

Melhoria do Fluxo Produtivo de uma Célula de Montagem de Ferramentas de Corte numa Empresa do Setor Metalomecânico

Bárbara Ribeiro Fernandes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Professor Eduardo Gil da Costa



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2022-07-11

*“If I’d asked my customers what they wanted,
they would have said a faster horse”*

Henry Ford

Resumo

O presente projeto de dissertação realizou-se na Frezite – Ferramentas de corte, S.A., conceituada empresa portuguesa que produz e comercializa ferramentas de corte para a indústria da madeira. Concretamente, o desafio desenvolveu-se na célula de montagem, onde se procede a adição de componentes nos corpos das ferramentas. A célula carecia de uma reorganização do seu fluxo produtivo, com vista a aumentar os níveis de produtividade e a reduzir os prazos de entrega.

Numa fase inicial, efetuou-se uma revisão de literatura assente na filosofia *lean*: percorreu-se o seu contexto histórico e estudaram-se os seus princípios, metodologias e evolução até ao *Lean 4.0*.

Após este estudo, avançou-se para o chão de fábrica numa perspetiva de entender aprofundadamente o processo produtivo da célula e todas as atividades que dele fazem parte. Paralelamente, ao longo deste processo, foram-se identificando várias oportunidades de melhoria.

Conhecendo o contexto empresarial, procurou-se encontrar quais as ferramentas *lean* estudadas que mais benefícios trariam à célula em questão, no sentido de solucionar as oportunidades de melhoria previamente detetadas.

Deste modo, num período de quatro meses, recorreu-se a implementação de várias metodologias, nomeadamente 5S, princípios de gestão visual, alterações do *layout* e outro conjunto de melhorias no processo, a nível de automação e informática.

Embora algumas soluções propostas somente possam ser aplicadas a longo-prazo, todas as intervenções realizadas na célula de montagem foram importantes para a melhoria do seu fluxo produtivo, repercutindo-se nos resultados obtidos.

Palavras-chave: *Lean*, 5S, Gestão Visual, Melhoria Contínua.

Abstract

Improvement of the production flow of a cutting tool assembly cell in a company of the metalworking sector

The present dissertation project took place in Frezite - Ferramentas de Corte, S.A, a respected Portuguese company which manufactures and sells tools for the woodworking industry. In order to get an higher productivity, reducing the delivery times, it was necessary to reorganise the assembly process where components are added to tool bodies.

Initially, a literature review was done based on the *lean* philosophy: understood the historical context, the principals and the methodology were hardly studied until *Lean 4.0*.

After this study, the project moved on to the factory floor with a view to in-depth understanding of the cell's production process and all the activities that are part of it. At the same time, throughout this process, several opportunities for improvement were identified.

Knowing the business context, the next step was to find out which of the lean tools studied would bring the most benefits to the cell in question, in order to solve the improvement opportunities previously detected.

So, in a period of four months, several methodologies were implemented, namely 5S, visual management principles, layout changes, and another set of process improvements, at the automation and informatics level.

Although some of the proposed solutions can only be applied in the long term, all the interventions made in the assembly cell were important for the improvement of its production flow, which had repercussions on the obtained results.

Keywords: Lean, 5S, Visual Management, Continuous Improvement.

Agradecimentos

À Frezite – Ferramentas de Corte S.A., pela oportunidade de desenvolver este projeto e por todas as condições proporcionadas, sempre demonstrando abertura à mudança. Ao Engenheiro Rui Lopes, orientador na empresa, pelo apoio, confiança e partilha de conhecimento. Ao Engenheiro Fernando Figueiredo e ao Eusébio, pelo auxílio e disponibilidade. Ao Élio, pelo seu profissionalismo. Ao Alberto, ao Emanuel, ao Ricardo e ao Tiago, colaboradores da equipa de montagem, por todo o empenho e dedicação que incutiram neste projeto ao longo dos quatro meses. A todos os restantes colaboradores da Frezite, pela sua simpatia e boa disposição diárias, que contribuíram para que tão bem me integrasse.

Ao professor Eduardo Gil da Costa, orientador da FEUP, pelo apoio e disponibilidade, fundamentais para a realização e enriquecimento deste projeto. A todos os professores da Faculdade de Engenharia com os quais tive oportunidade de me cruzar, pelo rigor e exigência incutidos.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional em todos os momentos, pelo aconselhamento, motivação e educação. Obrigada por serem um exemplo para mim e por todas as oportunidades proporcionadas ao longo destes cinco anos. Ao meu irmão, pela amizade incondicional. Aos meus avós e a todos os meus familiares. Obrigada por acreditarem sempre em mim.

Ao Pedro, pela compreensão, suporte e amizade. Aos amigos que me acompanham desde o início do meu percurso académico e aos que a faculdade me deu, agradecer os ensinamentos, a amizade, e todos os momentos vividos.

A todos, o meu sincero obrigada!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Grupo Frezite	1
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Metodologia adotada na elaboração do projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão de Literatura	5
2.1	Filosofia <i>Lean</i>	5
2.1.1	Contexto Histórico	5
2.1.2	Desenvolvimento do Pensamento <i>Lean</i>	6
2.1.3	Princípios	7
2.1.4	Desperdícios	8
2.2	Metodologias <i>lean</i>	11
2.2.1	<i>Gemba</i> e <i>genchi gembetsu</i>	11
2.2.2	Fluxograma/ <i>Swimlane</i>	12
2.2.3	Estudo dos tempos e dos métodos	12
2.2.4	5S	13
2.2.5	Gestão Visual	14
2.2.6	<i>Kaizen</i>	14
2.2.7	Diagrama <i>Spaghetti</i>	15
2.3	<i>Lean 4.0</i>	16
3	Mapeamento e análise da situação inicial	17
3.1	Caracterização geral da fábrica	17
3.2	Caracterização da célula de montagem	19
3.2.1	Chegada de material	19
3.2.2	Equilibragem	21
3.2.3	Calços	24
3.2.4	Montagem	27
3.3	Estudo dos tempos	28
3.3.1	Equilibragem	29
3.3.2	Calços	31
3.3.3	Montagem	32
4	Apresentação do método e das melhorias propostas	33
4.1	5S	33
4.1.1	Triagem	33
4.1.2	Arrumação	34
4.1.3	Limpeza	39
4.1.4	Normalização	41

4.1.5	Disciplina.....	41
4.2	Gestão Visual.....	42
4.3	<i>Layout</i>	43
4.4	Outras melhorias.....	44
4.4.1	Melhorias no processo	44
4.4.2	Automação.....	45
4.4.3	Informática.....	47
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	48
	Referências	51
	ANEXO A:Fluxograma.....	53
	ANEXO B:Estudo de tempos inicial para equilibragem	54
	ANEXO C:Estudo de tempos inicial calços.....	56
	ANEXO D: Estudo de tempos inicial montagem.....	57
	ANEXO E:Flipcharts 5S	58
	ANEXO F:Inventário Triagem	61
	ANEXO G:Folha de Registos da Mudança de banhos da tina US.....	63
	ANEXO H:Auditoria 5S	64
	ANEXO I:Diagrama <i>Spaghetti</i> do <i>Layout</i> Inicial.....	65
	ANEXO J:Diagrama <i>Spaghetti</i> do <i>Layout</i> Final	66
	ANEXO K:Estudo de tempos final para equilibragem.....	67
	ANEXO L:Estudo de tempos final calços.....	68
	ANEXO M:Estudo de tempos final montagem.....	69

