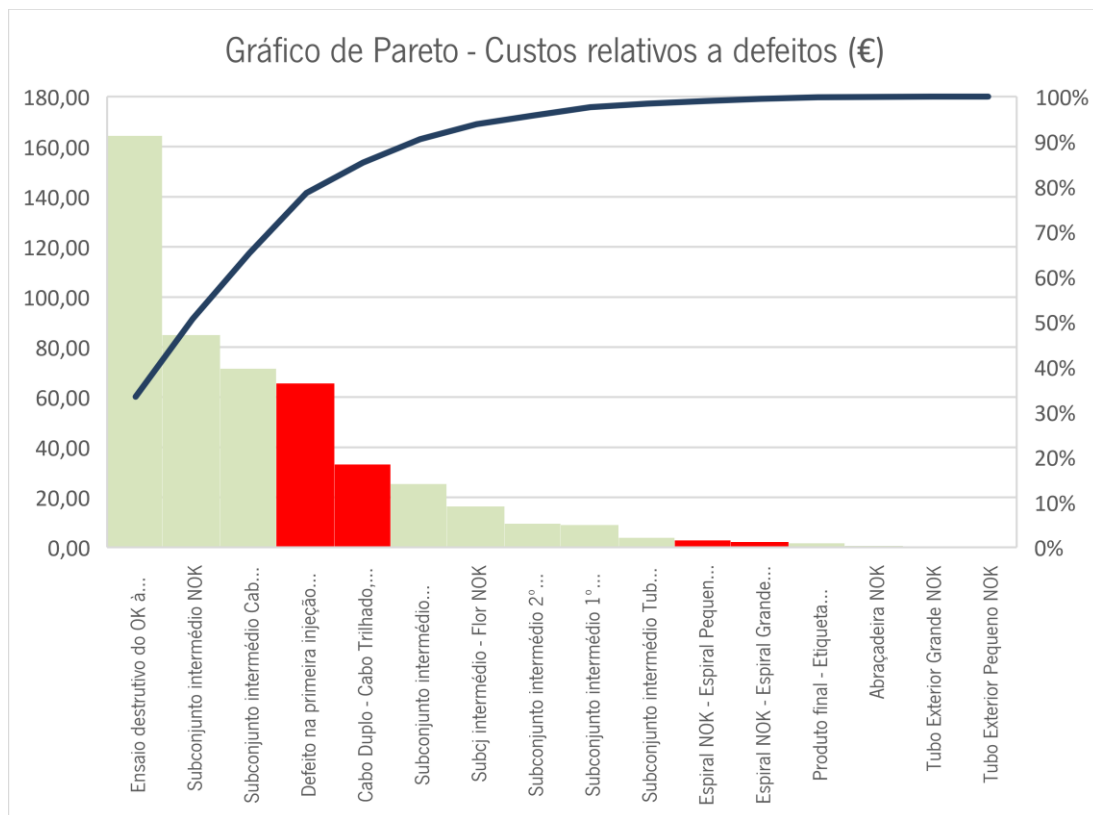


Figura 21 - Gráfico de Pareto de custos relativos a defeitos

No gráfico está assinalada a vermelho a sucata que teve origem fora da linha, mas que estava reportada como tendo sido originado na própria linha, o que corresponde a 21% dos custos totais de sucata.

A empresa utiliza, no cálculo do seu indicador Qualidade, as unidades de peças defeituosas e não o custo. Isto é problemático visto que são comparadas diretamente peças em diferentes estágios de produção. Ou seja, a não conformidade de determinada quantidade de peças de produto acabado tem o mesmo impacto no indicador que a não conformidade do mesmo número de um pequeno componente, como terminais plásticos, apesar do produto acabado ter um valor substancialmente superior.

Como é possível observar pela tabela no Apêndice 1, o defeito que apresenta maior custo é o “OK à primeira peça”, que diz respeito a rejeitar produto acabado após serem realizados testes de tração destrutivos, por requisito do cliente. Este defeito apresentou um custo de 34% do custo total (ou 160€) no período em questão, e correspondeu apenas a 12% do total de unidades rejeitadas. Por outro lado, o defeito relativo a etiquetas danificadas, que representa a mesma percentagem de unidades (12% do total de unidades rejeitadas) representa um custo para a empresa de 0,35% do custo total (ou 2€). Neste

exemplo é possível perceber o problema da comparação direta de unidades de produto em diferentes estágios de produção.

Construindo um gráfico de Pareto com as unidades de peças defeituosas (Figura 22), em vez do custo, vê-se uma imagem alarmante: 40% das unidades defeituosas reportadas na linha tiveram origem em postos a montante da linha. No gráfico está assinalada a vermelho a sucata que teve origem fora da linha, mas que estava reportada como tendo sido originado na própria linha.

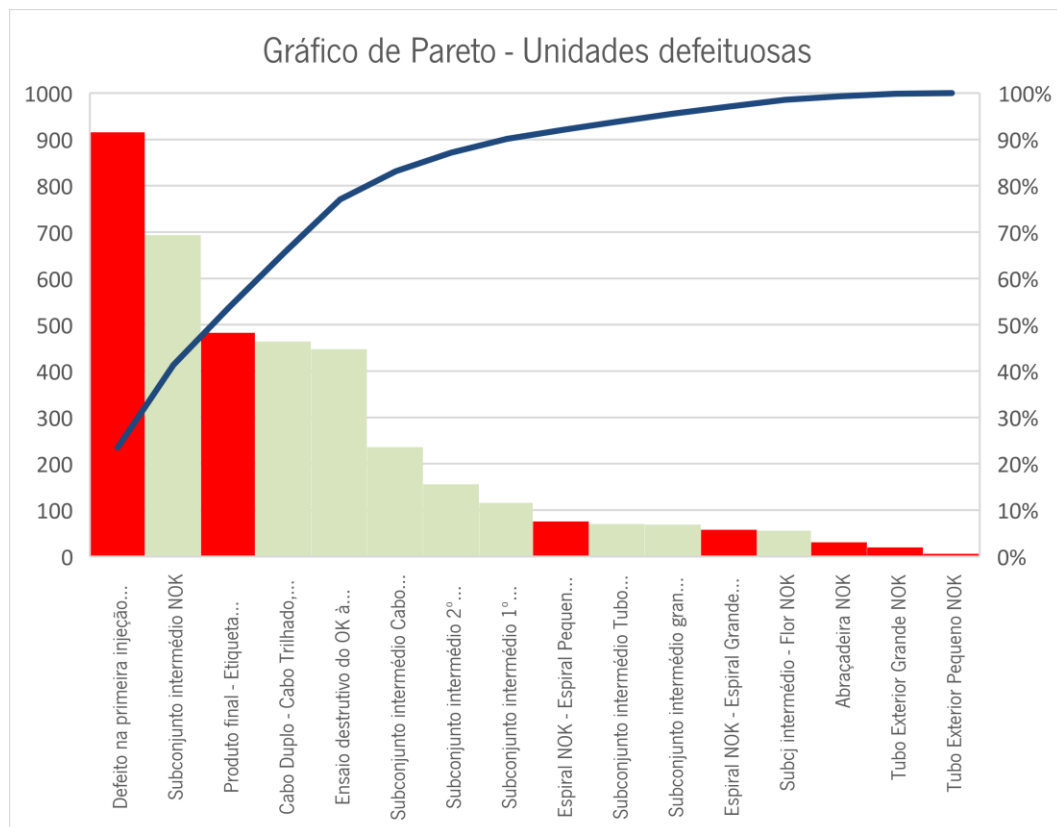


Figura 22 - Gráfico de Pareto relativo a unidades defeituosas

Desta forma conclui-se que o valor real do indicador Qualidade na linha é superior ao valor registado em sistema, e que há um ineficaz registo deste parâmetro. Para além disso, o indicador de qualidade das máquinas a montante da linha está mais elevado do que deveria, visto que certos defeitos não estão a ser registados na origem.

Estas conclusões são problemáticas, visto que a análise destes dados, que não traduzem a realidade, pode levar a empresa a tomar ações de melhoria de qualidade onde a mesma não é crítica, deixando passar casos, como os postos a montante, que possam contribuir substancialmente para os custos de sucata.

#### 4.4.3 Disponibilidade

Na empresa em estudo, a disponibilidade é contabilizada da seguinte forma: o sistema MES multiplica o número de trabalhadoras numa determinada linha de produção, pelo período de tempo no qual as trabalhadoras estiverem alocadas à linha, obtendo o número total de horas-homem trabalhadas. De seguida é calculado o tempo improdutivo em horas-homem, multiplicando o número de trabalhadoras presentes na linha pelo tempo de paragem da mesma. Subtraindo o tempo de paragem ao tempo total trabalhado, e dividindo pelo tempo total trabalhado, é obtido o indicador disponibilidade.

Desta forma, uma avaria de equipamento em que as trabalhadoras estão na linha sem produzir, é contabilizado como uma perda de disponibilidade. No entanto, caso seja planeada uma manutenção preventiva durante um período em que a linha estaria de qualquer forma inativa (como o turno da noite, por exemplo), este não conta como perda de disponibilidade, visto que no sistema a linha está inativa.

O problema surge quando as chefias procuram solucionar o problema de avarias inesperadas ou *setups* demorados através da deslocação de pessoas para linhas inativas, linhas essas que servem como linhas suplentes em caso de paragens de outras, desta forma maximizando a utilização da mão de obra e realizando o *setup*, ou manutenção corretiva, de forma externa ao funcionamento da linha. Em teoria parece uma solução evidente, no entanto é falaciosa por diversas razões:

- Do momento em que é finalizada a ordem de produção e começa o *setup*, ou do momento que se dá a avaria, até ao momento que a equipa é movida para uma linha alternativa perde-se 10 a 20 minutos, dependendo da agilidade da reação da chefia na situação em particular.
- O arranque de uma linha alternativa necessita de preenchimento de documentação de qualidade (OK à primeira peça). Este processo pode ser rápido (cerca de 20 minutos) com uma equipa rotinada, mas quando a equipa é nova pode demorar bastante tempo (40 a 60 minutos).
- A taxa de produção de uma linha com trabalhadoras suplentes nunca é igual à taxa de produção com as trabalhadoras fixas, podendo-se esperar um desempenho de apenas 60% a 80% do habitual. Isto deve-se à falta de motivação por trabalhar numa determinada linha apenas temporariamente, bem como à curva de aprendizagem e de habituação ao processo técnico em si.
- Um cenário que acontece frequentemente é a alocação, pelas chefias, de trabalhadoras a linhas que já estão em funcionamento, em vez de linhas inativas, no sentido de tentar aumentar a sua taxa de produção. Este cenário é ineficiente porque a linha continua a funcionar à mesma taxa de produção, apesar de contar com recursos humanos extra. Isto acontece porque as trabalhadoras têm receio de produzir um *output* superior ao objetivo planeado, e conseqüentemente que haja um futuro aumento dos objetivos pelos planeadores de produção, pelo que param de trabalhar mal atingem o objetivo

da hora. Para além disso, tendo em conta o processo de montagem dos cabos, a linha nunca conseguirá produzir mais do que a cadência ditada pelo gargalo, pelo que é ineficiente a alocação de pessoas extra à mesma.

Desta forma, verifica-se que a fim de preservar o bom indicador de disponibilidade numa determinada linha, em termos práticos a empresa acaba por prejudicar o indicador velocidade de linhas suplentes. Devido à sua complexidade, tipicamente as linhas Multi1 e Multi2 não assumem o papel de linhas suplentes. Salvo raras exceções, são linhas que funcionam sempre com as mesmas pessoas pelo que não sofrem qualquer impacto no indicador velocidade pelos motivos supramencionados.

Foi acompanhado um processo de *setup* na Multi2, no turno da manhã, para a referência 50 (a referência mais complexa). No momento em que a linha parou para *setup*, estavam 6 trabalhadoras na linha. Eventualmente, cerca de 20 minutos depois, as trabalhadoras foram retiradas da linha, e movidas para uma outra linha de montagem para que não ficassem paradas. Na linha ficou presente apenas o técnico afinador que realizou o *setup*, demorando 3 horas. Em sistema ficou registado um tempo de paragem da linha, devido a *setup*, de apenas 20 minutos, tempo coincidente com o período de paragem no qual ainda haviam trabalhadoras presentes na linha, quando na realidade o *setup* demorou aproximadamente 3 horas.

Analisando os dados registados relativos a paragens da linha Multi2 durante 6 meses, verifica-se que o tempo médio de paragem devido a mudança de referência, registado no sistema informático da empresa, é de apenas 9,6 minutos por *setup*, e que este tempo corresponde a cerca de um terço das paragens registadas (Tabela 8).

Tabela 8 - Motivos de paragem registados em sistema

Multi2		Multi1	
Motivo de paragem	% do tempo total de paragem	Motivo de paragem	% do tempo total de paragem
Mudança de referência	33%	Mudança de referência	39%
Falha mecânica	29%	Falha mecânica	24%
Linha desbalanceada	26%	Novo projeto	15%
		Linha desbalanceada	10%

As linhas multi-referências foram concebidas com um papel versátil em mente, na medida em que recorrendo às suas máquinas multifunções, é possível produzir um conjunto relativamente alargado de referências de cabo. Devido à diversidade de referências, os *setups* são frequentes nesta linha (cerca de um por dia), o que pode levar a perdas consideráveis de disponibilidade.

Assim, decidiu-se analisar esta situação, pelo que foram acompanhados, e registadas as durações, de cinco processos de *setup* na Multi2, entre as referências 47, 48, 173 e 174. *Setups* entre referências

gêmeas são mais rápidos, visto ser necessário substituir apenas algumas ferramentas, enquanto que *setups* para referências diferentes são mais prolongados, porque geralmente requerem a substituição de peças em quase todos os postos da linha. A Tabela 9 mostra o tempo médio de *setup* em cada posto da Multi2.

Tabela 9 - Tempos de *setup* de postos da Multi2

Posto	Tempo Médio (min)
Prensa 1	12
Prensa 2	8
Corte de Cabo	5
Zamak	7,25
Ensaio à Tração	7,5
Abraçadeira	3,5
Etiqueta	3
Afinação da medição de cota	10

Conforme mencionado na secção 2.5.2, já foi feito um trabalho de melhoria de tempos de *setup* na empresa, recorrendo à ferramenta SMED. Foram segregadas tarefas de *setup* externas e internas, foram substituídos sensores de rosca por sensores de encaixe, chaves inglesas deixaram de ser utilizadas passando a utilizar-se manivelas manuais de fecho rápido, foram definidos locais no próprio posto para guardar as ferramentas das máquinas a substituir, foram criadas instruções de *setup* (normalização do trabalho e gestão visual) (Figura 23 (a) e Apêndice 2) e foram definidos espaços para colocação das ferramentas (5S e gestão visual) (Figura 23 (b)).

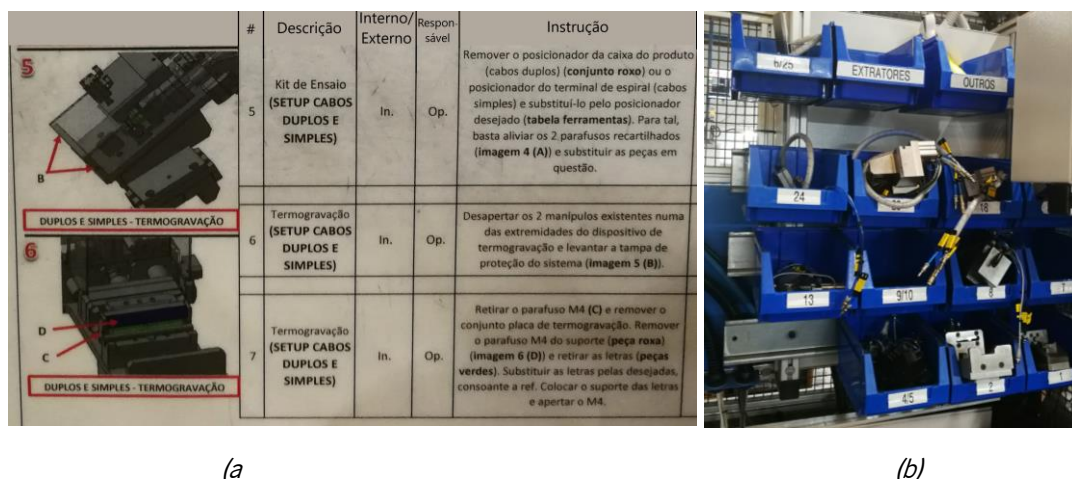


Figura 23 – Instruções de *setup* (a) e espaços para armazenamento de ferramentas de *setup* (b)

Devido a estas melhorias, foi possível baixar o tempo de *setup* de cada posto para cerca de 10 minutos, ou menos. Note-se que de acordo com as instruções de *setup*, quem está responsável por realizar o *setup* de cada posto é a própria operadora, e não o técnico de afinação.



No entanto, os *setups* na linha Multi2 continuam a demorar muito tempo, em média uma hora, por vezes estendendo-se caso se trate de uma referência cujo *setup* é mais complexo (como a referência 50, por exemplo) ou caso aconteça algo inesperado, como uma peça danificada ou um sensor em falta. Foi realizada uma análise *5-Whys* para tentar perceber a causa raiz do problema (Figura 24).