Siglas

AGV – Automated Guided Vehicle

CNC – Computer Numeric Control

FIFO – First In First Out

FPS – Ford Production System

IoT – Internet of Things

JIT – Just-In-Time

OF – Ordem de Fabrico

PDCA – Plan, Do, Check, Act

PMTS – Predetermined Motion Time Systems

RFID – Radio Frequency Identification

SDS – Standard Data System

TPS – Toyota Production System

WIP – Work in Progress

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Unidades Estratégicas de Negócio da Frezite.....	2
Figura 1.2 - Famílias de produtos comercializados (<i>Frezite</i> , 2022).....	3
Figura 1.3 - Cronograma das várias etapas do projeto	4
Figura 2.1 - Casa <i>Lean</i> (Liker, 2004)	6
Figura 2.2 - Oito tipos de desperdícios.....	9
Figura 2.3 - Representação exemplificativa dos três M	11
Figura 2.4 - Ciclo PDCA (Ellis, 2020)	15
Figura 3.1 - Caixa de transporte exemplificativa	20
Figura 3.2 – Acumulação desordenada de caixas junto do operador da equilibragem	21
Figura 3.3 – Tinas de lavagem ultrassom	21
Figura 3.4 - (a) Haimer e (b) <i>Schenck</i>	22
Figura 3.5 - Árvores para utilização da <i>Schenck</i>	23
Figura 3.6 - EQ0003	23
Figura 3.7 - Máquina E006.....	24
Figura 3.8 - Máquina SR4, destinada a corte de calços.....	25
Figura 3.9 - Máquina FU4	25
Figura 3.10 - Máquina RP6	26
Figura 3.11 - Máquina R36.....	26
Figura 3.12 - Máquina de colocar cavilhas.....	27
Figura 3.13 – (a) Máquina de acerto vertical e (b) Máquina de acerto horizontal	28
Figura 3.14 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área da equilibragem	29
Figura 3.15 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área dos calços.....	31
Figura 3.16 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área da montagem	32
Figura 4.1 - Representação da etiqueta.....	33
Figura 4.2 - Objetos triados	34
Figura 4.3 - Oportunidade de melhoria #5: (a) antes e (b) depois.....	34
Figura 4.4 - Oportunidade de melhoria #7: (a) antes e (b) depois.....	35
Figura 4.5 - Oportunidade de melhoria #14: (a) antes e (b) depois.....	35
Figura 4.6 - Oportunidade de melhoria #19: (a) antes e (b) depois.....	35
Figura 4.7 - Oportunidade de melhoria #20: (a) antes e (b) depois.....	36
Figura 4.8 - Oportunidade de melhoria #22: (a) antes e (b) depois.....	36
Figura 4.9 - Ação adicional #1: (a) antes e (b) depois.....	36
Figura 4.10 - Ação adicional #2: (a) antes e (b) depois.....	37

Figura 4.11 - Ação adicional #3: (a) antes e (b) depois.....	37
Figura 4.12 - Ação adicional #4: (a) antes e (b) depois.....	37
Figura 4.13 - Ação adicional #5: Parte exterior do armário (a) antes e (b) depois.....	38
Figura 4.14 - Ação adicional #5: Gaveta 1 (a) antes e (b) depois	38
Figura 4.15 - Ação adicional #5: Gaveta 2 (a) antes e (b) depois	38
Figura 4.16 - Ação adicional #6: (a) antes e (b) depois.....	38
Figura 4.17 - Ação adicional #7: (a) antes e (b) depois.....	39
Figura 4.18 - Ação adicional #8: (a) antes e (b) depois.....	39
Figura 4.19 – Ação adicional #9: (a) antes e (b) depois	39
Figura 4.20 – Tinas de lavagem: (a) antes e (b) depois	40
Figura 4.21 – Interior de uma máquina (a) antes e (b) depois	40
Figura 4.22 - Exterior de uma máquina de aperto (a) antes e (b) depois.....	40
Figura 4.23 – Tapete de transporte de caixas (a) antes e (b) depois.....	41
Figura 4.24 – Esmeril (a) antes e (b) depois.....	41
Figura 4.25 – Bancada com vários componentes de montagem.....	42
Figura 4.26 - (a) Parte exterior de um armário com vários elementos e (b) Interior de uma gaveta do armário, a título exemplificativo.	42
Figura 4.27 - Representação do <i>layout</i> inicial e das áreas da célula	43
Figura 4.28 – Organização das caixas por diâmetro do furo	44
Figura 4.29 - Tapete para transporte de caixas	45
Figura 5.1 (a) Gráfico da média diária de peças produzidas em cada mês e (b) Gráfico do <i>lead time</i> médio diário	48
Figura 5.2 – Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área da equilibragem	49
Figura 5.3 - Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área dos calços	50
Figura 5.4 . Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área da montagem	50
 Anexo A 1 - Fluxograma	 53
 Anexo B 1 - Tabela resumo do estudo de tempos inicial para equilibragem	 54
Anexo B 2 - Continuação da tabela resumo do estudo de tempos inicial para equilibragem ..	55
 Anexo C 1 – Tabela resumo do estudo de tempos inicial para calços.....	 56

Anexo D 1 - Tabela resumo do estudo de tempos inicial para montagem	57
 Anexo E 1 - <i>Flipchart</i> 1.....	58
Anexo E 2 - <i>Flipchart</i> 2.....	58
Anexo E 3 - <i>Flipchart</i> 3.....	58
Anexo E 4 - <i>Flipchart</i> 4.....	58
Anexo E 5 - <i>Flipchart</i> 5.....	59
Anexo E 6 - <i>Flipchart</i> 6.....	59
Anexo E 7 - <i>Flipchart</i> 7.....	59
Anexo E 8 - <i>Flipchart</i> 8.....	59
Anexo E 9 - <i>Flipchart</i> 9.....	60
 Anexo F 1 - Inventário resultante da triagem	61
Anexo F 1 - Inventário resultante da triagem	61
Anexo F 2 - Continuação do inventário resultante da triagem	62
 Anexo I 1 - Diagrama spaghetti do <i>layout</i> inicial.....	65
 Anexo J 1 - Diagrama <i>spaghetti</i> do <i>layout</i> final.....	66
Anexo J 2 - Diagrama <i>spaghetti</i> do <i>layout</i> final com áreas.....	66
 Anexo K 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para equilibragem.....	67
 Anexo L 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para calços	68
 Anexo M 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para montagem	69

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 – Rota percorrida por cada grupo tecnológico.....	18
Tabela 3.2 – Legenda para a classificação de atividades	29
Tabela 4.1 - Código de Cores	42
Tabela 4.2 - Código de cores das marcações.....	43

1 Introdução

O presente projeto foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A dissertação, desenvolvida ao longo de quatro meses em contexto empresarial, enquadra-se numa proposta que ambiciona formular melhorias no fluxo produtivo da célula de montagem de uma unidade fabril da Frezite – Ferramentas de Corte, S.A., conceituada empresa portuguesa do setor metalomecânico. Com vista a atingir o objetivo proposto, o presente projeto assenta essencialmente na aplicação de metodologias pertencentes à filosofia *lean*.

Neste capítulo, o projeto é detalhadamente apresentado e contextualizado, contando, também, com a descrição dos objetivos propostos e dos métodos utilizados.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Nos últimos anos, as organizações têm sido constantemente desafiadas a evoluir devido às rápidas mudanças no ambiente empresarial e à sua crescente competitividade. A melhoria contínua dita, atualmente, a sobrevivência das empresas. Neste sentido, a implementação da metodologia *lean* representa um papel fundamental na criação de valor por parte das empresas, visando a eliminação dos desperdícios, a redução de custos e a eficiência dos processos, com o objetivo de dar resposta às necessidades dos clientes (Patel & Patange, 2017).

Como consequência do pronunciado crescimento do Grupo Frezite nos últimos anos, este vê-se compelido a reajustar frequentemente os vários setores das suas empresas, prezando sempre pela evolução e inovação contínuas. Além disso, acentua-se a crescente necessidade de uma capacidade de resposta adequada ao recente aumento do volume de encomendas que a empresa vivencia. Concretamente, o desafio enquadra-se na construção de melhorias no âmbito da eficiência operacional, tendo em vista a complexidade derivada do facto de a maioria da produção se destinar a ferramentas com características especiais.

Assim sendo, o presente projeto de dissertação desenvolve-se na unidade de produção de ferramentas de corte para madeira, mais especificamente na célula de montagem, que constitui uma das etapas finais do processo de produção e onde a Frezite detetou a carência de uma reorganização do fluxo produtivo. Revela-se, assim, fundamental estudar aprofundadamente o processo produtivo atual, com o propósito de conceptualizar o ideal, que seja adequado ao presente volume de trabalho e que vise uma melhor organização e balanceamento de carga entre os vários equipamentos e recursos humanos. Deste modo, com o objetivo de otimizar todos os processos integrantes da célula, recorreu-se à aplicação de metodologias *lean*, que assentam na eliminação de desperdícios e garantem uma máxima organização dos setores.

Esta intervenção na célula de montagem foi considerada crucial para que a Frezite se tornasse capaz de manter os seus notáveis padrões de exigência, continuando a dar resposta aos desafios do mercado e dotando-o de ferramentas de corte de elevada precisão.

1.2 O Grupo Frezite

Com o intuito de ser uma empresa diferenciadora na conceção, produção e comercialização de ferramentas de alta precisão, a Frezite foi fundada em 1978, na Trofa.

O início da década de 90 ficou marcado pelos elevados investimentos em equipamentos CNC de última geração, que geraram a produção de novos artigos com valor tecnológico acrescentado. Em 1996, a empresa Frezite Brasil foi constituída e iniciou-se, assim, o processo de internacionalização. Ao longo das suas quatro décadas de existência, o grupo foi-se expandindo cada vez mais até ser a organização sólida que é hoje, onde conta com sucursais em 10 países, exportando para mais de 60, distribuídos pelos 5 continentes. Paralelamente, o

grupo foi alargando a sua área de negócio com a aquisição de empresas como a MF Metal, em 1999, a FMT, no ano de 2005, e a SERI e a FHP, mais recentemente, em 2019.

Os valores que regem a conduta empresarial do Grupo Frezite são a integridade, a promoção do trabalho em equipa e a inovação. É imperativo afirmar que a Frezite coloca a engenharia no centro da sua cadeia de valor e aposta continuamente em soluções sustentáveis e inovadoras. Assim, o seu modelo de negócio assenta na produção de ferramentas aptas para o corte de diversos materiais como metal, madeira e cortiça, sendo que, conseqüentemente, atua nos mais diversos setores industriais, como a indústria do mobiliário de madeira, indústria têxtil e alimentar, setor automóvel, médico e, inclusive, aeroespacial (Frezite, 2022).

O Grupo Frezite é gerido pela holding FREZIGEST, SGPS, S.A. e, através de uma constante aposta na inovação e de uma expansão sustentada, detém atualmente diversas unidades estratégicas de negócio, que surgem representadas na Figura 1.1.



Figura 1.1 - Unidades Estratégicas de Negócio da Frezite

“A melhoria contínua do Sistema de Gestão da empresa envolve não só os seus processos, produtos e serviços, mas também os meios e recursos utilizados e capacidade tecnológica, sendo objetivo da empresa realizar as atividades do modo mais eficiente e inovador, com menor desperdício de recursos, respeitando integralmente o meio ambiente, a fim de melhorar o desempenho ambiental.” (Frezite, 2022).

Desta forma, a empresa revela a sua preocupação pela qualidade, cumprindo a norma NP EN ISO 9001, e a sua consciencialização no quadrante da sustentabilidade ambiental, tendo, inclusive, sido uma empresa pioneira na certificação pela norma NP EN ISO 14001. Como supramencionado, a inovação é um dos valores intrínsecos à Frezite, pelo que esta conta, também, com a certificação pela norma NP4457 (Frezite, 2022).

Frezite – Ferramentas de Corte

O projeto de dissertação foi desenvolvido na Frezite – Ferramentas de Corte S.A., unidade estratégica de negócio de ferramentas de corte para madeira, daí a importância do presente subcapítulo para melhor entendimento do contexto empresarial em que se elaborou a dissertação. Denominada internamente por Frezite Madeira, esta é considerada a empresa mãe do grupo, dado ter sido a primeira a surgir. Como supramencionado, esta unidade foca-se na produção e comercialização de ferramentas de corte destinadas às indústrias de transformação da madeira, mas atua, também, nas indústrias de plásticos e materiais compósitos.

A empresa reúne um vasto leque de produtos, que se encontram agrupados por sete famílias, expostas na Figura 1.2:



Figura 1.2 - Famílias de produtos comercializados (Frezite, 2022)

A produção distribui-se por dois pavilhões fabris, sendo que um destina-se somente à produção de serras circulares e o outro, onde se desenvolveu o projeto, é responsável pela produção de todas as restantes ferramentas. A percentagem maioritária de produção nesta unidade fabril, cerca de 70%, é destinada a ferramentas denominadas especiais, ou seja, ferramentas personalizadas de acordo com os critérios exigidos pelos clientes. Os restantes 30% das ferramentas produzidas são *standard*, pelo que constam no catálogo da empresa e são produzidas, em grande parte, para *stock*.

Revela-se importante expor que, para além da produção de ferramentas, a empresa dispõe do “Frezite Service”. Concebido em 2012, o foco deste serviço assenta na reparação e afiamento de ferramentas usadas, quer originárias da Frezite quer de empresas concorrentes, com o intuito de prestar um adequado serviço pós-venda aos seus clientes, mantendo uma relação de proximidade com estes e, ao mesmo tempo, contribuindo para a captação de outros.

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo fulcral da elaboração deste projeto é a melhoria do fluxo produtivo, através, essencialmente, da implementação de metodologias *lean*.

Mais concretamente, pretende-se:

- i. Aumentar a produtividade;
- ii. Reduzir o *lead time*;

1.4 Metodologia adotada na elaboração do projeto

De modo a esquematizar visualmente o planeamento das tarefas a executar ao longo das várias semanas da realização do projeto, foi elaborado um diagrama de *gantt*, apresentado na Figura 1.3, que contém as distintas etapas discriminadas.



Figura 1.3 - Cronograma das várias etapas do projeto

- Integração na empresa e estudo do processo produtivo da fábrica: integração na empresa, com apresentação das equipas de trabalho e visita às fábricas do grupo. O objetivo principal passa sobretudo pela compreensão do processo produtivo da unidade fabril onde se desenvolveu o projeto.
- Análise do processo produtivo da célula de montagem: foco especial na compreensão aprofundada do fluxo produtivo e dos métodos de trabalho da célula de montagem em estudo. Esta etapa envolveu o levantamento de alguns indicadores, assim como o estudo dos métodos e tempos, com vista a efetuar uma análise diagnóstica crítica do estado inicial da célula e identificando possíveis oportunidades de melhoria.
- Pesquisa bibliográfica: baseada na temática da gestão da produção, nomeadamente abordando os conceitos inerentes à filosofia *lean*, assim como a sua evolução, os seus princípios e metodologias.
- Conceção do fluxo produtivo ideal e delineação do plano de ação: idealização de melhorias no fluxo produtivo e seleção das ferramentas *lean* a aplicar.
- Implementação de metodologias *lean*: aplicação das soluções propostas que visam melhorar o estado da célula.
- Monitorização do impacto das metodologias aplicadas: medição do desempenho, comparando-o com o estado inicial da célula, de modo a retirar conclusões.
- Redação da dissertação: processo de escrita do presente relatório de dissertação.

1.5 Estrutura da dissertação

A atual dissertação adota uma estrutura constituída por cinco capítulos principais.

O primeiro, e presente capítulo, definiu-se como de natureza introdutória, onde constou uma breve apresentação da empresa onde se desenvolveu o projeto. Foram expostos o enquadramento e a motivação para a realização do mesmo, quais os objetivos propostos a atingir, os métodos adotados ao longo das várias semanas e a estrutura empregue na redação da dissertação.

No capítulo dois, é explicitada a revisão teórica que sustenta o desenvolvimento de todo o projeto. Especificamente, uma vez que a dissertação assenta maioritariamente na filosofia *lean*, são apresentados os conceitos e metodologias usadas para a sua eficaz implementação.

O capítulo três descreve o processo produtivo da Frezite e, em particular, contém uma caracterização pormenorizada da situação inicial da célula de montagem em estudo. É redigido um diagnóstico crítico com vista a identificar oportunidades de melhoria.

No capítulo quatro, são propostas soluções para cada uma das oportunidades de melhoria identificadas previamente, descrevendo os métodos estabelecidos para a sua implementação.