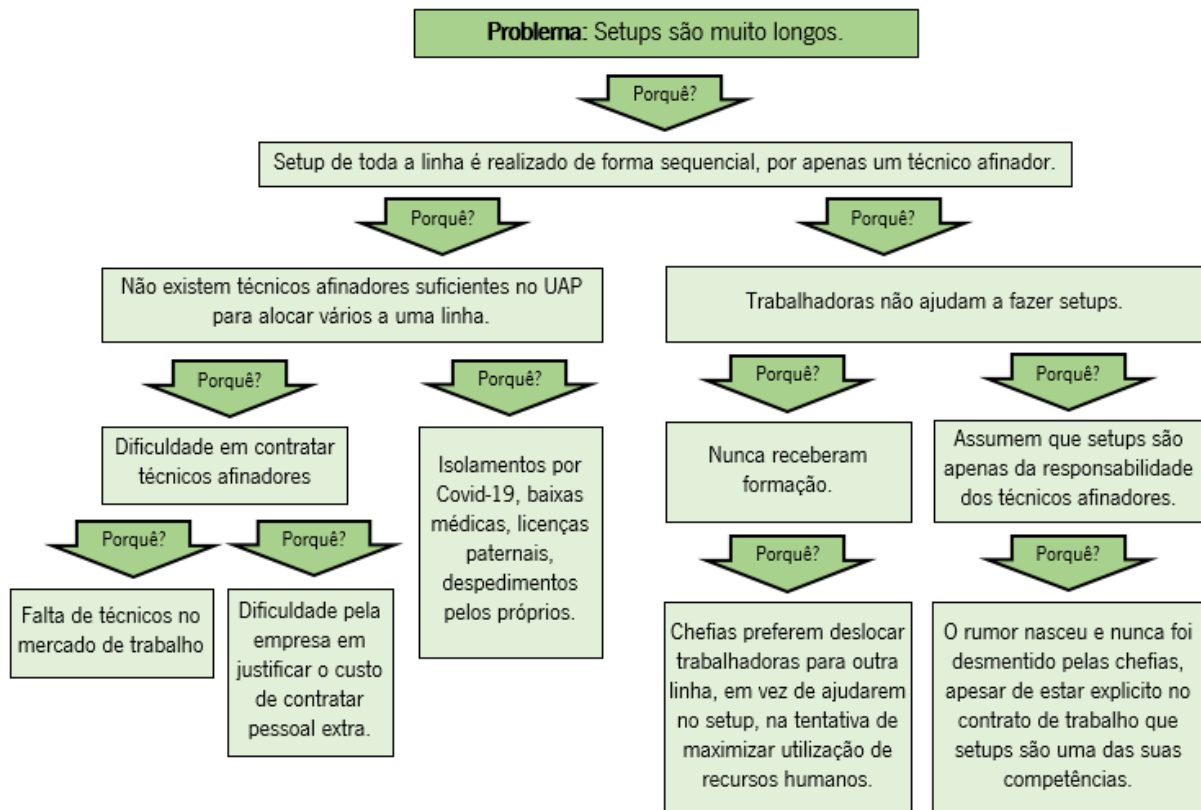


Figura 24 - Análise 5-Why sobre setups demorados

Visto que o tempo médio de *setup* é de aproximadamente 1 hora e que o *setup* mais rápido observado, entre referências gêmeas, demorou 30 minutos, conclui-se que o valor registado em sistema para tempo médio de *setup* (9,6 minutos) é irrealista e significativamente mais baixo que o observado no chão de fábrica. Extrapolando esta conclusão para o outro motivo de paragem de maior relevância - as falhas mecânicas - espera-se que também neste caso as paragens registadas sejam inferiores às reais, visto que também numa situação de falha mecânica, as trabalhadoras são removidas da linha e o indicador disponibilidade fica “congelado” durante o período de paragem da linha. Assim, depreende-se que o indicador disponibilidade será, na realidade, bem mais baixo que o valor registado pela empresa.

## 4.5 Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria – Multi2

### 4.5.1 Excesso de inventário

Observando o funcionamento da linha, verificou-se uma acumulação de inventário nos primeiros postos da mesma. Foram registados dados de *WIP* nos *buffers* imediatamente a jusante de cada posto, através de várias observações em diferentes momentos do turno, e foi construído um boxplot com os mesmos (Figura 25).

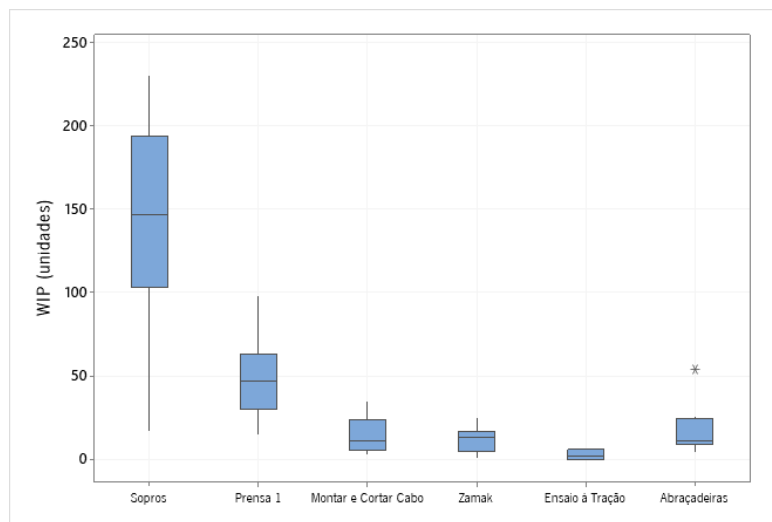


Figura 25 - Boxplot relativo a inventário em buffer após cada posto

Como é possível ver no gráfico, o primeiro posto apresenta um *WIP* entre 100 e 200 unidades, e o segundo posto apresenta uma mediana de cerca de 50 unidades. Fez-se uma análise *5-Whys* para tentar perceber a causa raiz desta acumulação de inventário (Figura 26).

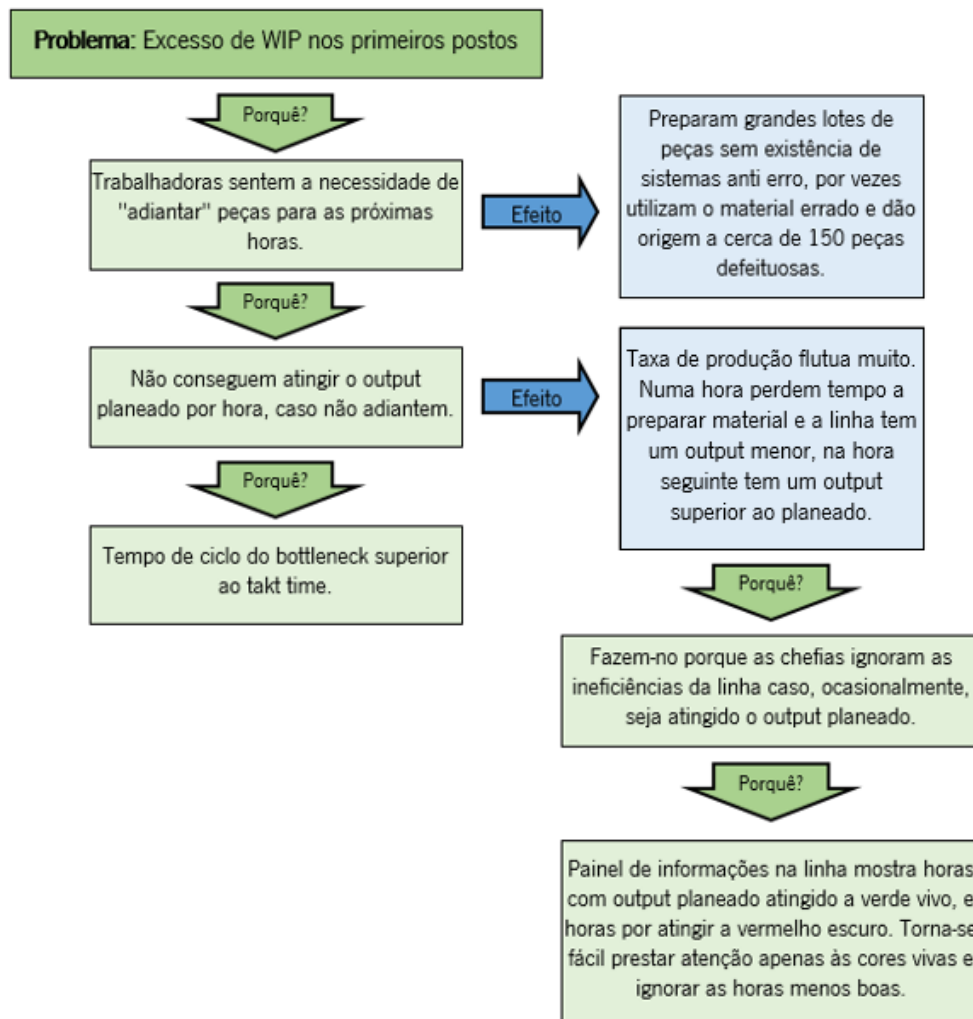


Figura 26 - Análise 5-Why sobre excesso de WIP nos primeiros postos

Feita a análise, conclui-se que a preparação de material de uma hora para a seguinte, e a conseqüente acumulação de WIP nos primeiros postos, foi uma das soluções que as trabalhadoras encontraram para conseguir atingir o objetivo em algumas das horas (o que leva a uma taxa de produção com bastante flutuação), mas não durante todo o turno, devido ao tempo de ciclo do gargalo. Em vez de produzir com um fluxo contínuo e obter sempre uma velocidade constante, a equipa acaba por tornar o fluxo descontínuo, obtendo horas com velocidade muito boas e horas com velocidades muito más. Desta forma, as chefias não repreendem a equipa, e não analisam o porquê do OEE e do *output* ser insatisfatório no final do turno.

Para além dos problemas mencionados, também se verificaram várias instâncias onde foram descartados entre 150 a 200 tubos espiral devido a erros de montagem, em série, causado pelos elevados lotes nos primeiros postos. No pior cenário, todo este material é sucitado e a empresa incorre nos custos de perda da matéria prima, bem como nos custos de mão de obra que foram necessários para produzir aquele lote durante toda a cadeia de valor. Num cenário mais otimista é possível retribuir

o espiral de forma a utilizá-lo noutra referência, mas mesmo assim existem custos associados desnecessários.

#### 4.5.2 Análise de fluxos, tempos, esperas e paragens

Na secção 4.3 foram analisados os tempos de ciclo de cada posto individualmente. Na presente secção, são analisados os tempos tendo em conta o balanceamento de trabalho utilizado pelas trabalhadoras. Construiu-se um diagrama de fluxos para perceber as funções desempenhadas pelas trabalhadoras (Figura 27) e as movimentações efetuadas. As setas pretas representam movimentações das trabalhadoras para um segundo posto de trabalho, enquanto que as linhas coloridas representam movimentações para ir buscar, ou levar, material a outro posto.

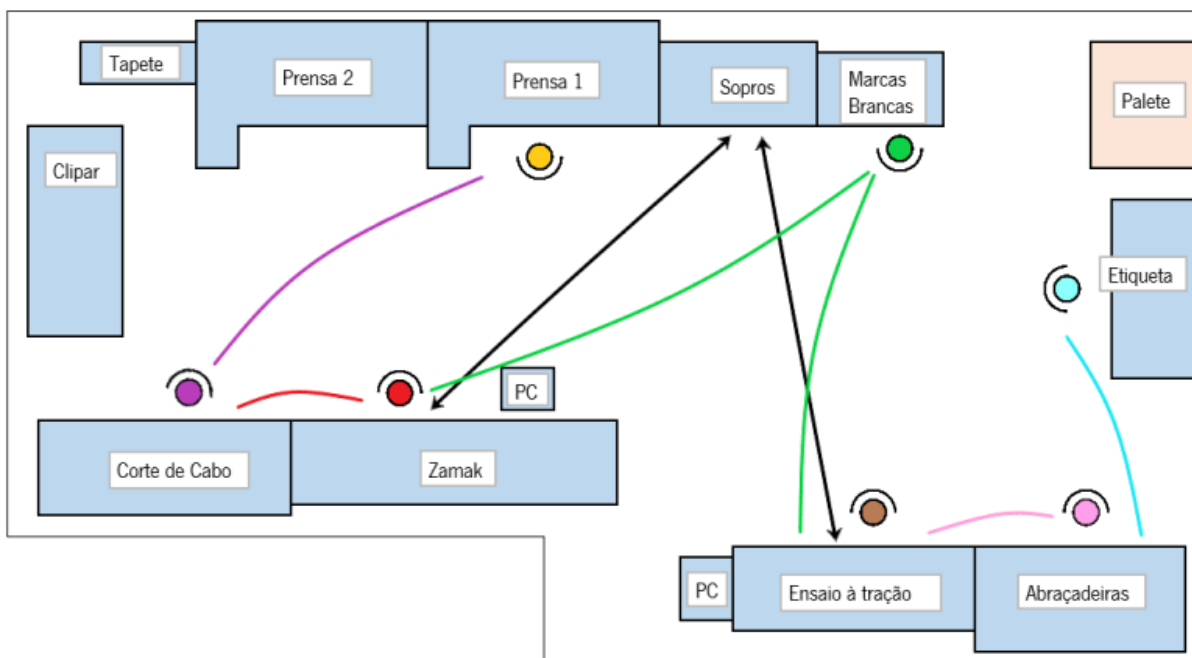


Figura 27 - Diagrama de fluxos de pessoas na Multi2

O posto Sopros é composto pelas tarefas de inserção de tubo estrela exterior no trame grande de espiral, bem como no trame pequeno, pelo que a tarefa é dividida por duas trabalhadoras, sendo cada uma responsável por montar um dos trames.

Como é visível pelo diagrama de fluxos, geralmente cada trabalhadora desloca-se ao posto a montante para recolher um lote de material do *buffer* (carrinho de material). A exceção é a pessoa representada a verde, que efetua o transporte de material do Zamak até à bancada onde limpa as rebarbas, e de seguida transporta novamente o material até ao posto de ensaio à tração. Somando as distâncias percorridas dentro da linha pelas sete trabalhadoras durante um turno, o total percorrido é de aproximadamente 5km.

Refazendo o gráfico de tempos de ciclo, desta vez por operador, e contabilizando os tempos de deslocamentos e embalagem, percebe-se que existe um gargalo no terceiro operador. (Figura 28)

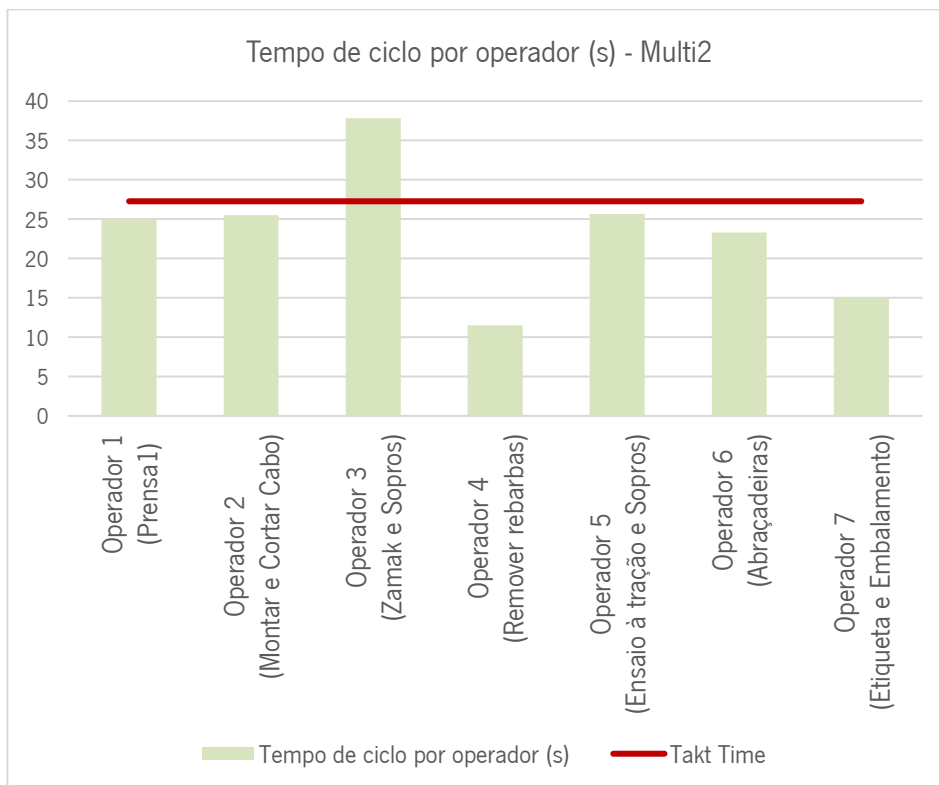


Figura 28 - Tempo de ciclo por operador na Multi2

O terceiro operador trabalha a um ciclo de 38 segundos, sendo o *takt time* de apenas 27,3 segundos. Também se verifica que existem dois trabalhadores bastante folgados (operadores 4 e 7). Existem paragens frequentes da máquina Zamak, que é o gargalo da linha. Foi feita uma análise *5-Whys* para tentar perceber o porquê destas paragens (Figura 29).