Por último, o capítulo cinco evidencia as conclusões do trabalho realizado de forma sumariada, assim como possíveis sugestões suscetíveis de serem implementadas no futuro.

2 Revisão de Literatura

O Capítulo 2 apresenta a revisão de literatura inerente à filosofia *lean*: inicia com uma abordagem histórica que descreve a sua origem e evolução, expõe os seus princípios e aprofunda várias ferramentas que promovem a sua implementação. Além do mais, inclui uma perspetiva introdutória à versão emergente do *lean*: o *Lean 4.0*. Esta revisão manifesta-se fundamental para a presente dissertação uma vez que sustenta integralmente o desenvolvimento do projeto.

2.1 Filosofia *Lean*

A filosofia *lean* surgiu no Japão, num período em que o país enfrentava uma situação económico-social bastante complicada pós-guerra, vendo-se compelido a desenvolver novos métodos para superar esse contexto. “Um paradoxo desta filosofia é que, embora preconize a mudança e a melhoria contínua, os conceitos centrais permanecem os mesmos.” (Liker & Meier, 2006). A filosofia *lean* promove, sobretudo, a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios. Atualmente, são inquestionáveis os benefícios intrínsecos a este pensamento, que se caracteriza por ser uma jornada sem fim.

2.1.1 Contexto Histórico

Idealizado para responder a um aumento da procura por parte do mercado, surgiu, nos anos 20, um sistema de produção em massa denominado *Ford Production System (FPS)*, concebido por Henry Ford, nos Estados Unidos da América.

Já no Japão, a realidade económica vivenciada após a Segunda Guerra mundial era bastante problemática, por dois principais motivos: a inflação imposta pela elevada presença americana e a destruição de parte do país, como consequência direta da guerra (Lemos Costa & Sá Silva, 2021). A conceituada empresa Toyota enfrentava, assim, vários problemas, face aos obstáculos colocados à indústria automóvel, nomeadamente: o facto de o mercado doméstico ser bastante reduzido com necessidade de uma variada gama de veículos, o poder negocial dos trabalhadores, a necessidade de capital por parte da economia japonesa e a ambição por parte de prestigiadas empresas de construção automóvel de se estabelecerem no país (P. Womack, 1990).

Neste sentido, surgiu a necessidade, por parte da empresa japonesa, de encontrar um modelo de produção que fosse apto a competir com a indústria americana. É, então, nesta fase, que surge o Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production System – TPS*), desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro mecânico, aliado a Eiji Toyoda, então líder da Toyota Motors Company.

Contrariamente ao modelo americano, este sistema visava a produção de pequenos lotes, pois os custos de transporte eram reduzidos e havia uma maior facilidade na deteção de defeitos, para resolução imediata. Para além disso, Ohno acreditava no potencial dos trabalhadores, pelo que estes se tornaram afetos a mais responsabilidades e houve uma grande aposta na formação de equipas, sempre objetivando uma cultura de melhoria contínua – *kaizen*. Este sistema baseava-se, também, na redução de desperdícios e procurava atingir uma grande flexibilidade, de modo a responder às necessidades do mercado. Considerado um dos conceitos mais inovadores, nasce o *Just-In-Time (JIT)*, que se fundamenta em “ouvir primeiro o cliente e só depois iniciar a produção para lhe entregar exatamente o que ele quer, quando quer e na quantidade que quer.” (Lemos Costa & Sá Silva, 2021). A este conceito acrescenta-se o de produção puxada, “*Pull Production*”, em que as atividades a jusante sinalizam as atividades a montante para que estas possam ser iniciadas, eliminando, assim, a sobreprodução (Lean Enterprise Institute, 2008).

2.1.2 Desenvolvimento do Pensamento *Lean*

Baseado no Sistema de Produção Toyota, surgiu, em 1990, o conceito de *lean*, traduzido do inglês por magro ou sem gordura, através de estudos efetuados por Womack e publicados no livro de sua autoria *The Machine that Changed the World*.

Esta filosofia propõe a criação de valor e a redução de desperdícios através da utilização eficiente dos recursos, com consequentes melhorias acentuadas na qualidade e flexibilidade, reconhecendo sempre o foco no cliente. Ao longo dos anos, devido aos inquestionáveis benefícios inerentes à sua prática, rapidamente se alastrou a vários tipos de indústrias e, inclusivamente, a serviços.

Os elementos pelos quais a filosofia *lean* se rege surgem representados numa perspetiva gráfica, através da casa *TPS*. A metáfora da casa remete para o facto de uma casa simbolizar um sistema estrutural, que funciona se, e só se, o telhado, as paredes e as fundações forem fortes. Existem várias versões deste diagrama, todavia os princípios fundamentais são idênticos. Optou-se pela escolha da casa descrita por *Liker*, exposta na Figura 2.1.



Figura 2.1 - Casa *Lean* (Liker, 2004)

Verifica-se que o telhado é composto pelos objetivos principais: elevada qualidade, baixo custo e reduzido *lead time*. Posteriormente, como é possível constatar, os dois pilares cruciais que sustentam a estrutura da casa são o *Just-in-Time (JIT)* e o *Jidoka*, e é importante notar que ambos os pilares são necessários. O *Just-in-Time (JIT)*, como mencionado no subcapítulo anterior, visa remover o inventário e defende a existência de um fluxo unitário contínuo em que se produzem e transportam apenas os produtos necessários. O termo *Jidoka* remete para a *autonomia* dos processos, com a presença humana. Assim sendo, nenhum defeito deverá seguir para a próxima fase do processo, uma vez que se pretende que os trabalhadores detetem os erros e suspendam instantaneamente a produção, de modo que estes não se repliquem (Bicheno, 2004).

No centro do sistema encontramos as pessoas, a eliminação dos desperdícios e a melhoria contínua, *Kaizen*. Os operários, impregnados numa cultura de melhoria contínua, devem estar qualificados para identificar fontes de desperdício e resolver problemas que eventualmente ocorram.

Por fim, há que assinalar que toda a estrutura da casa está assente em elementos fundamentais, que servirão de base para os restantes, previamente abordados. Inclui-se o nivelamento da produção (*Heijunka*), que objetiva o planeamento da produção de modo que haja o mínimo inventário possível, processos estáveis e *standard* e, também, a gestão visual, que possibilita apreender grandes quantidades de informação de forma imediata. Cada elemento constituinte da casa é imprescindível, mas o mais importante é a forma como estes se fortalecem entre si (Liker, 2004).

2.1.3 Princípios

Womack e Jones propuseram, em 1996, cinco princípios que visam orientar os gestores no processo de incorporação da filosofia *lean* nas suas organizações.

1. Definição de valor

O ponto crítico inicial do “*Lean Thinking*” é a definição de valor. O propósito das empresas é criar valor. Contudo, a definição de valor revela-se uma tarefa bastante complexa para algumas organizações, pelo que surge, muitas vezes, distorcida. É essencial reconhecer que esta definição é determinada inteiramente pelo cliente final, pelo que a sua perspetiva deve ser prioritariamente considerada. Deste modo, todo o processo produtivo deve centrar-se em suprir as necessidades do cliente, no sentido de maximizar aquilo pelo qual este está disposto a pagar. Para os autores, oferecer o produto ou o serviço errado de forma certa é considerado um desperdício.

Em resumo, “Na produção *lean* tudo começa com a definição clara do que é valor em termos de produto/serviço específico, com determinadas características, oferecido a um determinado preço, através de um diálogo específico com o cliente.” (Womack & Jones, 2003).

2. Identificação da cadeia de valor

O segundo princípio defende que é necessário saber como é criado o valor e quais os processos e atividades que integram o fabrico do produto ou serviço. Posto isto, é fundamental analisar a cadeia de valor, que representa o conjunto de todas as ações requeridas para criar um produto, desde a encomenda do cliente, até à entrega do produto ao mesmo. Envolve processos como o *design* e a engenharia do produto, os fluxos de informação existentes e a própria produção (desde a matéria-prima até ao produto final). Desta forma, obtém-se uma visão global de como a empresa cria valor para o seu cliente. Ou seja, o objetivo deste princípio é reconhecer as atividades que criam valor inquestionavelmente, as que não criam valor, mas são necessárias, e as que não criam valor e são dispensáveis, devendo ser eliminadas. Este passo é frequentemente ignorado pelas empresas aquando da implementação do *lean*, no entanto, é considerado de elevada importância, uma vez que expõe grandes quantidades de desperdício (Womack & Jones, 2003).