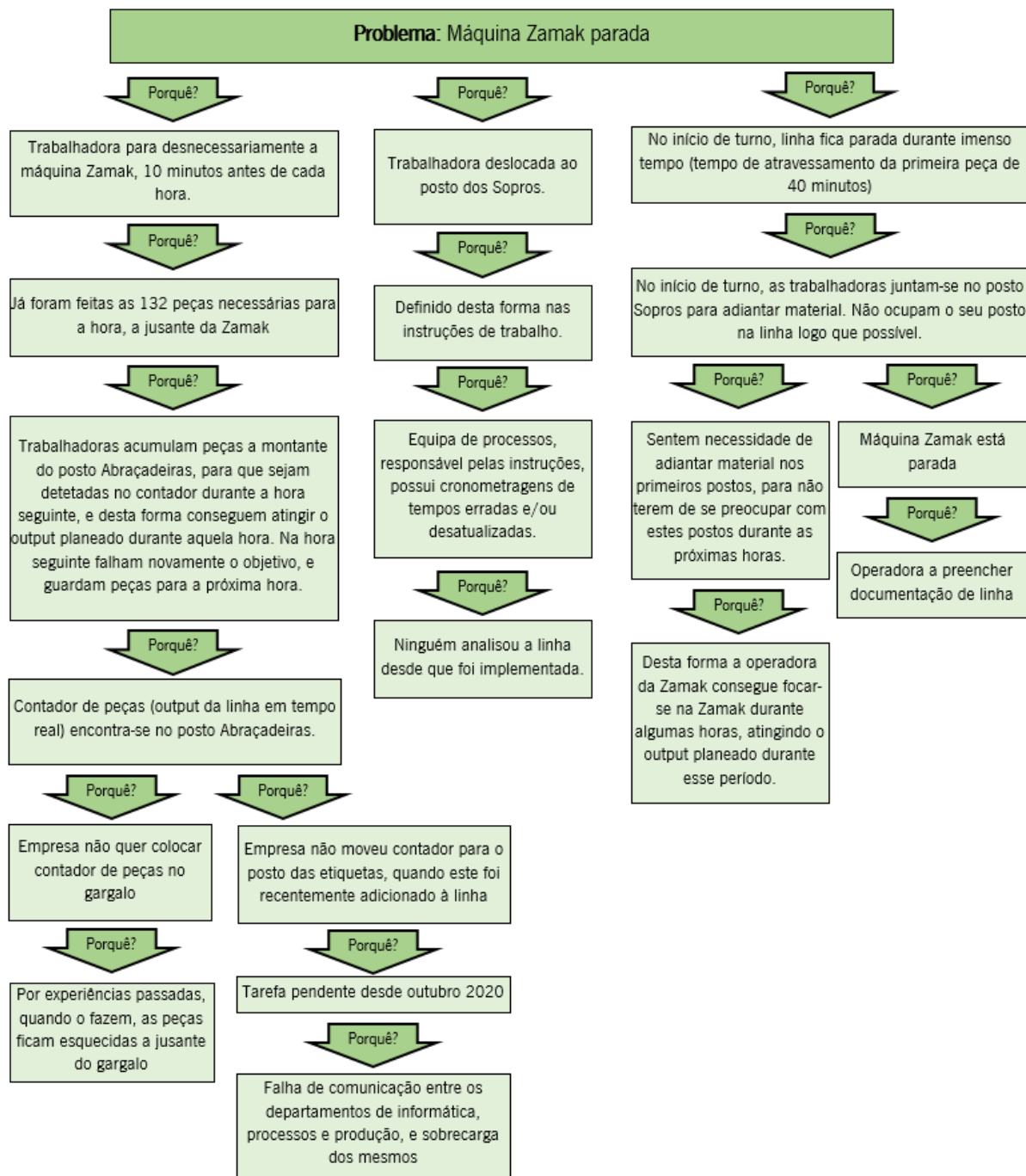


Figura 29 - Análise 5-Whys sobre paragens da máquina Zamak

Para além do elevado tempo de ciclo do operador da máquina Zamak, devido a trabalhar em dois postos (conforme indicado pelas instruções de trabalho, disponíveis no Apêndice 3), ainda se verifica a paragem propositada desta máquina durante aproximadamente 10 minutos no final de cada hora. Quando o número de peças a jusante do posto Zamak está contado de forma a ser possível atingir o objetivo naquela hora, a operadora não produz mais peças até começar a próxima hora. Isto acontece porque o contador de peças, que está ligado ao sistema informático e que regista em tempo real o *output* da linha, situa-se no posto Abraçadeiras.

A empresa prefere não colocar o contador de peças no posto gargalo, devido ao que sucedia em situações passadas, noutras linhas de montagem. Apesar de esta ser a melhor forma de registar a cadência da linha em tempo real, quando o contador de peças é colocado no posto gargalo, começa-se a acumular WIP no posto imediatamente a jusante do gargalo. Isto acontece porque no sistema informático, as peças que passam pelo contador são dadas como produto acabado, mesmo que no chão de fábrica ainda sejam produto intermédio. Desta forma, por vezes no final de turno havia uma acumulação de centenas de peças nos últimos postos da linha.

Caso não sejam registadas peças no posto das abraçadeiras durante alguns minutos, as chefias são alertadas sobre a linha estar parada, e as trabalhadoras têm de justificar, no computador, a razão da paragem. No sentido de evitar que esta situação aconteça, a grande prioridade das trabalhadoras é garantir que o posto das abraçadeiras nunca para, em vez de se preocuparem em nunca deixar parar o gargalo. Na realidade a linha pode estar a funcionar perfeitamente, apesar do posto abraçadeiras estar parado durante algum tempo, visto que é o gargalo (Zamak) quem dita a cadência da mesma, mas quer trabalhadoras, quer chefias, não pensam desta forma.

As paragens frequentes do gargalo são a principal razão para o ineficiente funcionamento da linha em termos de velocidade.

#### 4.5.3 Talento inutilizado

Existe ainda outro motivo para a paragem do posto Zamak. As máquinas Zamak são tipicamente dos postos mais complexos na fábrica, e a linha Multi2 não é exceção. Por ser um posto complexo, é normalmente desempenhado pela trabalhadora mais experiente, que normalmente é a chefe de linha. Uma outra tarefa que a chefe de linha desempenha é o preenchimento do “OK à primeira peça” (registo e verificação dos parâmetros do primeiro cabo produzido), e realização de todas as medições e testes necessários para tal. Assim, no arranque da linha - após *setup* ou em início de turno - durante o tempo de preenchimento deste documento, o gargalo da linha está parado. A chefe de linha não dá indicações às colegas, que estão paradas, ou no posto Sopros, durante o arranque, para a substituírem no Zamak durante este período.

Através de uma matriz de competências (Figura 30), foram identificadas as competências das trabalhadoras da Multi2 (T1 a T6), com o objetivo de fomentar a polivalência entre colegas. Cada trabalhadora autoavaliou-se de 0 a 4 em cada posto, de acordo com a legenda, e foi pedido à chefe de linha e à CAP que avaliassem as competências de toda a equipa. A chefe de linha (T5) é a trabalhadora

com mais experiência, pelo que conhece bem o funcionamento da equipa. A CAP está a substituir a CAP original da linha, que está de baixa médica, pelo que ainda não teve muito tempo para se familiarizar com a equipa.

Pessoa avaliada:	T1			T2			T3			T4			T5		T6		
	Própria	Chefe Linha	CAP	Própria	Chefe Linha	CAP	Própria	Chefe Linha	CAP	Própria	Chefe Linha	CAP	Própria	CAP	Própria	Chefe Linha	CAP
Sopros	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3
Prensa 1	4	3	4	3	3	2	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3
Montar cabo	4	3	4	3	4	2	3	3	3	3	4	1	4	4	4	4	3
Corte de Cabo	4	3	4	3	4	2	3	3	3	3	4	1	4	4	4	4	2
Zamak	3	2	2	0	1	0	0	1	1	1	1	0	4	4	0	1	0
Ensaio à tração	4	2	2	3	4	2	4	4	4	3	4	2	4	4	0	1	0
Abraçadeiras	4	2	2	3	4	4	4	3	4	0	2	0	4	3	0	1	0
Etiqueta	0	0	0	2	2	0	3	2	4	3	2	0	4	2	0	1	0

Legenda
0 - Não sabe trabalhar neste posto
1 - Em formação
2 - Sabe trabalhar no posto, mas não é capaz de dar formação
3 - Sabe trabalhar no posto e pode dar formação
4 - Conhece em detalhe o posto, e é capaz de fazer validações de qualidade

Figura 30 - Matriz de competências da Multi2

Analisando a matriz, percebe-se que a T1 é capaz de substituir a T5 no posto Zamak, caso seja necessário. Assim, fará sentido alocar a T1 a um posto adjacente, como corte de cabo ou prensa. O posto Sopros é um posto acessível, pelo que pode ser atribuído a trabalhadoras menos experientes. A T6 trabalha habitualmente nos primeiros postos da linha, pelo que faz sentido colocá-la num destes postos. Os últimos postos da linha podem ser atribuídos às restantes trabalhadoras, tendo em conta as suas capacidades.

#### 4.5.4 Transportes e movimentações

Devido à versatilidade da linha, o fluxo de peças varia significativamente entre referências, pelo que não é possível uniformizar e automatizar os transportes, por exemplo através de tapetes rolantes. Exemplificando, conforme ilustrado na Figura 31, nas referências 47 e 48 (linhas vermelhas), o material passa diretamente dos sopros, para a primeira prensa e seguidamente para o posto de montagem e corte de cabo. Por outro lado, nas referências 173 e 174 (linhas verdes), os sopros abastecem ambas as prensas, a primeira prensa abastece a segunda prensa, e da segunda prensa os cabos são levados para a bancada do posto Clipar, onde é feita a montagem de cabo, e só depois são transportados para o posto de corte. Também as características dos cabos (serem cabos de grandes dimensões e de trame duplo) são impeditivas ao transporte por tapetes, devido aos cabos ficarem presos ou danificados.



Por trás das prensas na Multi2, situa-se um tapete rolante. O seu propósito era transportar peças desde estes postos até ao posto de clipar, nas referências 50, 51 e 53. O tapete é igual ao tapete presente na Multi1, que funciona corretamente nesta linha devido ao tipo de cabo produzido na Multi1, isto é, cabos simples. No entanto, quando o conceito foi transversalizado à Multi2, onde são produzidos cabos duplos, não se verificou um eficaz transporte das peças, visto que os cabos ficavam presos e danificados no tapete. Para além dos danos causados nas peças, o tempo poupado pelo tapete em transportes, nesta situação particular, é negligenciável, devido a dificuldades de acesso ao local onde termina o percurso do tapete. O tapete é mantido na linha devido a um *standard* interno da empresa, mas nunca é utilizado na prática.

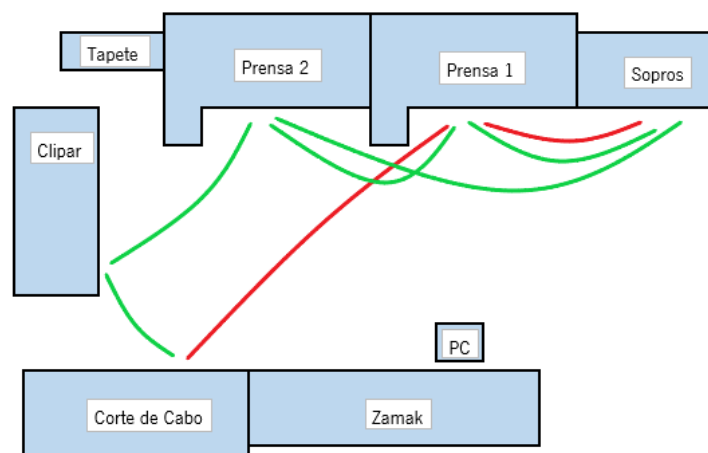


Figura 31 - Exemplo de diferenças entre fluxos de diferentes referências

A versatilidade da linha também implica um maior desperdício em micro-movimentações do trabalhador. Isto é, devido à necessidade de produzir cabos bastante diferentes, as máquinas não são otimizadas para uma determinada referência. Assim, acontecem por exemplo situações como a utilização de uma máquina de grandes dimensões para processar um cabo pequeno, o que origina movimentos do operador desnecessários e sem valor acrescentado.

Os transportes de peças entre postos são efetuados em lotes de aproximadamente 10 unidades, visto este número de peças ser o equilíbrio encontrado pelas trabalhadoras entre facilidade de transporte manual das peças, e minimização das viagens. Sendo a taxa de produção de 132 peças por hora, realizam-se aproximadamente 13 deslocações por hora para recolher material, por cada trabalhadora. Assumindo uma velocidade média de 1,2 metros por segundo, que tem em conta a idade e género das trabalhadoras (mulheres entre os 50 e os 60 anos) (Bosina & Weidmann, 2017), um custo por minuto-Homem de 0,12€ (informação fornecida pela empresa), 250 dias úteis anuais e funcionamento a dois

turnos, o custo estimado anual gasto em deslocações de trabalhadoras é de aproximadamente 4000€ na Multi2 (Tabela 10).

*Tabela 10 - Desperdício em movimentações na Multi2*

	Distância por deslocação (m)	Distância por hora (idas e voltas) (m)	Distância por turno (m)	Tempo por turno em deslocações (min)	Tempo por ano em deslocações (min)	Custo anual (€)
Operador 1 (Prensa1)	0	0	0	0,0	0,0	- €
Operador 2 (Montar e Cortar Cabo)	3	78	598	8,3	4154,6	492 €
Operador 3 (Zamak e Sopros)	4,9	127,4	977	13,6	6785,8	804 €
Operador 4 (Remover rebarbas)	9	234	1795	24,9	12463,8	1 477 €
Operador 5 (Ensaio à tração e Sopros)	4	104	798	11,1	5539,4	657 €
Operador 6 (Abraçadeiras)	1,8	46,8	359	5,0	2492,8	295 €
Operador 7 (Etiqueta)	1,9	49,4	379	5,3	2631,2	312 €
					Total	4 038 €

#### 4.5.5 Defeitos ou retrabalhados

Para além da situação mencionada anteriormente (4.5.1), relativa aos defeitos originados pelos lotes de grande dimensão, verifica-se outra situação de desperdício devido a defeitos ou retrabalhos. Existe uma trabalhadora na linha cuja única função é transportar material entre bancadas e remover rebarbas metálicas resultantes de uma má injeção de zamak. Eliminando este defeito sistemático, seria possível retirar esta pessoa da linha.

O cabo de aço é composto por dezenas de arames entrelaçados. Quando o cabo é cortado através de corte mecânico, os vários arames começam rapidamente a abrir, e abrem proporcionalmente ao tempo que decorre desde que foram cortados, bem como à quantidade de manipulação a que, entretanto, foram submetidos. Entre o posto de corte de cabo até ao posto da injeção zamak, o cabo abre ao ponto de ficar inutilizável ou originar rebarbas. A Figura 32 mostra um exemplo extremo, mas ilustrativo, de um cabo de aço aberto. Habitualmente a dimensão da abertura do cabo é menor, no entanto, note-se que basta um pequeno defeito, por exemplo apenas um fio de arame solto, para considerar o cabo como defeituoso.



Figura 32 - Exemplo de um cabo de aço aberto

A solução inicial da empresa para evitar que o arame abrisse após cortado, foi a implementação de um corte elétrico, que funde os arames ao mesmo tempo que os corta, impedindo a sua dispersão. No entanto, esta solução não teve em conta o seguinte: ao cortar eletricamente, forma-se uma carepa na ponta do cabo, que é semelhante à ponta de um fósforo ardido. Ao injetar zamak, por vezes esta carepa partia e:

- 1) enfraquecia o terminal zamak, que tem de aguentar forças de tração;
- 2) caía no molde de zamak, danificando-o gravemente aquando do fecho para injeção.

Desta forma, voltou-se ao corte mecânico e assumiu-se a ineficiência de ter uma trabalhadora a retrabalhar todos os cabos, removendo as rebarbas manualmente. Para além da ineficiência monetária, esta tarefa também apresenta um risco ergonómico e de segurança, devido à utilização minuciosa de um x-ato para remoção da rebarba durante todo o turno, o que pode levar a dores no pulso ou cortes acidentais.

## **4.6 Identificação de desperdícios e oportunidades de melhoria – Multi1**

### 4.6.1 Análise de fluxos, tempos de ciclo e *takt time*

Na secção 4.3 foram analisados os tempos de ciclo de cada posto da Multi1 individualmente. Na presente secção, são analisados os tempos tendo em conta o balanceamento de trabalho utilizado pelas trabalhadoras.

De forma a compreender melhor o método de trabalho atual da equipa, foi construída uma tabela que indica as tarefas alocadas a cada trabalhadora (Tabela 11).

Tabela 11 - Alocação de trabalhadoras aos postos

		Trabalhadoras					
		T7	T8	T9	T10	T11	T12
Postos ou tarefas	Sopros (e montagem de esponja)	X					
	Prensa 1		X				
	Prensa 2		X		X		
	Clipar 1			X			
	Montagem de bracket			X			
	Clipar 2			X	X		
	Montagem e corte de cabo				X		
	Zamak					X	
	Pré-montagem de abraçadeiras	X					
	Montagem e corte de abraçadeiras						X
	Corte de abraçadeiras pré montadas						X
	Embalamento	X					
	Medição horária de abraçadeiras						X

Foi ainda elaborado um diagrama de fluxos (Figura 33), onde as linhas coloridas representam deslocamentos das trabalhadoras para efetuar transportes de WIP, e as setas pretas representam deslocamentos das trabalhadoras até outro posto de trabalho, a fim de desempenhar outra tarefa que lhes foi alocada.

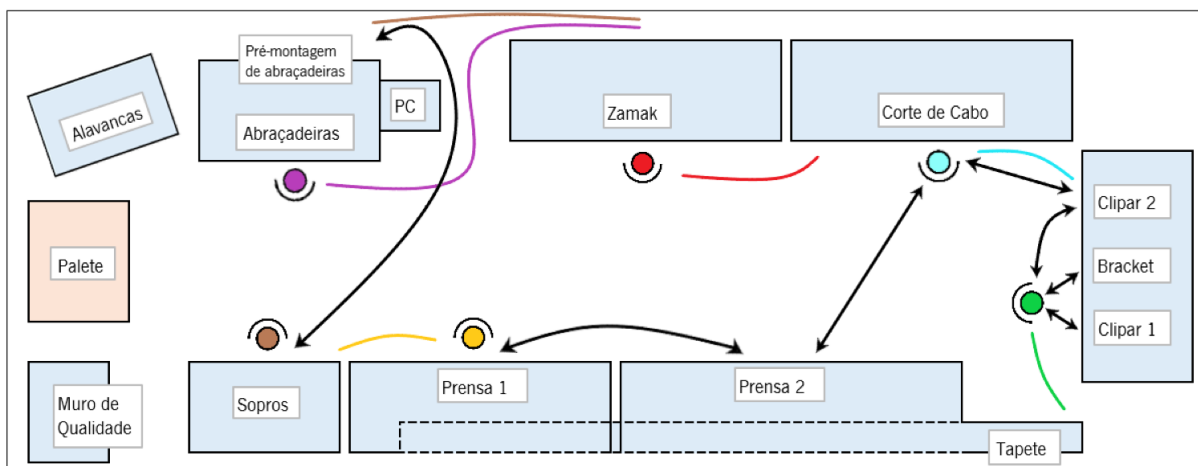


Figura 33 - Diagrama de fluxos de pessoas na Multi1

No gráfico da Figura 34 estão representados os tempos de ciclo por trabalhador.