3. Criação de um fluxo contínuo

“Fluxo contínuo significa eliminar todo o tempo em que o processo produtivo se encontra parado devido a algo que o impede de avançar. O objetivo não é unicamente que o material e a informação se movam rapidamente, mas também a união de pessoas e processos, sendo esta a chave para um verdadeiro processo de melhoria contínua e para o desenvolvimento das pessoas.” (Liker & Meier, 2006).

Tradicionalmente, assume-se que as atividades devem ser agrupadas em grandes quantidades e por tipo, de modo a manter continuamente os trabalhadores e os equipamentos a operarem para justificar o capital investido. Contudo, esta gestão revela-se especialmente complexa e é, portanto, fulcral combater estas práticas dispendiosas, assim como a departamentalização uma vez que as atividades são, por via de regra, executadas de forma mais eficiente quando o produto é trabalhado de uma forma contínua (Womack & Jones, 2003).

Em suma, o *lean* preconiza que todas as atividades da cadeia de valor devem ser reordenadas num fluxo contínuo, centralizado no produto. “Tudo funciona melhor quando o foco está no produto e nas suas necessidades, ao invés de na organização e nos seus equipamentos, pelo que todas as atividades necessárias durante o desenho, encomenda e fabrico do produto ocorrem num fluxo contínuo.” (Liker & Meier, 2006)

4. Implementação de um sistema pull

Os clientes são extremamente exigentes: exigem os produtos quando querem, nas quantidades que querem e consideram inaceitáveis atrasos nas entregas. Deste modo, a tendência recorrente para lidar com esta situação seria acumular a máxima quantidade de inventário possível de modo que se consigam responder às inesperadas oscilações da procura. Todavia, esta ideologia gera, incontestavelmente, problemas acrescidos, pelo que a Toyota veio revolucionar, defendendo a existência de pequenas quantidades de inventário, geridas através de um sistema *kanban* que se guia pelos consumos dos clientes (Liker & Meier, 2006).

A filosofia *lean* preconiza a existência de uma grande flexibilidade na produção, de forma que se consiga alterar rapidamente o que se está a produzir. “A capacidade de projetar, agendar e produzir exatamente o que o cliente quer, apenas quando este quer, significa que se pode descartar a previsão de vendas e simplesmente fazer o que os clientes realmente desejam. Desta forma, são os clientes que “puxam” o produto, ou seja, comandam a produção, em vez de se produzir e depois tentar “empurrar” a produção para o cliente sem este estar interessado.” (Womack & Jones, 2003).

5. Procura pela perfeição

De acordo com Womack e Jones, “A perfeição é como o infinito. Tentar visualizá-lo (e chegar lá) é, na verdade, impossível, mas o esforço para o fazer proporcionam a inspiração e a direção essenciais para progredir ao longo do caminho.”

Constata-se que, apesar das tentativas de incorporar práticas *lean* em todas as atividades, há sempre espaço para melhoria e para redução de desperdícios, esforço, tempo e erros. Trata-se de uma jornada sem fim e, neste sentido, a produção vai-se tornando cada vez mais flexível e responsiva às necessidades do cliente. O conceito de transparência é, também, um aliado importante, uma vez que se assegura que toda a gente consegue ver tudo, facilitando a tarefa de criação de valor (Womack & Jones, 2003).

2.1.4 Desperdícios

“A base do *lean thinking* assenta na criação de valor e tem, portanto, o objetivo de identificar e eliminar desperdícios em todas as atividades. De facto, quando se olha para um processo do início ao fim como um fluxo contínuo de atividades, materiais e informação, usualmente se encontram maioritariamente atividades sem valor acrescentado. O desafio é desenvolver um método sistemático para identificar e eliminar continuamente os desperdícios.” (Liker & Meier, 2006).

As atividades são, assim, classificadas em três grupos:

- Atividades que acrescentam valor: atividades que contribuem para a transformação da matéria-prima em produto final e cujo cliente está disposto a pagar;
- Atividades que não acrescentam valor: consideradas desperdícios puros e que devem ser eliminadas pois consomem recursos desnecessariamente;
- Atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias: consideram-se, aqui, os desperdícios denominados necessários, uma vez que o cliente não paga pela realização destas atividades, no entanto, sem as mesmas, as atividades que criam valor não podem ser executadas.

Incluem-se nesta categoria, a título de exemplo, as inspeções, sistemas de controlo para verificação de procedimentos e documentação (Liker, 2004).

Taiichi Ohno identificou sete principais tipos de desperdícios, *muda* em japonês, representados na Figura 2.2 e descritos, posteriormente, com mais pormenor.

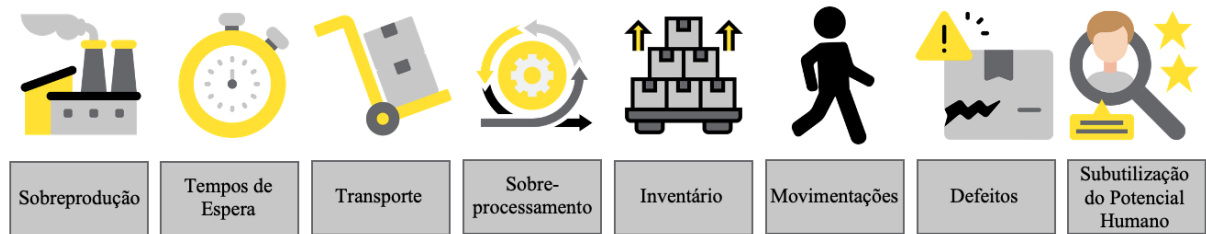


Figura 2.2 - Oito tipos de desperdícios

1. Sobreprodução ou produção em excesso: fabrico de produtos em quantidades superiores às necessárias ou antecipadamente. Este desperdício era considerado por Ohno de extrema importância uma vez que origina os restantes. Ou seja, o volume de sobreprodução terá de ser transportado, ocupará espaço, causará, conseqüentemente, um incremento de inventário e, além disso, poderá conter defeitos. É relevante notar que toda a sobreprodução é planeada e pode derivar de vários motivos: compra de matéria-prima a mais com o intuito de assegurar inesperados aumentos da procura do mercado, criação de inventário para compensar eventuais perdas por defeitos de qualidade e necessidade de rentabilização de atividades que não acrescentam valor como *set ups*. Esta prática aumenta consideravelmente a variabilidade do processo, pelo que deve ser eliminada, visando equilibrar a capacidade de produção com a procura existente, obtendo postos de trabalho balanceados e atingindo um fluxo contínuo (Liker & Meier, 2006).
2. Tempos de espera: ocorrem quando os trabalhadores ou os equipamentos não se encontram a operar, gerando um aumento indesejado do *lead time*. Tal acontece, por exemplo, quando há falta de material ou de ferramentas disponíveis, impedindo, assim, o seguimento do processo produtivo. Também se consideram as situações em que os operadores se encontram parados a supervisionar as máquinas e quando ocorrem avarias nas mesmas (Wilson, 2010). As causas mais comuns para este tipo de desperdício são a obstrução de fluxos, *layouts* desajustados, atrasos de fornecedores e falta de sincronização da capacidade com a procura. Um correto balanceamento dos postos de trabalho e do nivelamento das operações, seguido da implementação de um layout eficaz ajudará na redução deste desperdício (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).
3. Transporte: referente a todo o transporte excessivo de material dentro da fábrica, incluindo *Work In Progress (WIP)*, utensílios e peças finalizadas. Ocorre entre os diferentes passos do processo e é contabilizado como desperdício mesmo que seja efetuado por curtas distâncias. Advém, essencialmente, de *layouts* disfuncionais e de procedimentos de trabalho incorretos, levando a um aumento de custos e do *lead time*. Uma vez mais, é crucial a implementação de um fluxo contínuo e a construção de um layout apropriado (Wilson, 2010).
4. Sobreprocessamento: desperdício assente no processamento do produto além do que é esperado, através da execução de operações desnecessárias à produção. Por vezes, surge ainda na fase de desenho do produto, em que este é concebido com erros ou com mais especificações do que as exigidas pelo cliente. Mais adiante no processo de fabrico, o sobreprocessamento pode dever-se à falta de métodos de trabalho *standard* ou à presença de critérios de qualidade demasiado elevados. No que toca aos equipamentos, estes podem igualmente representar parte deste desperdício, se não forem

suficientemente eficientes ou caso não sejam alvo de políticas de manutenção contínuas. Este tipo de desperdício repercute-se num aumento dos defeitos e da insatisfação dos clientes, sendo, portanto, fundamental uma correta conceção e padronização dos processos.

5. Inventário: retrata todo o material em excesso, englobando matérias-primas, *WIP* e produtos acabados. A presença de inventário poderá ser positiva para responder a flutuações do mercado, no entanto, se for um meio para combater falhas inerentes à falta de qualidade dos processos, é um desperdício. O inventário é considerado desperdício até se transformar diretamente em vendas, pelo que acrescem os custos de armazenamento e transporte gerados. Sendo assim, dever-se-á reforçar o planeamento e o controlo, nivelando a produção.
6. Movimentações: movimentos desnecessários efetuados pelos operadores. A título de exemplo, identificam-se os movimentos exercidos à procura de objetos, ferramentas ou materiais, caminhar, entre outros. Neste caso, não se trata de desperdícios por paragens dos operadores ou das máquinas, mas sim por movimentos que não acrescentam valor ao produto final e que tornam, assim, o processo ineficiente. A questão da ergonomia deve ser tida em consideração para a redução e eliminação destes movimentos prescindíveis, assim como o desenho de um *layout* funcional.
7. Defeitos: fabrico de produtos que não cumprem com as especificações exigidas, derivado de erros praticados na fábrica. Após a identificação dos mesmos, estes produtos podem ser reparados ou considerados sucata. Acarretam, respetivamente, custos de reparação ou a perda do valor total do produto. Ohno acrescenta ainda que não só a unidade defeituosa representa um desperdício, como, igualmente, todo o tempo, esforço e energia despendidos na produção da mesma (Wilson, 2010). Para além dos custos, outras consequências advêm, nomeadamente quebras de produtividade, perda de reputação e aumento de *stock*. Alguns métodos para solucionar este desperdício passam pela padronização dos processos e construção da qualidade em cada passo dos mesmos (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).

Apesar de não incorporar o *TPS*, mais tarde foi identificado um desperdício adicional que é atualmente reconhecido na filosofia *lean* como a subutilização do potencial humano (Ortiz & Park, 2011).

8. Subutilização do potencial humano: simboliza o não aproveitamento das capacidades dos operários, desperdiçando o seu conhecimento, as suas ideias, experiências e potencial criativo. Prescindem-se de oportunidades de evolução e aprendizagem por não se dar voz às pessoas. Assim, deve ser valorizado o papel das mesmas na organização, confiando-lhes responsabilidades e fomentando um sistema de comunicação sólido. É primordial estabelecer uma cultura de melhoria contínua, envolvendo e comprometendo as pessoas integralmente nos processos (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).

Os três M

Os desperdícios supramencionados integram um conceito mais amplo definido pelo *TPS*: “os três M”, sendo eles *Muda*, *Mura* e *Muri*. *Muda* é a palavra japonesa para desperdício e abrange os oito desperdícios mencionados anteriormente. *Mura* significa desigualdade e variabilidade nas operações. Manifesta-se através de irregularidades no mercado, na qualidade de produção e nos ritmos de trabalho e em desigualdades na distribuição da carga de trabalho (Pinto, 2016). Poderá ser eliminado através de nivelamento da produção e do correto balanceamento dos postos de trabalho. *Muri* simboliza a sobrecarga dos equipamentos e das pessoas, exigindo-lhes um ritmo de trabalho demasiado elevado durante longos períodos de tempo, originando excessivos dispêndios de tempo e energia. No caso das pessoas, verificam-

se problemas de stress e segurança e no que aos equipamentos diz respeito, incrementam-se as falhas e avarias. A definição de prazos demasiado curtos e a falta de ergonomia nos postos do trabalho constituem causas recorrentes.

A Figura 2.3 ilustra estes três conceitos exemplificando o transporte de seis contentores de material recorrendo a diversas opções.

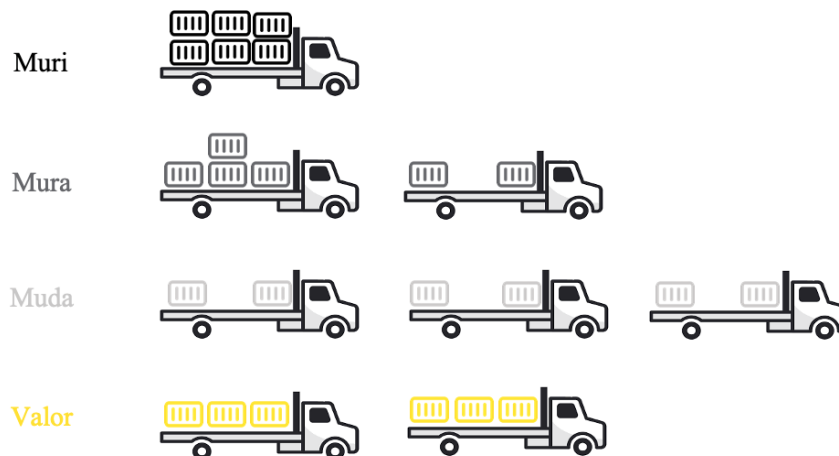


Figura 2.3 - Representação exemplificativa dos três M

É possível identificar que no primeiro caso o camião transporta seis contentores numa única viagem, representando uma situação de sobrecarga, *muri*. Já o segundo simboliza um claro desnivelamento, *mura*, uma vez que um camião transporta bastante mais carga que o outro. No terceiro caso, constata-se que os camiões transportam menos do que são capazes, representando desperdícios. Desta forma, torna-se perceptível a importância de uma eficaz gestão dos recursos para, assim, evitar os 3 M's e gerar valor, como espelha o quarto caso (Lean Enterprise Institute, 2008).

2.2 Metodologias *lean*

Com o intuito de adotar a filosofia *lean* sistematicamente no dia a dia das empresas, existe um conjunto de metodologias que sustentam a sua implementação. Revela-se de elevada importância o domínio do conhecimento destas ferramentas, mas, sobretudo, o correto diagnóstico do contexto empresarial em que se está inserido para uma consciente seleção dos métodos mais adequados a aplicar.

Posto isto, é exposto, em seguida, o suporte teórico relativo a cada uma das várias técnicas utilizadas no desenvolvimento deste projeto.

2.2.1 *Gemba e genchi gembetsu*

Gemba é o termo japonês utilizado para denominar o local onde o valor é criado. É frequentemente utilizado para denotar que as melhorias requerem um foco no chão de fábrica, com observação direta das condições atuais da área de trabalho.

Genchi Genbutsu significam, respetivamente, o local e coisa real. Realça-se a importância de constantemente observar diretamente o que se passa no local, para uma correta compreensão da realidade, aumentando a probabilidade da toma de melhores decisões e da eficaz resolução de problemas. Assim sendo, há uma interação direta com os trabalhadores e com os processos, ao invés de se fundamentar em dados e informações obtidos por terceiros (Lean Enterprise Institute, 2008).

O *genchi gembutsu* é constituído por quatro fases:

1. Ir ao local;
2. Observar o que está a acontecer;
3. Compreender o que está a acontecer realmente;
4. Recolher os dados reais (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).

2.2.2 Fluxograma/*Swimlane*

“Um fluxograma é um diagrama que descreve de forma gráfica e, portanto, visual, um processo, um sistema ou um algoritmo, através do qual se compreende rápida e facilmente como fluem as atividades, a informação e documentação e os materiais.” (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).