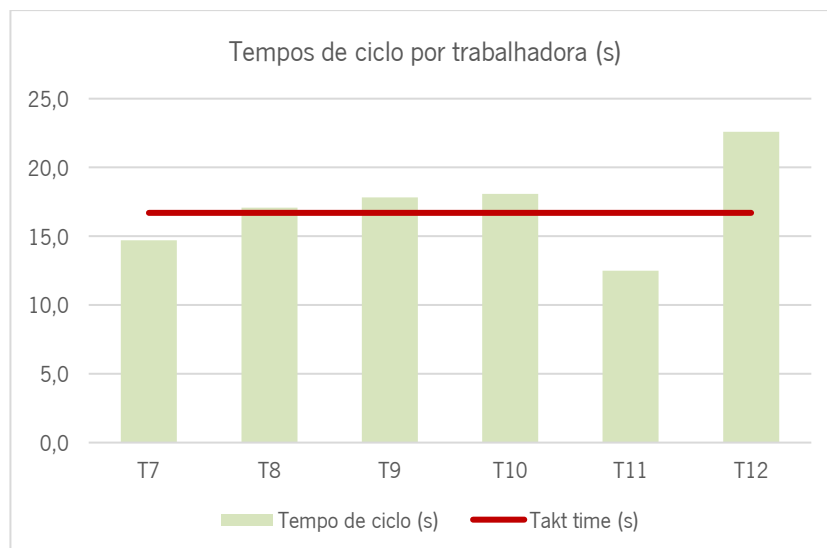


Figura 34 - Tempos de ciclo por trabalhadora na Multi1

Analisando os tempos por trabalhadora, verifica-se que a T12 trabalha a um ciclo de aproximadamente 22,5 segundos. Este tempo diz respeito não só às tarefas principais do seu posto (colocação e corte de abraçadeiras, que demora 18 segundos), como também às frequentes deslocações e transportes de material entre a parte traseira da máquina Zamak (onde são extraídas as peças) e o seu posto, e ainda ao tempo despendido a cada hora à procura de um paquímetro para efetuar o autocontrolo do seu posto. Foi também considerado que durante aproximadamente 10 a 15 minutos por hora, a T7 desloca-se ao posto de pré-montagem de abraçadeiras e ajuda a colega, efetuando a pré-montagem e abastecimento de peças. Desta forma, é possível à T12 produzir uma peça a cada 14,5 segundos, em vez dos 18 habituais, e também não existe a necessidade de efetuar transportes de material.

Existindo este gargalo na linha, a taxa de produção máxima possível é de 160 peças por hora, o que coincide com as taxas de produção máximas ocasionais verificadas no terreno, e com os dados da empresa.

Para além desta situação, existem ainda outros problemas no funcionamento da linha, nomeadamente o elevado tempo de ciclo da T9 e T10. Foi feita uma análise *5-Whys* no sentido de perceber as causas raiz dos problemas observados (Figura 35).

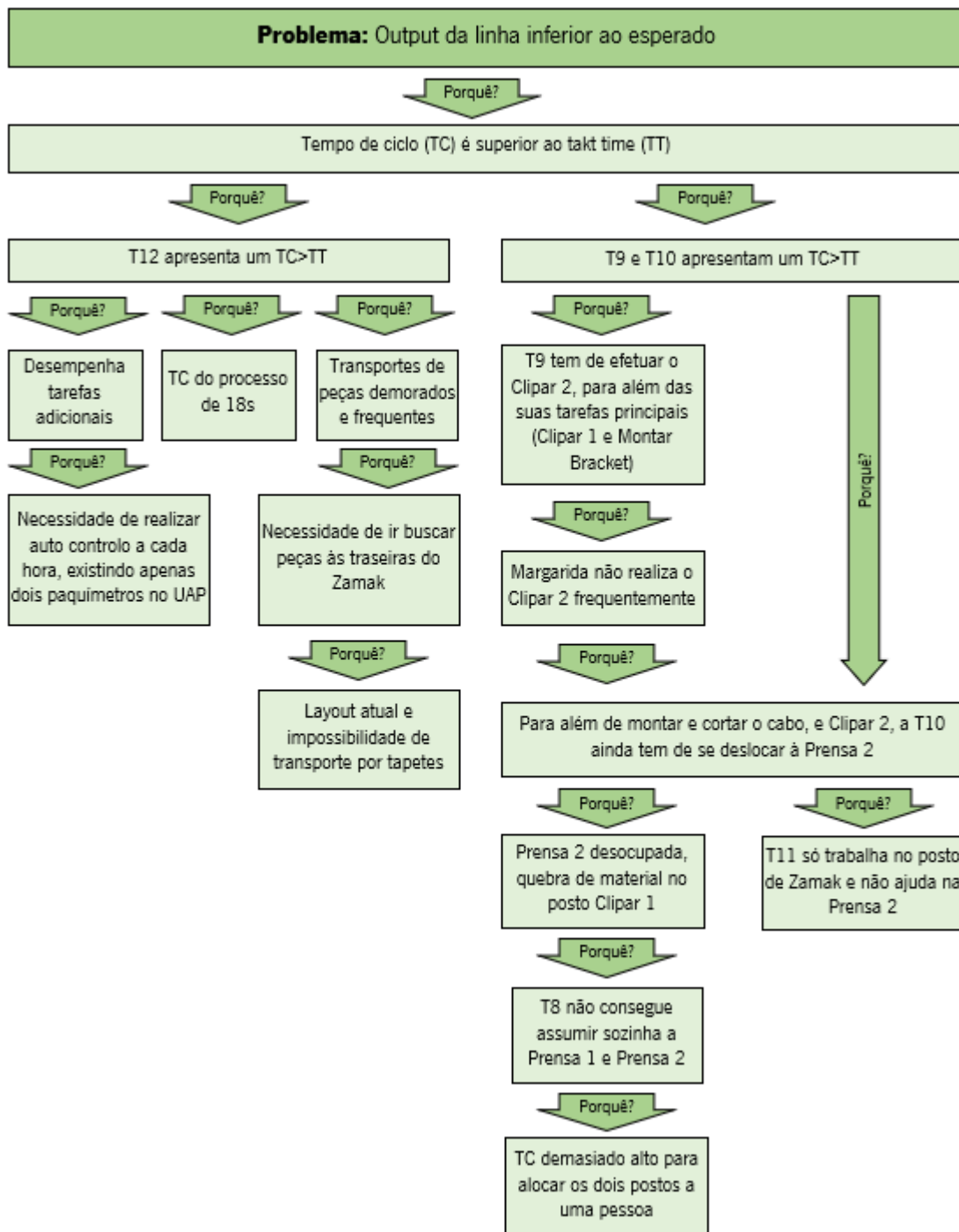


Figura 35 - Análise 5-Whys sobre output da Multi1 inferior ao esperado

Agravando o problema dos elevados tempos de ciclo, verifica-se ainda uma má organização entre a equipa. A confusa alocação de postos, entre trabalhadoras, leva a que ninguém assuma determinados postos no momento certo, o que acaba por provocar quebras de material a jusante, que, por sua vez, causam confusão nesses postos, criando um ciclo vicioso de má gestão da equipa. Desta forma, quando a equipa trabalha de forma organizada durante uma hora, é possível atingir um *output* de 160 peças. No entanto, quando começam a ocorrer problemas de gestão de equipa, a taxa de produção rapidamente

desce, sendo usual a produção flutuar entre 100 e 130 peças por hora. Desta forma, a velocidade média observada na linha é de apenas 60%.

#### 4.6.2 Extração de peças no posto Zamak

Durante o decorrer deste projeto, foram analisados os funcionamentos de outras linhas de montagem da empresa e de outras referências, no sentido de identificar oportunidades de melhoria que pudessem ser implementadas nas linhas Multi-Referências. Em particular, foi estudado o funcionamento das referências 974/026, que são produzidas na Multi1, e que tipicamente trabalham a uma velocidade superior a 90%. Estes cabos são pequenos, em comparação com os restantes cabos da Multi1 e Multi2, medindo aproximadamente 30cm.

Observando o funcionamento da máquina Zamak com as referências 974 e 026, notou-se que o cabo, devido à sua pequena dimensão, era extraído automaticamente pela máquina Zamak através de uma pinça. Isto não acontecia nas referências 848/849, quer devido a incluírem uma peça pesada, que faz contrapeso, e que, portanto, impede a extração automática (conjunto compensador), quer devido ao seu comprimento de cerca de 1 metro. (Figura 36)

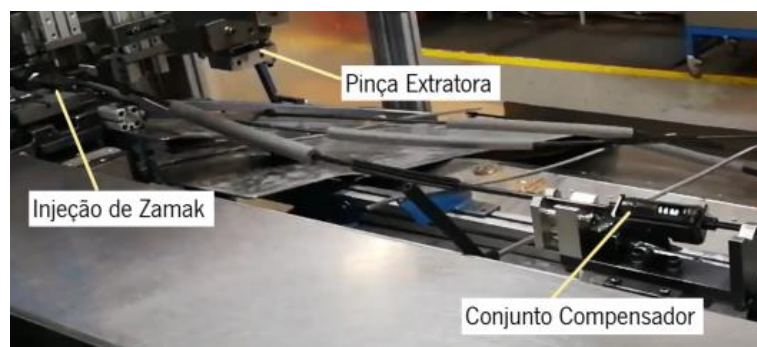


Figura 36 - Posto Zamak na Multi1

O tempo de ciclo do posto Zamak nas referências de dimensão mais pequena, e que, portanto, extraem a peça automaticamente, é de 8 segundos por peça. O tempo de ciclo do posto Zamak nas referências 848 e 849 é de 12,5 segundos, sendo que cerca de 3 a 4 segundos correspondem ao tempo de extração manual do cabo, que não possui qualquer valor acrescentado.

#### 4.6.3 Problema de segurança no posto Clipar 1

Devido ao comprimento do espiral das referências 848 e 849 (cerca de 1 metro), quando este é pousado sobre o encaixe do posto de Clipar 1, o contrapeso exercido pelo espiral faz com que a peça se eleve e salte do encaixe. Desta forma, é impossível executar a tarefa de clipar a mola no compensador. O posto

Clipar 1 contém uma prensa e dois botões, que deveriam estar afastados, garantindo que a trabalhadora não se aproxima da prensa enquanto esta está em funcionamento. No entanto, devido ao problema descrito, as trabalhadoras aproximam os botões, acionam ambos os botões com uma única mão, e utilizam a outra mão para segurar a peça no encaixe da prensa (Figura 37).



*Figura 37 - Posto Clipar 1 na Multi1*

Para além do risco evidente de segurança que esta manobra apresenta, é também um problema ergonómico, visto que as trabalhadoras se queixam de dores na mão, devido a pressionar ambos os botões ao mesmo tempo durante todo o turno. Foi-lhes solicitado que acionassem cada botão com uma mão diferente, conforme seria suposto. Neste cenário, o posto torna-se completamente disfuncional visto que quase todas as peças saltam do encaixe, exigindo reposicionamento.

#### **4.7 Resumo de problemas**

Após analisadas em detalhe as linhas, apresenta-se a seguinte síntese de problemas ou oportunidades de melhoria identificadas.

Ausência de fiabilidade do indicador OEE:

- Indicadores de disponibilidade e velocidade estão registados em sistema de forma inflacionada. Valores observados em chão de fábrica mostram outra realidade, com indicadores mais baixos.
- Indicador de qualidade da linha deveria ser superior aos valores em sistema, devido a serem registadas na linha não conformidades oriundas de postos a montante.
- Indicador de qualidade é calculado comparando diretamente unidades de produtos em diferentes estágios de produção.



#### Problemas na Multi2:

- Velocidade média nas referências 47 e 48 de 74%.
- *Setups* frequentes e demorados (tempo mínimo de 30 minutos e médio de cerca de 1h).
- Excesso de inventário nos Sopros (100 a 200 unidades).
- Frequentes paragens do gargalo Zamak.
- Ineficiente distribuição das trabalhadoras entre postos.
- *Layout* demasiado espaçoso.
- Contador de peças do *MES* situado no penúltimo posto.
- Existência de um defeito sistemático. Uma das trabalhadoras não adiciona qualquer valor ao produto.

#### Problemas na Multi1:

- Velocidade média nas referências 848 e 849 de 60%.
- Ineficiente distribuição das trabalhadoras entre postos.
- Existência de tarefas com tempo de ciclo superior ao *takt time*.
- Extração manual na máquina Zamak, tarefa sem valor acrescentado.
- Problema de segurança no posto Clipar 1

## 5 PROPOSTAS DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO

### 5.1 Plano de ações 5W2H

Utilizando a ferramenta 5W2H foi traçado um plano de ações no sentido de eliminar ou mitigar os problemas identificados no capítulo anterior (Tabela 12).

Tabela 12 - Plano de ações 5W2H

What? (O quê?)	Why? (Porquê?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	Who? (Quem?)	How? (Como?)	How much? (Quanto custa?)
Implementar acessório de aparar cabo, de forma a evitar rebarbas	Zamak da Multi2 produz rebarbas, que obrigam ao retrabalho das peças.	Multi2 (Zamak)	janeiro de 2021	André Martins, Responsável do UAP3, Departamento de Processos	Implementar acessório de aparar junto ao acessório de flor. Desta forma não se formam rebarbas no terminal zamak.	800€ (acessório) + 285€ anuais (matéria prima desperdiçada)
Definir e implementar novo balanceamento na Multi2.	Linha desbalanceada, tempo de ciclo do gargalo superior ao <i>takt time</i> .	Multi2	fevereiro de 2021	André Martins	Definir novo balanceamento e implementar junto da equipa. Acompanhar a implementação para orientar a equipa e tirar qualquer dúvida.	- €
Colocar um quadro de linha no posto gargalo (simular que a linha termina no Zamak requerer às trabalhadoras o preenchimento de um painel horário com as taxa de produção da linha no Zamak).	Zamak (gargalo) sofre paragens frequentes e indevidas, devido às trabalhadoras não perceberem a importância do gargalo	Multi2 (Zamak)	fevereiro de 2021	André Martins	Fomentar a ideia de que o gargalo nunca deve parar, através de diálogo com as trabalhadoras e do registo de taxa de produção no quadro de linha.	- €
Garantir stock de 10 peças em cada posto de um turno para o seguinte.	Arranque após turno muito lento, com tempo de atravessamento da primeira peça de 40 minutos. Trabalhadoras não vão para os seus postos porque não têm material.	Multi2	fevereiro de 2021	André Martins, Responsável do UAP3, GAPs, CAPs	No final de turno, deixar cerca de 10 peças em cada posto para o turno seguinte.	- €

Atualizar instruções de trabalho.	Instruções de trabalho atuais estão desatualizadas e levam a um mau balanceamento.	Multi2	março de 2021	André Martins, Departamento de Processos	Atualizar instruções de trabalho de forma a garantir o bom funcionamento da linha, com o novo balanceamento, a longo prazo.	- €
Alterar o <i>layout</i> da Multi2.	Demasiado espaço desnecessário entre postos (4 metros).	Multi2	-	Responsável do UAP3, Departamentos de Logística e de Manutenção	De acordo com a proposta de <i>layout</i>	- €
Formar trabalhadoras em <i>setups</i> .	<i>Setups</i> com duração média de 1 hora e mínima de 30 minutos. Os mais demorados duram por vezes 3 horas.	Multi2	-	Responsável do UAP3, Técnicos de Ajustagem, Departamento de Processos	Inicialmente formar pequenas equipas constituídas por 3 trabalhadoras. Após formadas, podem auxiliar em <i>setups</i> . Eventualmente, podem dar formação às colegas.	- €
Deslocar o contador de peças do MES para o último posto da linha.	Contador situa-se no antigo último posto. Foi adicionado em novembro o posto das etiquetas, o contador devia ser movido para esse posto.	Multi2 (Etiquetas)	-	Responsável do UAP3, Departamentos de Informática e Processos	Deslocar o contador de peças do MES para o último posto da linha.	- €
Retirar tapete por detrás das prensas na Multi2	Tapete nunca foi utilizado por danificar as peças, mas é mantido na linha. Custa 800€.	Multi2	-	Departamento de Processos	Retirar o tapete desta linha, utilizá-lo numa linha nova, ou como substituição de outro avariado na fábrica.	- €
Implementar extrator automático no Zamak	Eliminar tempo de extração manual sem valor acrescentado	Multi1 (Zamak)	maio de 2021	Departamento de Processos	Colocar um extrator pneumático que eleva o compensador, e permite que a pinça efetua a extração de forma automática.	120,00 €

Definir e implementar novo balanceamento na Multi1	Mau balanceamento atual leva por um lado a gargalos, e por outro a trabalhadoras folgadas	Multi1	maio de 2021	André Martins	Definir novo balanceamento e implementar junto da equipa. Acompanhar a implementação para orientar a equipa e tirar qualquer dúvida.	- €
Atualizar instruções de trabalho.	Instruções de trabalho atuais estão desatualizadas e levam a um mau balanceamento.	Multi1	junho de 2021	André Martins, Departamento de Processos	Atualizar instruções de trabalho de forma a garantir o bom funcionamento da linha, com o novo balanceamento, a longo prazo.	- €
Colocar íman no posto clipar 1	Conjunto compensador salta do encaixe se não for segurado aquando da prensagem	Multi1 (Clipar 1)	maio de 2021	Departamento de Processos	Colocar um íman que segura o conjunto compensador no encaixe	30,00 €
Alteração da forma de medição de disponibilidade das linhas de montagem.	Indicador Disponibilidade não conta paragens não planeadas quando as trabalhadoras são alocadas a outra linha de montagem.	Todos os UAPs	-	Departamento de Informática, Responsáveis de UAP, Chefe de Fábrica	Efetuar o planeamento antecipado de linhas inativas, de forma a contabilizar qualquer paragem como não planeada.	- €
Definir novas instruções sobre registo de defeitos em sistema, nomeadamente, registar os defeitos na sua máquina ou linha de origem.	Indicador Qualidade das linhas reporta sucada que originou noutros postos a montante.	Todos os UAPs	-	Responsáveis de UAPs, Chefe de Fábrica	Dar formação às CAPs e GAPs sobre como efetuar o registo de sucata nas linhas ou equipamentos.	- €
Alterar o sistema informático para calcular indicador de qualidade com base em custos monetários.	Unidades de produto em diferentes estágios de produção são comparadas diretamente.	Todos os UAPs	-	Departamentos de Informática e Processos, Responsáveis de UAP, Chefe de Fábrica	Utilizar uma fórmula diferente para cálculo do indicador.	- €

## 5.2 Ações de melhoria na Multi2

### 5.2.1 Eliminação do defeito sistemático de rebarbas

O defeito de rebarbas no terminal zamak é primariamente causado pelo tempo decorrido desde o momento do corte do cabo, até à injeção de zamak. Assim, foi pensada uma solução em que seria colocado um acessório de corte de cabo no posto Zamak, que passaria a funcionar da seguinte forma:

1. Primeiramente seria montado o terminal solto de cabo;
2. Esta ferramenta de corte apararia a ponta do cabo em cerca de 1cm;
3. A operadora introduziria o cabo no acessório de fazer “flor” (“flor” é uma expansão da terminação do cabo, em forma de cogumelo, para que o terminal zamak adira melhor aquando da injeção);
4. Por fim o cabo, aparado e com flor, seria posicionado no molde para proceder à injeção.

Desta forma, o período de tempo para deformação do cabo seria minimizado. A ferramenta foi implementada conforme mostra a Figura 38.



Figura 38 - Posto Zamak na Multi2

A tarefa extra de aparar o cabo demora 2 segundos a executar. No entanto, devido ao tempo-máquina de injeção de zamak, a trabalhadora tem margem para fazer as três tarefas necessárias (inserir terminal solto, aparar, fazer flor) antes de ser necessário reabastecer a máquina para a próxima injeção. Assim, o tempo de ciclo do posto gargalo não foi aumentado.

O custo da ferramenta de corte foi de 800€, e o custo extra em matéria prima é de 0,0011€ por unidade de produto acabado (2cm de cabo aparado e descartado por unidade de produto acabado, sendo as referências da Multi2 de cabo duplo), o que se traduz em 285€ por ano, assumindo uma procura total de vinte mil unidades de produto, relativa a todas as referências de cabo produzidas na Multi2.

A implementação desta ferramenta eliminou o defeito, o que permitiu:

- 1) diretamente retirar uma trabalhadora da linha;
- 2) reduzir impactos a jusante com terminais zamak incorretamente limpos, como por exemplo reclamações de cliente ou necessidade de remover rebarbas novamente dos terminais (retrabalho da tarefa que, em si, já era um retrabalho).

### 5.2.2 Implementação de um novo balanceamento

Conforme ilustrado no gráfico da Figura 28, existia uma deficiente distribuição de tarefas pelas operadoras na linha. Desta forma, foi definida uma nova distribuição conforme mostra a Tabela 13 e o gráfico da Figura 39. Os tempos de ciclo considerados têm em conta tempos de movimentações entre postos, bem como tempos de tarefas esporádicas como embalagem.

Tabela 13 - Tempos de ciclo Multi2 após melhoria

		Operações	Tempo de Ciclo (s)
Trabalhadoras	T6	Prensa	25
	T1	Montar e Cortar Cabo	26
	T5	Zamak	27
	T3	Ensaio à tração e Sopros (trame pequeno)	26
	T2	Abraçadeiras e Embalamento	26
	T4	Etiqueta e Sopros (trame grande)	23

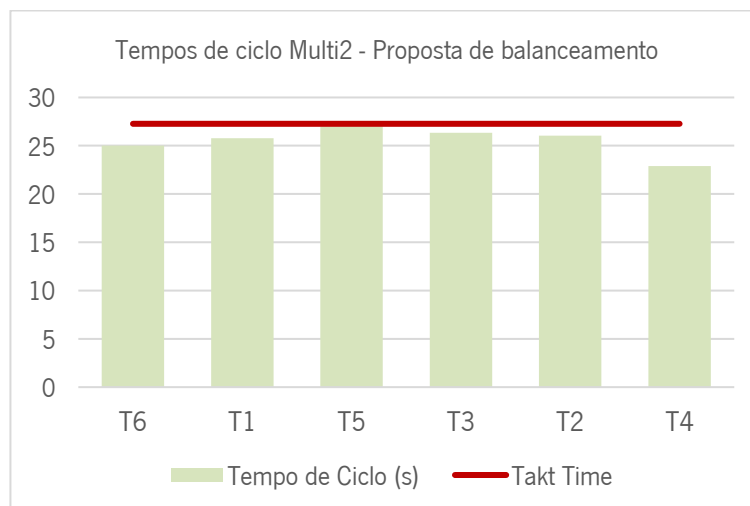


Figura 39 - Tempos de ciclo Multi2 após melhoria

Foi traçado um diagrama de fluxos para facilitar a compreensão do novo método de trabalho (Figura 40). As linhas coloridas representam deslocações das trabalhadoras para efetuar transportes de WIP, e as

setas pretas representam deslocações das trabalhadoras até outro posto de trabalho, a fim de desempenhar outra tarefa que lhes foi alocada.

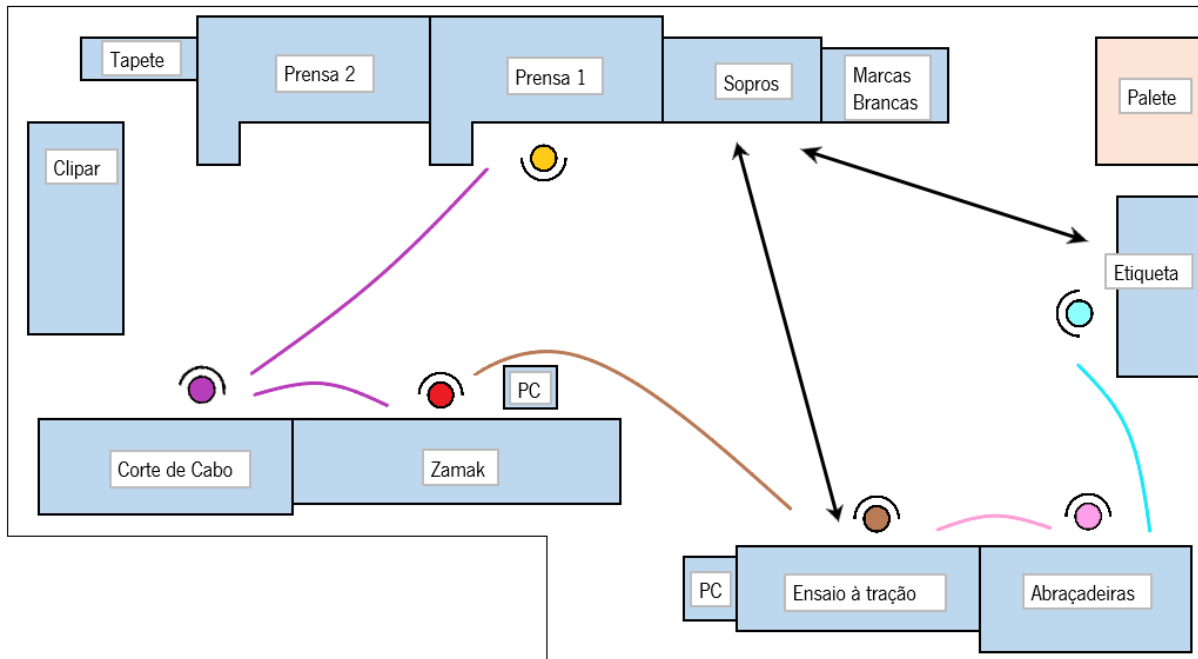


Figura 40 - Diagrama de fluxos após melhoria

A alocação de pessoas a postos foi realizada com base na matriz de competências, contando com a participação das chefias, bem como das próprias trabalhadoras, de forma a garantir a sua adesão ao projeto de melhoria.

- A T5 é a chefe de linha e a trabalhadora mais experiente, pelo que manteve o seu posto no gargalo (identificado a vermelho na Tabela 13), a máquina Zamak. Devido à sua experiência com máquinas Zamak, a T5 consegue operar esta máquina a um ritmo mais veloz que as colegas, conseguindo tipicamente manter um tempo de ciclo de 25 segundos, o que lhe permite ganhar alguma margem de tempo para preencher documentação de linha, bem como desempenhar as suas funções esporádicas de gestão de equipa.
- A T1 foi alocada ao posto de montar e cortar cabo, de forma a ser possível tomar partido da sua polivalência na Zamak, em caso de ausência temporária da T5.
- A T6, enquanto trabalhadora experiente nas máquinas de prensagem, foi alocada ao posto da prensa. Também é polivalente nos postos adjacentes, em caso de necessidade de substituir alguma colega.
- A T3 é das trabalhadoras mais competentes e dinâmicas, pelo que foi alocada aos postos Ensaio à tração e Sopros. Esta função requer uma trabalhadora dinâmica, visto ser necessário ter em atenção que os postos a jusante (Abraçadeiras e Prensa) não sofram uma quebra de material.

Isto é, a T3 tem a capacidade de estar sempre atenta ao trabalho das colegas, no sentido de julgar o momento certo para alternar entre os seus dois postos de trabalho, de forma a evitar falhas de material nos postos de ambas as colegas.

- A T2 é a trabalhadora mais experiente no posto de abraçadeiras, pelo que se manteve nesse lugar. Para além de efetuar esta tarefa, a T2 ficou também encarregue de armar as caixas, e embalar o produto acabado.
- Por fim, a T4 ficou alocada aos postos Etiqueta e Sopros. Estes são os postos mais fáceis, pelo que fez sentido alocar a trabalhadora menos experiente aos mesmos.

Com o novo balanceamento, existe uma menor discrepância entre trabalhadoras folgadas e trabalhadoras com excesso de tarefas, e é teoricamente possível atingir o *takt time* de 27,3 segundos.

### 5.2.3 Colocação de quadro de linha no gargalo

De forma a criar, nas trabalhadoras, a mentalidade de que a produção no gargalo nunca deve ser interrompida, foi colocado um quadro de linha no posto Zamak (Figura 41). Um quadro de linha é um painel físico de grandes dimensões onde é registado a taxa de produção manualmente.

As chefias foram instruídas no sentido de ignorar o painel informático que controla a produção da linha, e em vez disso irem periodicamente à linha observar o estado deste quadro. Ao serem controladas pela taxa de produção do gargalo, e não pela taxa de produção do posto Abraçadeiras, como acontecia antigamente, o modo de pensar das trabalhadoras foi gradualmente alterado no sentido de evitar a todo o custo que o posto gargalo sofra quebras de material, ou fique desocupado.

Hr.	Ref.	OK 100%	Devido	Ação	#P	Obj.	Real	Rej	Cód R	TP	Cód P	PO Problema
06-07						2	52	2				
07-08	61					208	62					
08-09	61					208	208					
09-10	61					78	78					
10-11	61					108	82					
11-12	61											

Figura 41 - Quadro de linha colocado na Multi2 no posto Zamak

### 5.2.4 Stock para arranque entre turnos

Foi ainda implementada uma medida no sentido de melhorar o tempo de arranque da linha, nomeadamente após mudança de turno, que acaba também por reduzir o tempo de paragem do gargalo.



Com o auxílio das chefias, as equipas de trabalho foram instruídas no sentido de deixar, para o turno seguinte, aproximadamente 10 unidades de produto intermédio em cada posto da linha. Esta ação de melhoria, aliada à colocação do quadro de linha que tenta evitar a paragem do gargalo, fez com que as trabalhadoras assumissem imediatamente o seu posto aquando do arranque, em vez de se juntarem no primeiro posto a acumular WIP. Isto permitiu que o fluxo de valor dentro da linha, e consequentemente o *output* de produto acabado, fosse muito mais contínuo, sendo que a equipa finalizou as primeiras peças do turno 15 minutos após arranque, comparativamente aos 40 minutos que demorava previamente.

### 5.2.5 Atualização dos *standards* de trabalho

Foram atualizadas as instruções de trabalho na linha (Figura 42, Apêndice 4), nomeadamente a alocação de trabalhadoras aos postos, e foi colocada uma indicação no posto Zamak, relativamente ao facto de este ser o gargalo da linha, e, portanto, deve ser feito um esforço redobrado para que este não pare. Esta ação de melhoria permite que, em caso de alterações da equipa, e entre turnos, se mantenha um padrão de trabalho uniforme, visto que novas trabalhadoras recebem formação de acordo com as instruções de trabalho vigentes. O cumprimento das instruções é garantido através de auditorias internas sem aviso prévio, pelos departamentos de qualidade e de processos. Nestas auditorias, é verificado que as trabalhadoras alocadas a determinado posto têm formação no mesmo, que conhecem o processo, é verificado o balanceamento de trabalhadoras entre postos, entre outras verificações.


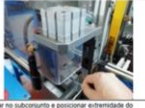








 <b>Cabo Comando de Assento - 47 48</b> <small>Inst. do P. de Trab: 103 Aparar cabos. Montar terminal de cabo sobre. Fazer for. impactar 2º terminal de cabo</small>		<small>Revisão: 06/2021 Data: 2021-06-01 Código: F32 Alterado por: F32</small>
<small>Tempo op. Ind:</small> <small>Ind. Padr:</small> L <small>Stock:</small> 20 <small>Lim. defeitos:</small> Ver etiqueta	<small>Aprovado por:</small> <small>Data:</small>	<b>Regras de Reação:</b> Se algum componente/subconjunto apresentar características NOK, colocá-lo em caixa para recuperação. Quando ultrapassar o nível máximo de defeitos indicado para atividade, parar a operação e chamar a team leader, que deve verificar se o defeito encontrado está a ser produzido na linha/máquina de origem. O material não conformado colocado nas caixas de sucata, só pode ser recuperado no local definido para o mesmo e de acordo com as regras de recuperação de peças defeituosas que se encontram nos postos de recuperação.
<b>1</b> 	<b>2</b> 	<b>3</b> 
<b>4</b> 	<b>5</b> 	<b>6</b> 
<b>7</b> 	<b>8</b> 	<b>9</b> 

Figura 42 - Exemplo de instrução de trabalho atualizada

### 5.2.6 Proposta de *layout*

Devido ao *layout* da linha apresentar uma área desnecessariamente grande, foi definido um novo *layout* que, apesar de não eliminar todo o desperdício em movimentações, seria um passo na direção correta.

Esta proposta apresenta principalmente um ganho ergonómico (redução dos metros percorridos por dia), mas também algum tempo de trabalhador. Para além dessas vantagens, soluciona um problema atual do UAP3. Devido à implementação de novas linhas de produção e reduzida área fabril, o UAP3 não possui um local permanente para colocação de resíduos, sendo que este local está constantemente em alterações. Ao reduzir a área da Multi2, é possível ganhar cerca de 7 metros quadrados, o que seria suficiente para colocação da zona de resíduos.

O espaço disponível e as dimensões dos postos foram medidos com recurso a fita métrica, de forma a garantir a validade da proposta em termos de área. Foram consultados, e foi dada aprovação, pelos departamentos de segurança ocupacional, engenharia de processos e gestão da produção. A Figura 43 mostra o *layout* proposto, sendo que as linhas coloridas representam deslocações para transporte de materiais, e as setas pretas representam deslocações até ao segundo posto de trabalho.

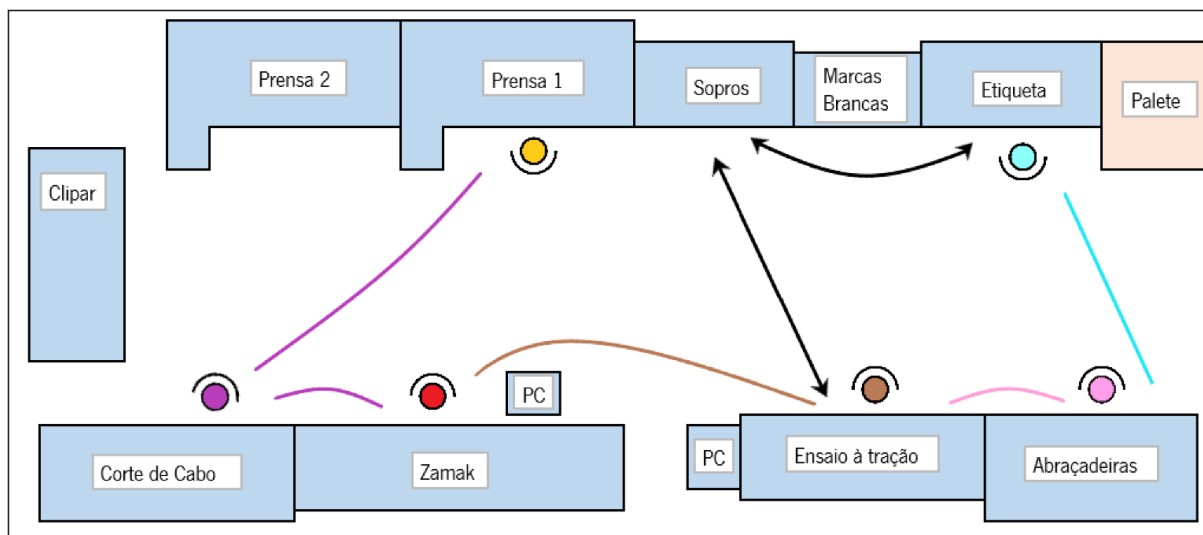


Figura 43 - Proposta de mudança de layout da Multi2

### 5.2.7 Formação de trabalhadoras em *setups*

Conforme descrito na secção 4.4.3, os longos tempos de *setup* são um problema em toda a fábrica, e em particular na Multi2. Relativamente a este problema, propõe-se a formação das trabalhadoras em processos de *setup*.

Como prova de conceito, foram analisadas situações de *setup* onde trabalhadoras mais experientes são capazes de efetuar trocas de ferramenta. Nessas situações, as trabalhadoras realizaram o *setup* paralelamente ao técnico afinador, o que permitiu dividir o tempo de *setup* pelo número de pessoas que o estava a realizar. Estas trabalhadoras receberam formação em *setups* quando integravam o UAP5, onde são produzidas referências de reduzido volume, referências em fim de vida e protótipos, pelo que se assemelha a uma oficina de montagem manual de cabos, e é exigido aos trabalhadores um

conhecimento mais geral e mais técnico sobre os processos. Por outro lado, no UAP3 existe uma distinção clara entre operadoras e técnicos afinadores.

Deve existir antes de mais uma consciencialização dos gestores de topo, relativamente às ineficiências escondidas na deslocação das equipas para linhas de montagem “suplentes”, durante o processo de *setup*, descritas na secção 4.4.3. É necessário que percebam que seria mais eficiente manter as equipas (com formação para efetuar *setups*) na própria linha, o que permitiria efetuar um *setup* mais rapidamente, garantindo mais disponibilidade da mesma, e evitando perdas de velocidade em linhas “suplentes”.

Após consultados os técnicos afinadores sobre esta matéria, percebeu-se que nem todas as trabalhadoras seriam capazes de efetuar o *setup*. Ainda assim, e visto que existem de facto trabalhadoras que já o fazem, nada impede que seja feita uma seleção das trabalhadoras com mais aptidão para tal. Desta forma sugere-se começar por identificar um conjunto de duas ou três pessoas com aptidão para realização de *setups*, envolvendo as CAPs, GAPs e as próprias trabalhadoras. Esta equipa receberia formação pelos técnicos afinadores, pelo departamento de processos ou de manutenção.