Através dos fluxogramas, é possível compreender, intuitivamente, todas as etapas do processo em questão, com recurso à utilização de figuras geométricas padrão para definição de atividades e de setas para a representação de fluxos e sequências.

Os *swimlanes* são igualmente fluxogramas, mas mais completos, dado que acrescentam informação acerca do local ou função associados a cada atividade.

A construção destes diagramas demonstra-se fundamental pois garante uma compreensão aprofundada dos processos por parte de todos, sendo uma ferramenta regularmente utilizada devido à clareza que entrega à comunicação. Para além disso, é útil na deteção de oportunidades de melhoria como desperdícios, redundâncias e ineficiências (Lucidchart, 2022).

2.2.3 Estudo dos tempos e dos métodos

O objetivo do estudo dos métodos é otimizar os processos, melhorando a utilização dos recursos disponíveis e as condições de trabalho. Pretendem-se identificar atrasos e estudar aprofundadamente o processo em si de modo que este possa ser simplificado e resumido somente às atividades que acrescentam valor ao produto. Dever-se-á procurar perceber o modo como as tarefas são executadas e o porquê de assim o serem, de maneira que se possam idealizar subsequentes melhorias nos processos, simplificando, desta forma, as operações.

O estudo dos métodos pode ser efetuado através da visualização, com recurso a entrevistas, ou mesmo por experimentação direta. O registo das observações deve ser realizado o mais próximo possível da fonte, acompanhando a sequência diária de tarefas realizadas pelos trabalhadores (AEP - Associação Empresarial de Portugal, 2003). Existem várias técnicas aliadas ao estudo dos tempos, nomeadamente estimativas, histórico de tempos e medições.

As estimativas consistem na determinação dos tempos necessários para a realização de cada tarefa através de julgamentos feitos pelos trabalhadores com conhecimento na área. É um método com pouco rigor. No método do histórico de tempos, recorrem-se a registos prévios que contêm o tempo despendido em cada atividade. Define-se como sendo um método limitado, contudo mais preciso que o anterior.

As medições dividem-se em métodos de observação direta - a cronometragem e a amostragem - e métodos de observação indireta - o sistema de tempo de movimento predeterminado e o sistema de dados *standard*. São métodos que requerem mais tempo e esforço que os demais apresentados, mas através dos quais se obtém uma maior exatidão nos resultados. Primeiramente, destaca-se a cronometragem, que consiste na observação direta do trabalho efetuado com medição integral dos tempos, sendo considerado o método mais rigoroso. Já o segundo método, a amostragem, consiste em medições instantâneas, isto é, registo de tempos apenas baseado em observações aleatórias. O terceiro método é o denominado sistema de tempo de movimento predeterminado, *PMTS*, que recorre a bases de dados com tempos aproximados para a realização de cada movimento. Por fim, o sistema de dados

standard, *SDS*, diferencia-se do método anterior por não contar com registos de movimentos, mas sim das próprias atividades, ou seja, resultantes da junção de séries de movimentos (P. Groover, 2007).

O estudo dos tempos compreende as quatro principais vantagens:

1. Planear trabalho e alocar capacidade;
2. Definir objetivos base que motivem os trabalhadores e meçam o seu desempenho;
3. Licitar novos contratos e avaliar o desempenho dos já existentes;
4. Fornecer padrões de referências para posteriores melhorias (Chase et al., 2005).

Assim, o estudo dos tempos e dos métodos é especialmente benéfico pois ocasiona resultados de natureza quantitativa, nomeadamente na redução de custos e na eliminação de atividades desnecessárias, e qualitativa, com a criação de melhores condições de trabalho (Lemos Costa & Sá Silva, 2021).

2.2.4 5S

A metodologia 5S surgiu no Japão e é utilizada atualmente, nomeadamente em contexto industrial, uma vez que objetiva a organização, arrumação e limpeza do local de trabalho. É constituída por cinco palavras iniciadas pela letra S e que remetem para as cinco etapas sucessivas do seu processo de implementação:

1. *Seiton*, Triagem: “Em ambiente industrial, os objetos podem acumular-se muito rapidamente e gerar uma enorme desorganização, tornando tudo menos visível.” (Ortiz & Park, 2011).
Neste sentido, a fase inicial de triagem consiste na separação entre o que é necessário do que não é, através de uma avaliação exaustiva do local de trabalho e considerando a frequência de utilização do material. Para conduzir esta fase, utiliza-se regularmente a técnica das etiquetas vermelhas, em que se anexam etiquetas vermelhas a cada item desnecessário presente na área de trabalho, como objetos obsoletos, defeituosos ou avariados. Posteriormente, é elaborado um inventário e estes objetos são sujeitos a uma avaliação que estabelece o seu destino seguinte: o material é reaproveitado para outras secções da fábrica, guardado ou colocado no lixo.
2. *Seiri*, Arrumação: Esta fase assenta na arrumação e organização do material através da definição do local adequado para posicionar cada objeto, garantindo, assim, que estes estejam visíveis e possam ser encontrados facilmente quando precisos. “Nenhum tempo deve ser desperdiçado à procura de objetos” (Borris & Steven, 2006).
3. *Seiso*, Limpeza: Inclusão de procedimentos de limpeza do local de trabalho e dos respetivos equipamentos. O objetivo dos 5S passa igualmente por detetar fontes de sujidade e eliminá-las. Com a intenção de assegurar uma correta execução desta fase, poder-se-ão criar mapas de limpeza e inspeção incluindo todas as tarefas a serem desempenhadas, considerando, igualmente, a sua frequência (Borris & Steven, 2006).
4. *Seiketsu*, Normalização: A quarta etapa compreende a elaboração de regras comuns e de rotinas de trabalho. Ao mesmo tempo, pretende-se garantir que os 3S anteriores estão a ser cumpridos apropriadamente. “A única forma de garantir um *output standard* e atingir a confiabilidade esperada é assegurar que todos executam exatamente os mesmos passos utilizando as mesmas ferramentas e partes, montando-as e testando-as sempre da mesma forma.” (Borris & Steven, 2006).
5. *Shitsuke*, Disciplina: O sucesso da implementação dos 5S depende do cumprimento de todas as etapas, pelo que é necessário assegurar isso mesmo. Tenciona-se fazer dos 5S um hábito diário e sistemático. Para tal, recorrem-se, essencialmente, a auditorias. “A

razão pela qual os 5S diferem dos demais projetos é que não tem data de término, é uma jornada sem fim” (Visco, 2016).

Uma componente que não pode ser descurada é a importância da colaboração e do envolvimento de toda a equipa de trabalho. É necessário o compromisso, esforço e dedicação dos trabalhadores ao longo de todo este processo.

Segundo David Visco, os principais benefícios da implementação dos 5S assentam na redução dos tempos de procura e das distâncias percorridas, na criação de ambientes de trabalho agradáveis e funcionais e na facilidade e rapidez a encontrar objetos, repercutindo-se num aumento da segurança e da produtividade e sendo a base para uma cultura intrínseca de melhoria contínua.

Atualmente, várias empresas consideram ainda um sexto S, que remete para *safety*, ou seja, segurança. O propósito desta inclusão é a criação de melhores condições de saúde e segurança nos postos de trabalho. Pretendem-se reduzir eventuais riscos e acidentes e assegurar que as regulações de segurança e saúde estão a ser devidamente cumpridas (Jiménez, 2019).

2.2.5 Gestão Visual

Os princípios da gestão visual englobam colocar à vista todas as ferramentas, peças, atividades e indicadores do sistema de produção, para que o estado do sistema possa ser entendido rapidamente por todos os envolvidos (Lean Enterprise Institute, 2008).

A gestão visual pretende que a informação relevante esteja ao alcance de todos de forma simples, através de instruções universais colocados no *gemba*. A título de exemplo, pode-se referir a criação de códigos de cores, colocação de sinais, etiquetas, posters, marcações para delimitação de locais e instruções de trabalho. Em relação ao material, cada objeto deve ter uma localização definida e permanecer sempre na mesma, exceto nos momentos em que está a ser utilizado. Por vezes, a gestão visual é inclusive utilizada para a representação gráfica, como quadros com indicadores de desempenho das equipas.