Como recompensa e incentivo à formação, visto que a empresa será intransigente ao aumento salarial, sugere-se a valorização e reconhecimento destas trabalhadoras através de um identificador especial na bata, por exemplo uma braçadeira, um texto personalizado na bata (visto que já existem denotações nas batas quanto a operadores especializados, e relativas aos valores da empresa) ou uma bata de cor diferente. Estas sugestões apresentam um custo negligenciável e serviriam de incentivo à formação das operadoras.

Desta forma, a médio prazo esperar-se-ia que os *setups* fossem realizados pela equipa interna de *setup* de cada linha e pelo afinador temporariamente alocado à mesma, desta forma seria possível reduzir substancialmente o tempo de *setup*, dependendo do número de pessoas que o está a realizar.

#### 5.2.8 Deslocação do contador de peças do *MES* para o último posto (Etiqueta)

Após discussão com o departamento de informática, percebeu-se que esta ação está pendente desde novembro de 2020, momento em que foi adicionado o posto de Etiqueta à linha, a aguardar aprovação pelo departamento de processos. O departamento de processos está demasiado atarefado com novos projetos dentro da empresa, pelo que negligenciou as ações de melhoria em linhas antigas. Por fim, é o departamento de produção que acaba por sofrer as consequências das ineficiências causadas pela não-atualização da posição do contador de peças para o último posto.

O tempo necessário para a implementação está estimado em um dia, que pode coincidir com um dos dias em que a linha está parada (devido às atuais reduções na procura do cliente), desta forma não afetando a disponibilidade da mesma.

#### 5.2.9 Remoção e reaproveitamento do tapete rolante

Conforme explicado na secção 4.5.4, por detrás das prensas na Multi2 encontra-se um tapete, cujo propósito é transportar peças desde estes postos até ao posto de clipar. O tapete não é prático e danifica as peças, pelo que nunca é utilizado pelas trabalhadoras, optando estas pelo transporte manual de peças.

Visto que a empresa está continuamente a incorporar novos projetos, a criar novas linhas de produção, sugere-se a reutilização desta ferramenta para um desses novos projetos. Desta forma, evita-se um custo no valor de 800€ com um novo tapete, sendo que o tapete existente não tem qualquer utilidade.

### 5.3 Ações de melhoria na Multi1

#### 5.3.1 Implementação de extrator pneumático no Zamak

Devido ao comprimento do cabo e ao peso do compensador, a extração da peça da máquina de Zamak era feita manualmente. Foi idealizado um sistema de extração que elevasse o compensador e, desta forma, permitisse à pinça extrair a peça automaticamente (Figura 44). O custo do extrator foi de 195€. A Figura 44 mostra o extrator.



*Figura 44 - Extrator pneumático implementado na máquina Zamak da Multi1*

Quando o processo de injeção do terminal zamak está completo, a máquina aciona o extrator, que eleva o compensador de forma a desalojá-lo do encaixe onde se encontra em repouso. Paralelamente, a pinça puxa a peça pelo terminal de cabo, fazendo-a deslizar pela plataforma e extraindo-a automaticamente.

Desta forma, a trabalhadora apenas tem de reabastecer a máquina continuamente, evitando movimentos desnecessários sem valor acrescentado.

### 5.3.2 Implementação de novo balanceamento

Foi cronometrado o tempo de ciclo na máquina Zamak com o novo extrator, e este encontrava-se nos 8,5 segundos por peça. Sendo o *takt time* de 16,7 segundos, isto significa que a trabalhadora demora cerca de meia hora a processar todas as 216 peças necessárias para atingir o objetivo da hora, e está livre durante a restante meia hora. O balanceamento foi pensado com esta oportunidade em mente.

São duas as ideias principais do novo método de trabalho:

1. Divisão das trabalhadoras em três equipas independentes de duas pessoas, polivalentes nos postos a que foram alocadas. Cada equipa fica responsável por uma secção da linha, por um conjunto de máquinas, e deve garantir que as máquinas a jusante não sofrem quebras de material. Por exemplo, conforme mostra a Tabela 14, a T7 e a T8 constituem a primeira equipa (representada a azul) e estão responsáveis pelos postos Sopros, Prensa 1, Prensa 2 e Embalamento. Normalmente a T7 trabalha nos sopros e a T8 na primeira prensa, no entanto, quando reparam que o stock de material no posto a jusante está a acabar, uma delas desloca-se à segunda prensa e começa a operar essa máquina. A situação é análoga na segunda equipa. A terceira equipa funciona de forma semelhante, no sentido em que dividem os postos de Zamak e Abraçadeiras entre si.

Tabela 14 - Definição de subequipas de trabalho e alocação de funções às mesmas

		Trabalhadoras					
		T7	T8	T9	T10	T11	T12
Postos ou tarefas	Sopros (e montagem de esponja)	X	X				
	Prensa 1	X	X				
	Prensa 2	X	X				
	Embalamento	X	X				
	Clipar 1			X	X		
	Montagem de bracket			X	X		
	Clipar 2			X	X		
	Montagem e Corte de cabo			X	X		
	Zamak					X	
	Pré-montagem de abraçadeiras					X	
	Montagem e Corte de abraçadeiras						X
	Corte de abraçadeiras pré montadas						X
	Medição horária de abraçadeiras						X

2. A T11, que agora tem meia hora livre devido à intervenção na máquina, utiliza este tempo para efetuar a pré-montagem de abraçadeiras. Desta forma, enquanto está a receber esta ajuda, o gargalo da linha opera a um tempo de ciclo de 14,5 segundos e não efetua deslocações para transporte de materiais. Na restante meia hora, retoma o tempo de ciclo de 18 segundos, efetuando também os transportes de materiais da traseira da máquina Zamak até ao seu posto.

A Figura 45 mostra o diagrama de fluxos de trabalhadoras após a melhoria implementada.

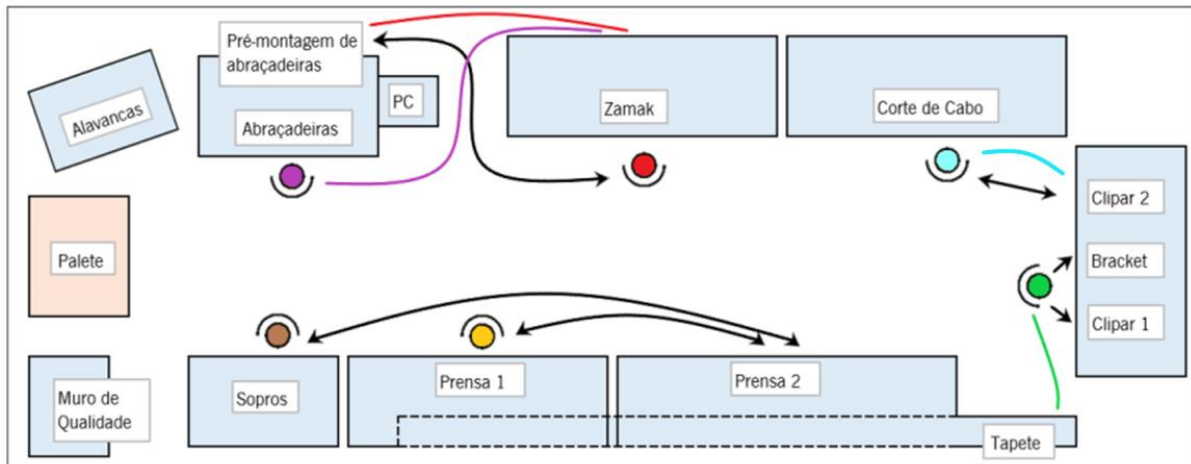


Figura 45 - Diagrama de fluxos Multi1 após melhoria

### 5.3.3 Atualização de *standards* de trabalho

Após validado o novo método de trabalho, devem ser atualizadas as instruções de trabalho na linha de forma a garantir o cumprimento do balanceamento definido a longo prazo.

Devido à demora na implementação no extrator, que aconteceu no final do projeto, em maio, não houve muitas oportunidades para testar o novo método de trabalho. A empresa também foi afetada pelas quedas na procura de componentes no ramo automóvel, em particular desta referência de cabo, pelo que a sua produção na linha se tornou mais esporádica. Assim, este método só foi implementado e testado durante um dia e necessita de um período de teste mais longo até ser possível tornar definitivas as alterações nas instruções de trabalho. No Apêndice 5 está disponível um exemplo de uma instrução de trabalho por atualizar, do posto Abraçadeiras.

### 5.3.4 Colocação de íman no posto Clipar 1

A fim de evitar que a peça salte do encaixe e obrigue a uma recolocação da mesma pela trabalhadora, foi colocado um íman na peça de encaixe do Clipar 1. Desta forma, a peça já não salta e as trabalhadoras podem pressionar cada botão com uma mão, em segurança.

## 5.4 Ações de melhoria relativas à fiabilidade de dados

Um dos problemas observados na empresa foi a falta de fiabilidade nos indicadores de desempenho utilizados para tomada de decisões. Os indicadores de OEE - disponibilidade, velocidade e qualidade - não refletem corretamente a realidade do chão de fábrica.

### 5.4.1 Indicador Disponibilidade

O maior problema que afeta a fiabilidade de dados da empresa, no que concerne à disponibilidade, é a remoção de pessoas da linha em caso de paragem forçada. Desta forma, quando a linha se torna indisponível, por exemplo, por *setup* ou avaria, o sistema não regista esta paragem como uma perda de disponibilidade. Neste caso, o sistema não sabe a diferença entre uma paragem planeada e não planeada.

Assim, sugere-se a implementação de um parâmetro no sistema informático que permita declarar as paragens de linha planeadas de forma antecipada (proposta não implementada). Isto é, aquando do planeamento da produção semanal, se existir a intenção de não trabalhar com determinada linha, por exemplo no caso de redução das encomendas do cliente, esta informação deve estar presente em sistema. O sistema deve ter conhecimento de que a linha se encontra inativa, mas de forma planeada. A linha está de facto disponível e operacional, apenas houve uma decisão de não iniciar a produção naquele momento. Assim, o indicador disponibilidade não deve ser prejudicado.

Por outro lado, caso a empresa pretenda que determinada linha esteja em produção em determinado dia, o sistema deve assumir que a linha tem de estar operacional. Desta forma, qualquer interrupção na linha, como avaria da máquina, falta de componentes, *setup*, entre outros, é contabilizada como uma perda de disponibilidade.

Em suma, a proposta passa por “obrigar” o sistema informático a assumir como pausas planeadas, apenas as pausas que efetivamente foram previamente planeadas. Qualquer outra pausa que interrompa o período de produção, deve ser considerada como não planeada e deve originar um impacto no indicador disponibilidade.

No seu estado atual, a gestão de topo não consegue ter qualquer visibilidade sobre as linhas ou equipamentos mais críticos no que concerne à disponibilidade. Com a implementação desta proposta, ou outra alternativa semelhante, será possível à empresa filtrar as linhas mais críticas segundo o indicador de disponibilidade, e tomar medidas corretivas para melhorar o seu sistema de produção.

#### 5.4.2 Indicador Qualidade

Os problemas observados relativos à qualidade passam pelo registo de defeitos em linhas de montagem, quando esses defeitos tiveram origem em postos a montante, e ainda pela aplicação de uma fórmula de cálculo que compara diretamente unidades de matéria prima, com unidades de produto intermédio nos vários estágios de produção, com unidades de produto acabado.

Quanto ao primeiro ponto, a solução passa apenas pela gestão de topo tomar medidas, no sentido de instruir o departamento de produção a efetuar o registo dos materiais não conformes no posto onde o defeito teve origem, e não no posto onde o defeito foi detetado. A alteração pode ser acompanhada pelo departamento de qualidade.

Quanto ao segundo ponto, sugere-se a utilização de uma fórmula de cálculo que tenha em consideração o custo monetário do produto nos seus diferentes estágios de produção. Desta forma, seria possível perceber qual o impacto para a empresa em termos de custos, em sucatar, por exemplo, 50 espirais danificados face a sucatar 20 unidades de produto acabado. Sugere-se a seguinte fórmula:

$$Qualidade = \frac{Custos\ com\ produto\ conforme}{Custos\ com\ produto\ conforme + Custos\ com\ sucata}$$

Esta proposta de melhoria envolveria a criação de uma base de dados com o custo unitário de cada componente ou produto intermédio.

Desta forma, o indicador Qualidade seria um indicador para a empresa da percentagem de custos que efetivamente foi direcionada para criação de valor (produtos conforme), face aos custos totais.



## **6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

### **6.1 Resultados relativos à Multi2**

#### 6.1.1 Eliminação de retrabalho

No final de janeiro foi implementada a ferramenta para aparar o cabo, no posto de injeção de zamak na Multi2. A implementação foi um sucesso na eliminação do defeito sistemático de rebarbas, pelo que deixou de existir a necessidade de uma trabalhadora retrabalhar as peças.

A ferramenta teve um custo direto de 800€, e foi necessário aumentar o comprimento do cabo de aço de todas as referências da Multi2, para que pudesse ser aparado, o que se traduz num custo anual de 285€.

A poupança em mão de obra direta com a eliminação do posto de trabalho foi de 16 800€ anuais, pelo que o ganho com a ação no primeiro ano foi de cerca de 15 700€.

#### 6.1.2 Aumento de velocidade

Em fevereiro, a Multi2 começou a trabalhar com o novo balanceamento nas referências 47 e 48, foi implementado o quadro de linha no Zamak, e foi deixado stock de 10 unidades de produto intermédio em cada posto entre turnos. Desta forma, foi possível atingir um arranque de apenas 15 minutos (período de tempo desde o momento de início de turno até que a linha estava completamente operacional, incluindo validações de qualidade às primeiras peças produzidas) e uma velocidade de 97% ao longo de 8 horas de funcionamento.

Após verificada a eficácia do novo balanceamento, as instruções de trabalho foram atualizadas definitivamente pela equipa de processos.

Algumas semanas após os primeiros testes terem sido efetuados na linha, a chefe de linha deixou o seu posto devido a baixa médica. O posto de chefe de linha foi assumido por outra trabalhadora, que também era experiente em Zamak, mas que desconhecia o trabalho que havia sido feito com a equipa da Multi2 ao longo dos últimos meses. Durante umas semanas, o rendimento da linha baixou consideravelmente conforme expectável, devido à nova chefia e à necessidade de adaptação. No entanto, eventualmente a equipa voltou ao ritmo que tinha sido atingido após as ações de melhorias, o que foi possível apenas graças a terem sido atualizadas as instruções de trabalho e instruções de balanceamento, que foram seguidas corretamente pela nova equipa. Nos dias 15 e 23 de abril, a equipa atingiu velocidades de 90%

e 92% respetivamente, contando apenas com o número esperado de trabalhadoras na linha durante o turno.

Considerando, conservativamente (face ao valor observado de 97% durante um turno), uma velocidade média a longo prazo de 90% após as ações de melhoria, e que a Multi2 funciona com 6 pessoas na produção das referências 47 e 48, estima-se um ganho anual de cerca de 11 000€ em mão de obra direta e de 268 horas de disponibilidade da linha, graças ao aumento da velocidade da mesma (Tabela 15).

Tabela 15 - Ganhos com aumento de velocidade Multi2

Ref.	Procura anual (unidades)	Velocidade (OEE), antes e depois	Tempo de ciclo médio, antes e depois	Tempo necessário para produzir a procura anual, antes e depois	Custo hora-Homem	Custo total de mão de obra por ano, antes e depois	Disponibilidade ganha por ano	Redução de custos de mão de obra anuais
47/48	147360	74%	36,9 s	1509 horas	7,11€/h	64 370 €	268 horas	11 444 €
		90%	30,3 s	1240 horas		52 927 €		

### 6.1.3 Alteração do *layout*

Quanto à proposta de *layout*, o ganho estimado não seria substancial (Tabela 16), no entanto o custo é nulo. Assim, é uma proposta que não foi implementada e que deve ser considerada pela empresa, quer pelo ganho direto em movimentações de trabalhadoras, como pelo ganho em área fabril que fica desocupada, cerca de 7 metros quadrados.

Esta proposta poderia solucionar um pequeno problema atual do UAP3. Devido à implementação de novas linhas de produção e reduzida área fabril, o UAP3 não possui um local permanente para colocação de resíduos, sendo que este local está constantemente em alterações. Ao reduzir a área da Multi2, seria possível ganhar cerca de 7 metros quadrados, o que seria suficiente para colocação da zona de resíduos. A proposta foi validada pelos departamentos relevantes (segurança, processos e produção), no entanto não foi implementada devido à baixa prioridade, bem como à falta de recursos humanos na equipa de manutenção (causados por *layoffs* e outras situações, maioritariamente relativas ao covid19).

Tabela 16 - Ganhos com a alteração de layout Multi2

<b>Layout Atual</b>	Distância por deslocação (m)	Distância por hora (idas e voltas) (m)	Distância por turno (m)	Tempo por turno em deslocações (min)	Tempo por ano em deslocações (min)	Custo anual (€)
Operador 1 (Prensa1)	0	0	0	0	0	- €
Operador 2 (Montar e Cortar Cabo)	4,6	120	917	13	6370	755 €
Operador 3 (Zamak)	0	0	0	0	0	- €
Operador 4 (Ensaio à tração e Sopros)	11,1	289	2214	31	15372	1 822 €
Operador 5 (Abraçadeiras)	1,8	47	359	5	2493	295 €
Operador 6 (Etiqueta e Sopros)	5,4	140	1077	15	7478	886 €
Total						3 759 €

<b>Proposta de Melhoria de Layout</b>	Distância por deslocação (m)	Distância por hora (idas e voltas) (m)	Distância por turno (m)	Tempo por turno em deslocações (min)	Tempo por ano em deslocações (min)	Custo anual (€)
Operador 1 (Prensa1)	0	0	0	0	0	- €
Operador 2 (Montar e Cortar Cabo)	4,6	120	917	13	6370	755 €
Operador 3 (Zamak)	0	0	0	0	0	- €
Operador 4 (Ensaio à tração e Sopros)	9,1	237	1815	25	12602	1 494 €
Operador 5 (Abraçadeiras)	1,8	47	359	5	2493	295 €
Operador 6 (Etiqueta e Sopros)	4,7	122	937	13	6509	771 €
Total						3 316 €

#### 6.1.4 Formação sobre *setups*

A proposta sobre formação de trabalhadoras em processos de *setup* não foi implementada.

Caso estivessem presentes na linha quatro pessoas capazes de fazer *setup* (três trabalhadoras e um afinador) seria possível efetuar o *setup* dos diferentes postos de forma paralela na maior parte dos casos. Desta forma, o tempo total de *setup* seria ditado pelo tempo de troca de ferramenta do posto mais lento, que pelos dados obtidos é a Prensa 1 com cerca de 12 minutos.

Assumindo uma margem para qualquer atraso que possa acontecer, devido a erro nas validações, lapso na troca de ferramenta, ou outro, é razoável esperar conservativamente que fosse possível efetuar qualquer *setup* em cerca de 20 minutos.

Segundo os técnicos afinadores, normalmente é efetuada uma troca de referência por dia na linha. Sendo o tempo médio de *setup* de 1 hora, com a redução para 20 minutos seria possível poupar 40 minutos por dia. Desta forma, assumindo 250 dias úteis por ano, seria possível ganhar 166 horas de disponibilidade anual.

De forma a compreender o potencial ganho, sendo o tempo de ciclo das referências 47 e 48 de 30 segundos (assumindo uma velocidade de 90%), nestas 166 horas extra seria possível produzir cerca de 20 mil cabos, o que equivale a cerca de um mês e meio de produção destas referências, ou a uma faturação de 26 mil euros (sendo o preço de venda de cada cabo das referências 47/48 de 1,3€). Note-se que a Multi2 não está ainda na sua capacidade máxima, pelo que o ganho de disponibilidade não seria diretamente traduzido em faturação adicional.

Caso fosse um sucesso, esta ação de melhoria poderia ser transversalizada às restantes linhas da fábrica. Afinal, já está previsto nos contratos de trabalho a realização de *setup* pelas trabalhadoras, só que tal nunca foi exigido pelas chefias.

Para além do ganho em *output* nas 166 horas anuais extra de disponibilidade da linha, também existe o ganho de 166 horas anuais de mão de obra dos afinadores, que deixam de estar ocupados em *setups* de linhas, e podem dedicar-se a corrigir avarias ou efetuar afinações, trabalho que na verdade deveria ser a sua função principal, desta forma melhorando a disponibilidade do UAP em geral.

## **6.2 Resultados relativos à Multi1**

### 6.2.1 Implementação de fixação magnética do posto Clipar 1

Relativamente à melhoria da implementação de uma fixação magnética no posto de Clipar 1, verificou-se que o problema ficou resolvido com a proposta implementada. Desta forma, a situação que decorria habitualmente (o facto de as trabalhadoras segurarem a peça numa prensa com os dedos) deixou de se verificar, e um possível acidente foi evitado, bem como todos os custos diretos e indiretos associados a tal (paragem da linha, paragem das linhas vizinhas por curiosidade, baixa médica, preenchimento da burocracia do seguro, custos diretos à seguradora, formação de novas pessoas, entre outros). O custo da ação foi de 30€.

### 6.2.2 Aumento de velocidade da Multi1

Conforme explicado na secção 5.3.3, após implementação do extrator na máquina Zamak da Multi1, houve apenas uma oportunidade para testar o novo balanceamento. Esse teste foi ainda interrompido devido a uma falha no envio de material pelo fornecedor (terminais de espiral).

No entanto, foi possível observar um ganho imediato de aproximadamente 20 a 30 peças por hora. Onde no passado a taxa de produção máxima da linha era de 160 peças numa hora, e a taxa de produção nas restantes horas flutuava entre 100 e 130 peças, durante o teste foi possível atingir 188 peças e nas horas menos produtivas foram ainda produzidas 140 a 160 peças.

Verificou-se ainda uma melhor gestão da equipa devido à atribuição clara de responsabilidades a cada uma das três subequipas. Como as trabalhadoras sabiam exatamente que tarefas faziam, ou não, parte da sua responsabilidade, conseguiam-se gerir entre pares de modo a evitar quebras de material a jusante do seu posto. O balanceamento a ser seguido ficou muito mais claro entre toda a equipa.

Ainda assim, acredita-se que com mais horas de trabalho segundo este método, a equipa consiga melhorar o desempenho, devido à curva de adaptação.

Somando os tempos de ciclo das tarefas e postos alocados a cada equipa, bem como o tempo estimado gasto em deslocamentos por cada equipa, chegou-se aos valores de tempo por equipa presentes na Tabela 17.

*Tabela 17 - Ganhos estimado na Multi1*

		Soma de tempos por equipa (s)	Tempo de ciclo médio por trabalhadora (s)	Tempo de ciclo médio por trabalhadora +10% de margem (s)	Taxa de produção máxima (peças/hora)	Velocidade OEE
Equipas	T7 e T8	33,7	16,8	18,5	194	90%
	T9 e T10	29,3	14,7	16,1		
	T11 e T12	27,4	13,7	15,1		

Dividindo os tempos totais de cada equipa por duas pessoas, é possível obter o tempo de ciclo médio esperado para cada trabalhadora. A este valor, foi acrescentada uma margem de 10% de forma a considerar pausas não planeadas (micro paragens por formações, auditorias na linha, idas à casa de banho, entre outras). O valor de 10% foi utilizado devido a ter sido, aproximadamente, a diferença ou desvio observado entre o funcionamento ideal da Multi2 (durante o teste efetuado, quando a linha estava a ser acompanhada, e a funcionar com uma velocidade de 97%), e o funcionamento médio da linha no dia-a-dia, com as adversidades usuais que seriam de esperar em qualquer linha de produção.

Desta forma, espera-se que no futuro seja possível atingir uma taxa de produção constante e estável de cerca de 194 peças por hora, o que corresponde a uma velocidade de OEE de 90%. Este valor é inferior ao objetivo de 216 peças por hora, no entanto é uma melhoria de 50% face à velocidade média de 60% que se verificava previamente.

Desta forma, conforme a Tabela 18, é esperado uma poupança de cerca 14 000€ anuais em custos de mão de obra direta, e um ganho de 328 horas de disponibilidade.

Tabela 18 - Ganhos esperados com aumento de velocidade Multi1 (propostas já implementadas, mas por validar a longo prazo)

Ref.	Procura anual (unidades)	Velocidade (OEE), antes e depois	Tempo de ciclo médio, antes e depois	Tempo necessário para produzir a procura anual, antes e depois	Custo hora-Homem	Custo total de mão de obra por ano, antes e depois	Disponibilidade ganha por ano	Redução de custos de mão de obra anuais
848/ 849	127680	60%	27,8 s	985 horas	7,11€/h	42 037,06 €	328 horas	14 012 €
		90%	18,5 s	657 horas		28 024,71 €		

Ao contrário da Multi2, que não está ainda em rotura de capacidade em termos de procura do cliente, sendo até que trabalha apenas a dois turnos, a Multi1 apresenta uma disponibilidade muito mais apertada, pelo que é considerada uma linha crítica pela empresa (nunca para, e trabalha a três turnos). Desta forma, o ganho de 328 horas anuais permite à empresa produzir, por exemplo, cerca de 150 mil peças adicionais por ano das referências de maior volume na linha, 974 e 026, o que corresponde à procura de um mês e meio destas referências.

A estes ganhos deve ser subtraído o custo da implementação do extrator no Zamak, de 120€.

### 6.3 Resultados relativos às propostas sobre fiabilidade de dados

As propostas sugeridas relativamente aos indicadores de qualidade e disponibilidade não foram até ao momento implementadas.

Os potenciais ganhos destas medidas são difíceis de calcular, no entanto é seguro afirmar, segundo o professor Stephen Hawking, que “o custo associado a dados errados é a ilusão do conhecimento”. Esta citação é de toda a relevância, visto que nas condições atuais, a empresa vê todas as suas tomadas de decisão comprometidas devido aos enganadores indicadores de desempenho que utiliza. Foca demasiados esforços na qualidade das linhas de montagem, quando grande parte do problema está nos postos a montante. Não presta atenção suficiente ao fator disponibilidade, quando este contribui mais do que julga para o impacto no seu sistema produtivo. Até o indicador de velocidade, conforme analisado, estava inflacionado em 15% durante o período e contexto em estudo.

Desta forma, a empresa nunca consegue saber ao certo se está a tomar decisões corretas, ou sequer quais são os problemas que, verdadeiramente, mais estão a afetar a sua competitividade no mercado.

## 7 CONCLUSÕES

Neste capítulo são discutidas as principais conclusões do projeto, adversidades encontradas e sugestões de trabalho futuro.

### 7.1 Considerações Finais

O projeto descrito nesta dissertação surgiu principalmente devido à necessidade da empresa em melhorar o desempenho do seu sistema produtivo. Em particular, melhorar o desempenho das linhas Multi-Referências 1 e 2, através da melhoria do OEE e da redução de custos associados a desperdícios. Estas linhas foram concebidas com um papel versátil em mente, semelhante a um sistema produtivo em oficina, onde seriam produzidos cabos de assento para automóveis. O processo produtivo contava com um total de sete trabalhadoras e com uma grande componente de montagem manual, complexa, demorada e ineficiente. O volume de peças produzido nestas linhas era reduzido, comparativamente às restantes linhas da empresa, mais automatizadas. Aquando do início do projeto, rapidamente se verificou que existia uma significativa incongruência entre os indicadores de desempenho obtidos pelo sistema da empresa, e a realidade do chão de fábrica. Desta forma, foi considerado como um objetivo o estudo desta situação a fim de compreender e tentar corrigir o problema. Todo o projeto de melhoria foi desenvolvido à luz de *Lean Production*.

O projeto teve início com o estudo da linha Multi-Referências 2. Foram analisadas as referências 47 e 48, que representam 61% do volume produzido na linha. A velocidade da linha na produção destas referências situava-se em 74%, em média. A linha funcionava inicialmente com sete trabalhadoras, sendo que uma trabalhadora apenas realizava a tarefa de retrabalho de peças defeituosas. Era realizado um *setup* na linha aproximadamente uma vez por dia, com duração média de uma hora. Caso o *setup* fosse entre referências gêmeas, o tempo poderia ser mais reduzido, cerca de meia hora. O tempo de arranque da linha também era demorado, passando 40 minutos desde o início de turno até começar a sair produto acabado do último posto da linha.

Através das ações de melhoria implementadas, foi possível atingir uma velocidade de 97% durante um turno completo. A velocidade da linha acabou por diminuir após o período inicial de testes e acompanhamento da linha, conforme esperado, estabilizando nos 90% ao longo do turno, o que é superior ao objetivo estabelecido entre a empresa e o cliente, de 85%. O tempo de arranque foi reduzido para cerca de 15 minutos. Ainda, foi feita uma alteração no posto Zamak que permitiu eliminar

permanentemente o defeito sistemático que até ali ocorria, pelo que foi possível retirar uma das trabalhadoras da linha.

Desta forma, pelo aumento de velocidade, é estimado que a linha poupe 268 horas anuais, o que equivale a uma poupança em mão de obra direta de cerca de 11 000€ por ano. Pela dispensa da trabalhadora que efetuava retrabalhos, foi obtida uma poupança de 15 700 € anuais.

Foi proposto à empresa a formação das trabalhadoras em *setups*. Esta proposta não foi implementada em tempo útil, no entanto o ganho estimado em disponibilidade da linha ao envolver as trabalhadoras no processo de *setup*, em vez deste ser feito apenas pelo afinador, seria de aproximadamente 166 horas anuais, para além dos ganhos incalculáveis provenientes da maior disponibilidade de técnicos afinadores. Após melhorado o desempenho da Multi2, passou-se à análise da Multi-Referências 1. Nesta linha foram analisadas apenas as referências 848 e 849, que têm um volume de vendas mensais de dimensão semelhante às referências estudadas na Multi2. A velocidade de funcionamento da linha na produção destas referências era de apenas 60%, e contava com seis trabalhadoras. Verificou-se que o tempo de ciclo do posto gargalo era superior ao *takt time*, tornando impossível atingir o objetivo. De uma forma geral, o balanceamento entre postos era confuso, e ocorriam constantes quebras de material nos postos a jusante. Verificou-se ainda um problema grave de segurança no posto Clipar, em que a trabalhadora pressionava dois botões com uma única mão, utilizando a outra mão para segurar a peça numa prensa. Inicialmente foram feitas alterações nas máquinas. No posto Clipar foi possível eliminar o risco de acidente. No posto Zamak foi eliminada a tarefa de extração manual da peça, que foi considerada sem valor acrescentado, através da implementação de um extrator automático.

De seguida foi elaborado e implementado um novo balanceamento de trabalho, que levou a uma melhor organização da equipa, definindo claramente quem estava responsável por determinado posto. Apesar de o novo balanceamento ter sido de facto implementado, o atraso na implementação do extrator no Zamak, bem como a queda nas vendas de componentes do ramo automóvel, significaram que houve apenas uma oportunidade para testar o novo funcionamento da linha. Neste teste, foi possível aumentar a taxa de produção máxima de 160 para 188 peças por hora, o que é promissor. No entanto, deve haver um acompanhamento da linha a médio/longo prazo para realmente concluir sobre a validade do método implementado.

Estima-se, considerando já uma margem de perda de velocidade, no longo prazo, de 10%, que seja possível atingir uma taxa de produção constante de 194 peças por hora com o novo método de trabalho, o que se traduz numa velocidade de 90% e, conseqüentemente, num ganho de 328 horas anuais de disponibilidade.



A poupança direta em redução de custos de mão de obra, pelo aumento de velocidade, é de 14 000€. Como, ao contrário da Multi2, a Multi1 já se encontra em rutura de capacidade, estas 328 horas extra podem ser utilizadas para produzir cabos, contribuindo diretamente para a faturação da empresa, através de vendas adicionais. Nestas 328 horas seria possível produzir, por exemplo, 150 mil cabos das referências de maior volume na linha (974 e 026).

Aquando do início do projeto, o autor apercebeu-se da existência de uma incongruência entre os indicadores de desempenho (nomeadamente OEE) recolhidos pelo sistema da empresa e a realidade do chão de fábrica, pelo que se tornou um objetivo secundário a análise desta situação. Relativamente ao problema da falta de fiabilidade de dados, foram propostas ações no sentido de melhorar o indicador de disponibilidade e o indicador de qualidade. Relativamente ao indicador disponibilidade, foi proposta a implementação de um parâmetro no sistema informático que permita declarar as paragens de linha planeadas de forma antecipada. Quanto ao indicador qualidade, foi sugerido ser dada instrução ao departamento de produção no sentido de efetuar o registo dos materiais não conformes no posto onde o defeito teve origem, e não no posto onde o defeito foi detetado, bem como a utilização de uma fórmula de cálculo que tenha em consideração o custo monetário do material não conforme nos seus diferentes estágios de produção. Estas propostas não foram implementadas em tempo útil.

O ganho estimado com estas propostas não seria diretamente monetário, pelo que é difícil de quantificar. No entanto, e em especial no caso da disponibilidade, apenas um indicador de desempenho que efetivamente reflita a realidade do chão de fábrica, pode levar a empresa a agir no sentido de melhorar a sua competitividade.

No fundo, o ganho obtido com estas propostas seria a construção de alicerces (indicadores de desempenho robustos) para o processo de tomada de decisão da empresa. Por exemplo, neste momento a duração média de *setup* registada em sistema é seis vezes inferior à média observada no chão de fábrica. Desta forma, a empresa pode ser induzida em erro, no sentido em que pode julgar que os *setups* não são um problema, e que a disponibilidade das linhas é excelente, quando não é o caso.

Quanto ao indicador qualidade, também um indicador mais coerente com a realidade da empresa, conforme proposto, levaria potencialmente a uma melhor priorização de ações de melhoria na fábrica.

O ganho direto com a análise desenvolvida foi a chamada de atenção para este problema grave, de cuja existência a empresa não se tinha apercebido.

## 7.2 Trabalho Futuro

O trabalho de melhoria de eficiência na Multi2 foi um sucesso, mas ficaram ainda em aberto algumas propostas. Nomeadamente, a formação de trabalhadoras em *setups*, e a alteração do *layout* da linha. Ambas as ações foram aprovadas, mas acabaram por não ser implementadas, quer por não serem uma prioridade, quer por falta de recursos humanos devido a isolamentos, *layoffs*, e outras situações causadas pelo covid19. Quando a empresa voltar à normalidade, e houver recursos disponíveis, estas ações devem avançar.

No que concerne a passos futuros, sugere-se em segundo lugar o seguimento das ações implementadas na Multi1. Como prova de conceito, as ações funcionaram. No entanto, deve haver um acompanhamento mais prolongado do funcionamento da linha com o novo balanceamento de trabalho, dos indicadores de desempenho da mesma, e das dificuldades que eventualmente possam surgir.

Apesar desta dissertação fazer parecer o trabalho desenvolvido na Multi2 suave e sem percalços, a realidade não foi essa. A cada passo apareciam novas dificuldades, novas situações a resolver e novas oportunidades de melhoria. Em certas situações, como por exemplo a elaboração de um novo balanceamento de trabalho na Multi2, a abordagem teve de ser completamente revista até que fosse possível obter melhorias. Noutras, as ações planeadas funcionaram bem e conforme esperado à primeira tentativa, para surpresa de todos. É por esta razão que deve haver um seguimento do trabalho desenvolvido na Multi1.

Após realizado este acompanhamento, é importantíssimo que sejam definidos novos *standards* de trabalho, através da atualização das instruções de trabalho presentes na linha. Só desta forma pode ser garantido o cumprimento do método de trabalho a longo prazo, especialmente caso aconteçam substituições de trabalhadoras no futuro.

Deve haver uma reformulação do método de obtenção de dados relativos ao chão de fábrica. Pertencendo a uma multinacional com *standards* internos, compreende-se que possam existir limitações nas alterações que a empresa possa querer efetuar. No entanto, a empresa deve iniciar um processo de análise mais aprofundada dos KPI, e deve concluir sobre se está, ou não, satisfeita, com a fiabilidade com que estes refletem o estado do seu sistema produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azhar, S., Ahmad, I., & Sein, M. K. (2010). Action Research as a Proactive Research Method for Construction Engineering and Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(1), 87–98. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000081](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000081)
- Baskerville, R. L. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 2(1), 19. <https://doi.org/10.17705/1cais.00219>
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419–435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bilalis, N., Scroubelos, G., Antoniadis, A., Emiris, D., & Koulouriotis, D. (2002). Visual factory: Basic principles and the “zoning” approach. *International Journal of Production Research*, 40(15 SPEC.), 3575–3588. <https://doi.org/10.1080/00207540210140031>
- Bosina, E., & Weidmann, U. (2017). Estimating pedestrian speed using aggregated literature data. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 468, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.09.044>
- Costa, E. S. M. da, Sousa, R. M., Bragança, S., & Alves, A. C. (2013). *An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools*. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/25314>
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. DW Publishing.
- Dennis, P., & Shook, J. (2007). *Lean Production Simplified: A Plain Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. Productivity Press.
- Dhiravidamani, P., Ramkumar, A. S., Ponnambalam, S. G., & Subramanian, N. (2018). Implementation of lean manufacturing and lean audit system in an auto parts manufacturing industry—an industrial case study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(6), 579–594. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2017.1356473>
- Elmaraghy, W., Elmaraghy, H., Tomiyama, T., & Monostori, L. (2012). Complexity in engineering design and manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61(2), 793–814. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.001>
- Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them (Resource Management)*. St. Lucie Press.
- Flores, B. E., & Whybark, D. C. (1986). Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(3), 38–46. <https://doi.org/10.1108/eb054765>
- Ford. (2021). <https://corporate.ford.com/about/history/company-timeline.html>.
- Ford, H., & Crowther, S. (1922). *My Life and Work*. Doubleday, Page & Co.
- Gangidi, P. (2019). A systematic approach to root cause analysis using 3 × 5 why's technique. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 295–310. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114>
- Ganhão, F. (2001). *Custos da Qualidade*. Instituto Português da Qualidade.
- George, A. (2007). Lean kaizen in the 21st Century. *Quality Progress*, 40(8), 69, 70.
- Groote, P. De. (1995). Maintenance performance analysis: A practical approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(2), 4–24. <https://doi.org/10.1108/13552519510089556>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Hult, M., & Lennung, S. (1980). Towards a definition of action research: a note and bibliography. *Journal*

- of Management Studies*, 17(2), 241–250. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1980.tb00087.x>
- Jimenez, G., Santos, G., Sá, J. C., Ricardo, S., Pulido, J., Pizarro, A., & Hernández, H. (2019). Improvement of productivity and quality in the value chain through lean manufacturing - A case study. *Procedia Manufacturing*, 41, 882–889. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.011>
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2003). *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. The Lean Enterprise Institute.
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The role of OEE. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(1), 55–78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Kato, I. (1973). *Original TPS Book. In Art of Lean, Inc.*
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *Sloan Management Review*, 41.
- Liker. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Ljungberg, Ö. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations and Production Management*, 18(5), 495–507. <https://doi.org/10.1108/01443579810206334>
- Losonci, D., Demeter, K., & Jenei, I. (2011). Factors influencing employee perceptions in lean transformations. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 30–43. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2010.12.022>
- Marques, P. A., & Requeijo, J. G. (2009). SIPOC: A Six Sigma Tool Helping on ISO 9000 Quality Management Systems. *3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*. <http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2009/1229-1238.pdf>
- Mejabi, O. O. (2003). Framework for a lean manufacturing planning system. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 5(5–6), 563–578. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2003.003710>
- 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. (1983). Toyota production system: Practical approach to production management. In *Atlanta, G.A.*
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Nallusamy, S., & Adil Ahamed, M. A. (2017). Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 175–185. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.175>
- Nicholas, J. (2018). Lean Production for Competitive Advantage. In *Lean Production for Competitive Advantage*. <https://doi.org/10.4324/9781351139083>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Productivity Press. (2002). *Standard Work for the Shop Floor*. Productivity Press.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts and Managers at All Levels*. McGraw-Hill.
- Rojasra, P. M., & Qureshi, M. N. (2013). Performance improvement through 5S in small scale industry: a case study. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(3), 1654–1660.

- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Sanders, R. (1987). The pareto principle: Its use and abuse. *Journal of Services Marketing*, *1*(2), 37–40. <https://doi.org/10.1108/eb024706>
- Scodanibbio, C. (2009). *World-Class TPM—How to calculate Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. <http://www.scodanibbio.com/>
- Scott, D. and Pisa, R. (1998). Can overall factory effectiveness prolong Moore's Law? *Solid State Technology*, *41*, 75–82.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, *21*(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shingo, S. (1981). *A study of the toyota production system: From an industrial engineering viewpoint*. Japan Management Association.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: The SMED system*. Productivity Press.
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., & Betts, A. (2007). Operations Management. In *Operations Management* (6th ed.).
- Suzaki, K. (1987). *The New Manufacturing Challenge*. The Free Press.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. Harper & Brothers.
- Teich, S. T., & Faddoul, F. F. (2013). Lean Management – the Journey from Toyota to Healthcare. *Rambam Maimonides Medical Journal*, *4*(2). <https://doi.org/10.5041/rmmj.10107>
- Uhrin, Á., Bruque-Cámara, S., & Moyano-Fuentes, J. (2017). Lean production, workforce development and operational performance. *Management Decision*, *55*(1), 103–118. <https://doi.org/10.1108/MD-05-2016-0281>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Simon and Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world* (Vol. 323). Rawson Associates.

## APÊNDICE 1 – REGISTO DE DEFEITOS MULTI2

Tabela 19 - Registo de defeitos Multi2  
A vermelho estão representados os defeitos com origem em postos a montante da linha

Defeito	Ref.	Custo €	% do custo total	% cumulativa do custo	Unidades NOK	% Unidades NOK do total
Ensaio destrutivo do OK à primeira peça	48	82,93	16,88%	17%	226	6%
Ensaio destrutivo do OK à primeira peça	47	81,47	16,58%	33%	222	6%
Subconjunto intermédio Cabo mal aparado (tramo grande)	48	71,45	14,54%	48%	236	6%
Defeito na primeira injeção (deformado ou injeção incompleta)	47	65,58	13,35%	61%	916	23%
Subconjunto intermédio NOK	47	63,22	12,87%	74%	342	9%
Cabo Duplo - Cabo Trilhado, Aberto ou Acavalado	48	33,22	6,76%	81%	464	12%
Subconjunto intermédio NOK	48	21,58	4,39%	85%	352	9%
Subconjunto intermédio grande - Cota de saída NOK	47	19,08	3,88%	89%	52	1%
Subconjunto intermédio - Flor NOK	47	16,43	3,34%	93%	56	1%
Subconjunto intermédio 2º terminal de espiral danificado	47	9,57	1,95%	95%	156	4%
Subconjunto intermédio grande - Cota de saída NOK	48	6,24	1,27%	96%	17	0%
Subconjunto intermédio 1º terminal de espiral danificado	47	4,60	0,94%	97%	59	2%
Subconjunto intermédio 1º terminal de espiral danificado	48	4,44	0,90%	98%	57	1%
Subconjunto intermédio Tubo exterior grande NOK	48	2,12	0,43%	98%	38	1%
Espiral NOK - Espiral Pequeno com rebarbas, alhetas ou danificado	47	1,87	0,38%	98%	41	1%
Subconjunto intermédio Tubo exterior grande NOK	47	1,79	0,36%	99%	32	1%
Produto final - Etiqueta danificada	48	1,73	0,35%	99%	483	12%
Espiral NOK - Espiral Grande com rebarbas, alhetas ou danificado	48	1,37	0,28%	99%	30	1%
Espiral NOK - Espiral Pequeno com rebarbas, alhetas ou danificado	48	1,02	0,21%	100%	35	1%
Espiral NOK - Espiral Grande com rebarbas, alhetas ou danificado	47	0,81	0,17%	100%	28	1%
Abraçadeira NOK	48	0,66	0,14%	100%	31	1%
Tubo Exterior Grande NOK	48	0,11	0,02%	100%	14	0%
Tubo Exterior Grande NOK	47	0,01	0,00%	100%	6	0%
Tubo Exterior Pequeno NOK	48	0,01	0,00%	100%	6	0%

## APÊNDICE 2 – SECÇÃO DE UMA INSTRUÇÕES DE SETUP

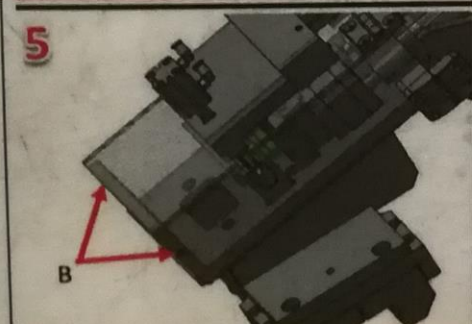
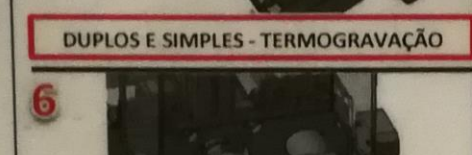
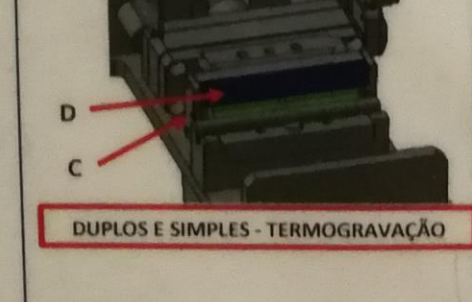
	#	Descrição	Interno/ Externo	Respon- sável	Instrução
	5	Kit de Ensaio (SETUP CABOS DUPLOS E SIMPLES)	In.	Op.	Remover o posicionador da caixa do produto (cabos duplos) ( <b>conjunto roxo</b> ) ou o posicionador do terminal de espiral (cabos simples) e substituí-lo pelo posicionador desejado ( <b>tabela ferramentas</b> ). Para tal, basta aliviar os 2 parafusos recartilhados ( <b>imagem 4 (A)</b> ) e substituir as peças em questão.
	6	Termogravação (SETUP CABOS DUPLOS E SIMPLES)	In.	Op.	Desapertar os 2 manípulos existentes numa das extremidades do dispositivo de termogravação e levantar a tampa de proteção do sistema ( <b>imagem 5 (B)</b> ).
	7	Termogravação (SETUP CABOS DUPLOS E SIMPLES)	In.	Op.	Retirar o parafuso M4 ( <b>C</b> ) e remover o conjunto placa de termogravação. Remover o parafuso M4 do suporte ( <b>peça roxa</b> ) ( <b>imagem 6 (D)</b> ) e retirar as letras ( <b>peças verdes</b> ). Substituir as letras pelas desejadas, consoante a ref. Colocar o suporte das letras e apertar o M4.

Figura 46 - Parte de uma instrução de setup.

Instrução não disponível na íntegra por motivos de confidencialidade.



### APÊNDICE 3 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO POSTO ZAMAK MULTI2 (ANTES DA ALTERAÇÃO)










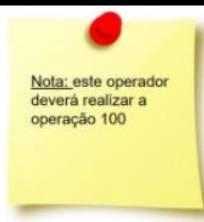
		<b>Cabo Comando de Assento - 47_ 48</b>				Revisão: 008/2018 Data: 2020-01-30 Criador: F32 Alterado por: F32			
		Inst. do P. de Trab.: 103 Montar terminal de cabo solto; Fazer flor; injectar 2º terminal de cabo							
Tempo op. Ind.: 30seg Ind. Poliv.: U Stock: 20 Lim. defeitos: Ver etiqueta	Aprovado por:  Data:		Regras de Reacção: Se algum componente/subconjunto apresentar características NOK, colocá-lo em caixa para recusados. Quando ultrapassar o nível máximo de defeitos indicado para actividade, parar a operação e chamar a team leader, que deve verificar se o defeito encontrado está a ser produzido na linha/máquina de origem. O material não conforme colocado nas caixas de sucata, só pode ser recuperado no local definido para o mesmo e de acordo com as recuperação de peças definidas que se encontram nos postos de recuperação						
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>					
Corte de cabo, com filamentos soltos e com rebarbas no corte.	Pegar num terminal de cabo solto e montá-lo no subconjunto de cabo		PY Sequencia de operações: Existência de flor.	Introduzir extremidade do cabo no dispositivo de flor e empurrar cabo para accionar operação		Corte de cabo, com filamentos soltos e com rebarbas no corte.	Pegar num termina de cabo solto e montá-lo no subconjunto de cabo		
<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>					
PY Sequencia de operações: Existência de flor.	Introduzir extremidade do cabo no dispositivo de flor e empurrar cabo para accionar operação		Posicionar subconjunto de espiral, do lado do terminal de espiral / cabo duplo, e premir botão verde, para fixar subconjunto ao gabarit	SC: SC01: S01: S02:  PY Existência de termina de cabo solto; PY Existência terminal espiral punçonado.	Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos; Fibr desocentrada no molde.			Posicionar subconjunto grande no gabarit de injeção. Premir botão para accionar injeção de 2º terminal de cabo zamak	
<b>7</b>		<b>8</b>		<b>9</b>					
SC: SC01: S01: S02:  PY Existência de terminal de cabo solto; PY Existência terminal espiral punçonado.	Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos; Fibr desocentrada no molde.		Afastar o subconjunto injectado para fora do gabarit de injeção. Posicionar o outro subconjunto. Premir botão verde.		Nota: este operador deverá realizar a operação 100				
		Nota: este operador deverá realizar a operação 100							

Figura 47 – Instruções de trabalho do posto Zamak Multi2 (antes da alteração).



## APÊNDICE 4 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO POSTO ZAMAK MULTI2 (APÓS ALTERAÇÃO)



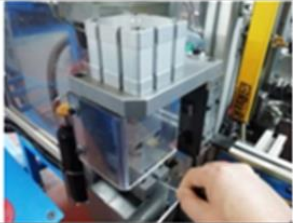




		<b>Cabo Comando de Assento - 47_ 48</b>				Revisão: 00A/2021 Data: 2021-05-04 Criador: F32 Alterado por: F32	
Inst. do P. de Trab.: 103 Aparar cabo; Montar terminal de cabo solto; Fazer flor; Injectar 2º terminal de cabo							
Tempo op. Ind.: Ind. Poliv.: L Stock: 20 Lim. defeitos: Ver etiqueta		Aprovado por:  Data:		Regras de Reacção: Se algum componente/subconjunto apresentar características NOK, colocá-lo em caixa para recusados. Quando ultrapassar o nível máximo de defeitos indicado para actividade, parar a operação e chamar a team leader, que deve verificar se o defeito encontrado está a ser produzido na linha/máquina de origem. O material não conforme colocado nas caixas de sucata, só pode ser recuperado no local definido para o mesmo e de acordo com as recuperação de peças definidas que se encontram nos postos de recuperação			
<b>1</b>				<b>2</b>			
Pegar no subconjunto e posicionar extremidade do cabo no dispositivo de aparar, empurrando para accionar operação.		Corte de cabo, com filamentos soltos e com rebarbas no corte.		Pegar num terminal de cabo solto e montá-lo no subconjunto de cabo		<b>3</b>	
		<b>4</b>				<b>6</b>	
(no outro subconjunto) Aparar cabo e pegar num termina de cabo solto e montá-lo no subconjunto de cabo		Corte de cabo, com filamentos soltos e com rebarbas no corte.		Introduzir extremidade do cabo no dispositivo de flor e empurrar cabo para accionar operação		Posicionar subconjunto de espiral, do lado do terminal de espiral / cabo duplo, e premir botão verde, para fixar subconjunto ao gabarit	
<b>7</b>		<b>8</b>		<b>9</b>			
SC: SC01: S01: S02:		SC: SC01: S01: S02:		SC: SC01: S01: S02:		SC: SC01: S01: S02:	
PY Existência de terminal de cabo solto: PY Existência terminal espiral punhado.		PY Existência de terminal de cabo solto: PY Existência terminal espiral punhado.		PY Existência de terminal de cabo solto: PY Existência terminal espiral punhado.		PY Existência de terminal de cabo solto: PY Existência terminal espiral punhado.	
Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos, Fibr descentrada no moio		Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos, Fibr descentrada no moio		Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos, Fibr descentrada no moio		Fibr sem estar uniforme com filamentos abertos, Fibr descentrada no moio	
Posicionar subconjunto grande no gabarit de injeção. Premir botão para accionar injeção de 2º terminal de cabo zamak.		Afastar o subconjunto injectado para fora do gabarit de injeção. Posicionar o outro subconjunto. Premir botão verde.		Identificação do posto gargalo na linha, para esta referência		Identificação do posto gargalo na linha, para esta referência	

Figura 48 - Instruções de trabalho do posto Zamak Multi2 (após alteração).

## APÊNDICE 5 – INSTRUÇÕES DE TRABALHO POSTO ABRAÇADEIRAS MULTI1







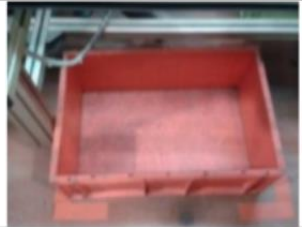

		MHS3	848_	849			Revisão: 009/2017 Data: 2018-11-15 Criador: F32 Alterado por: F32
Instrução do Posto de Trabalho: 107 Montar Abraçadeiras; Posicionar e aparar abraçadeiras							
Tempo op. Ind.: 11 seg Ind. Poliv.: L Stock: 10 Lim. defeitos: Ver etiqueta	Aprovado por:  Data:		Regras de Reacção: Se algum componente/subconjunto apresentar características NOK, colocá-lo em caixa para recusados. Quando ultrapassar o nível máximo de defeitos indicado para actividade, parar a operação e chamar a team leader, que deve verificar se o defeito encontrado está a ser produzido na linha/máquina de origem. O material não conforme colocado nas caixas de sucata, só pode ser recuperado no local definido para o mesmo e de acordo com as recuperação de peças definidas que se encontram nos postos de recuperação				
1		2		3			
<small>TEspiral danificado, derretido TCabo com rebarbas, deformado, cabo acovelado ou trilhado.</small> Pegar num subconjunto e posicioná-lo (terminal de espiral) no dispositivo de ajuda a montagem a abraçadeira, do lado esquerdo		<small>Deslizamento do cabo com abrito ou a arrastar</small> Completar posicionamento do subconjunto. Efectuar pre-montagem das abraçadeiras junto as extremidades do tubo esponja.					
4		5		6			
		<small>SC03:</small>  <small>Esforço deslizamento de abraçadeiras. Exatidão e correcta assuro abraçadeiras. Correcta "chapa"</small>  <small>Abraçadeiras com corte rente</small>					
7		8		9			
	Nota						

Figura 49 - Instrução de trabalho do posto Abraçadeiras da Multi1 (por atualizar)