Através destes métodos pretendem-se alcançar padrões elevados de qualidade, fluxo de comunicação eficaz e rápida deteção de anomalias nas atividades do processo. Além disso, a gestão visual auxilia na criação de um local de trabalho seguro e intuitivo, que permite aos operários aprender e trabalhar de forma eficaz e autónoma. É importante que estes pressupostos sejam tidos em consideração para a conceção do *layout* fabril, promovendo um adequado fluxo produtivo (Ortiz & Park, 2011).

2.2.6 Kaizen

A filosofia *Kaizen*, proposta no Japão, em 1986, por Massaki Imai, é uma das bases fundamentais do pensamento *lean*. Esta palavra provém das palavras japonesas *Kai* e *Zen*, que se traduzem, respetivamente, para “mudança” e “para melhor”, originando, assim, o termo globalmente conhecido: “melhoria contínua”. Este conceito remete para a implementação de pequenas mudanças progressivas que, a longo prazo, se traduzem em melhorias substanciais. A cultura *Kaizen* deverá ser praticada continuamente, estando impregnada em todos os níveis da organização. É considerada uma estratégia de relativamente baixo risco, sem custos elevados associados (Imai, 2012).

No ano de 1920, Walter Shewart idealizou uma metodologia, que foi aprofundada nos anos 50 por W. Edwards Deming, denominada ciclo *PDCA*, onde é possível distinguir os quatro passos que constituem a implementação da metodologia *Kaizen*. O ciclo *PDCA* remete para as ações *Plan* (Planear), *Do* (Executar), *Check* (Verificar) e *Act* (Agir) (Ellis, 2020).

É um ciclo de melhoria com base no método científico em que se propõe uma mudança no processo, esta é implementada, medem-se os resultados e tomam-se decisões apropriadas (Lean Enterprise Institute, 2008).

Este ciclo é composto por quatro fases distintas:

Planejar: Identificar o problema, através de observações e recolha de dados. Seguidamente, definir os objetivos propostos e métodos para os atingir.

Executar: Implementar as mudanças planeadas.

Verificar: Avaliar e validar os resultados obtidos. Monitorizar as mudanças em todas as fases e assegurar que o plano está a ser cumprido.

Agir: Proceder de acordo com as conclusões da fase anterior. Se os objetivos foram bem sucedidos, adotar as mudanças implementadas, caso contrário, aprender e repetir o ciclo (Borris & Steven, 2006).

Na Figura 2.4 encontra-se representado o ciclo PDCA.

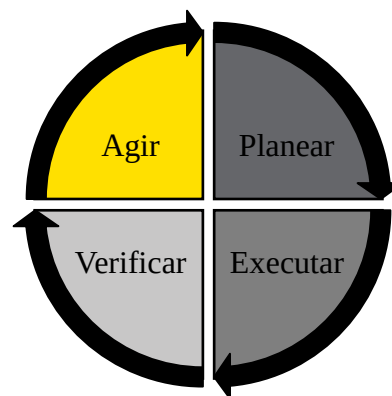


Figura 2.4 - Ciclo PDCA (Ellis, 2020)

O que diferencia este ciclo dos restantes métodos experimentais é a presença das últimas duas fases. Usualmente, assume-se que as mudanças irão funcionar e, portanto, relativiza-se a importância das fases de verificação e de agir. No entanto, constantemente se alteram os pressupostos assumidos inicialmente. Quer isto dizer que há um processo de aprendizagem contínua, em que se admitem a existência de erros nas hipóteses apresentadas. Trata-se, portanto, de um ciclo em que continuamente se aprende e age: após o primeiro ciclo adquirem-se algumas melhorias, iniciando-se, então, o segundo, onde mais ocorrem, segue-se o terceiro, e assim em diante, numa incessante busca pela perfeição (Ellis, 2020).

2.2.7 Diagrama *Spaghetti*

O diagrama *spaghetti* é uma ferramenta útil no auxílio da definição do *layout*. Evidencia várias oportunidades de melhoria no processo, nomeadamente a nível de redução do desperdício de transporte e de uma mais eficiente utilização do espaço disponível.

Para a realização desta técnica, simplesmente desenha-se a área em estudo e representam-se as distâncias percorridas tanto pelos operadores como pelo material durante todo o processo. Através desta representação visual, são facilmente identificáveis as viagens desnecessárias realizadas pelos trabalhadores para o desempenho das suas atividades. Assim, é possível efetuar uma análise diagnóstica do estado inicial da célula, para posteriormente construir aquele que será o *layout* ideal e, desta forma, constatar as possíveis melhorias nos fluxos de pessoas e materiais (Feld, 2001).

2.3 Lean 4.0

Num mundo em constante desenvolvimento, vive-se atualmente a quarta revolução industrial, numa era digital em que se presencia o crescimento da denominada Indústria 4.0. Esta fundamenta-se essencialmente em nove inovações tecnológicas: impressão 3D, automação robótica, realidade aumentada, simulação, sistemas de integração horizontal e vertical, *Internet of Things*, análise de dados, cibersegurança, computação em nuvem (Doh et al., 2016).

Contrariamente a algumas crenças, o pensamento *lean* não exclui a automação. Aliás, inclusive defende que as atividades que acrescentam valor e que se caracterizam por serem repetitivas devem ser automatizadas. Neste sentido, surge, assim, uma nova versão do *lean*: *Lean 4.0.*, que é definido como uma combinação entre a indústria 4.0. e o pensamento *lean*. Ou seja, os princípios *lean* mantêm-se inalteráveis, no entanto, a eles aliam-se as mais avançadas tecnologias que acompanham a evolução da indústria 4.0 (Ustundag & Cevikcan, 2018). Nesta perspetiva, existe, um leque variado de tecnologias emergentes, pelo que se explicitam, em seguida, algumas das mesmas.

Iniciando pela impressão 3D, esta pode ser utilizada para auxiliar na produção, estando apta para o fabrico de vários tipos de produtos, com diferentes características e materiais. Este processo é realizado através da construção consecutiva de camadas, sendo que se utiliza unicamente o material necessário, não existindo, desta forma, desperdício do mesmo.

Quanto à robótica adaptativa, esta pode ser empregue para o transporte, carga e descarga de material. Para combater a presença de produtos defeituosos, há sensores que permitem prever a existência dos mesmos, mediante o reconhecimento de padrões. Adicionalmente, a realidade aumentada está apta para fornecer instruções de trabalho aos operadores, garantindo que estes estão a cumprir os procedimentos corretamente. Os modelos de simulação contribuem para visualizar a fábrica e experimentar eventuais modificações virtualmente.

Relativamente à *Internet of Things (IoT)*, é de notar que esta tecnologia integra os sistemas físicos digitalmente através de sensores e comunicações *wireless*. Com o propósito de redução do *WIP*, é possível controlar o mesmo através de comunicação entre máquinas, em que estas param, se necessário, de modo a não acumular demasiadas quantidades de matéria em andamento. No que à análise de dados diz respeito, esta pode ser bastante útil nomeadamente na previsão da procura do mercado e no desenho de eficientes células produtivas. Além do mais, fornece vantagens em termos de manutenção preventiva: os equipamentos podem conter sensores que transmitem informação de forma contínua para uma base de dados, através da qual se desenvolvem algoritmos que agendarão as manutenções, assim que necessário.

Outra tecnologia amplamente utilizada na atualidade é a tecnologia *RFID*, que permite a identificação automática de objetos, especificamente na regulação de inventário. O potencial desta tecnologia surge aliado ao intitulado *e-kanban*, onde é possível obter informação em tempo real acerca da localização e das quantidades existentes de cada material, ocasionando uma reposição automática do inventário sempre que os sensores detetarem caixas vazias. Obtém-se, assim, uma elevada transparência e confiabilidade nos processos, estando toda a informação centralizada numa base de dados (Naciri et al., 2022).

Sumariando, o *Lean* e a indústria 4.0. complementam os benefícios do *lean* com a utilização das mais recentes tecnologias, reduzindo vários desperdícios inerentes à produção. Advêm-se melhorias significativas nos resultados alcançados, de forma bastante mais rápida do que se obteria com recurso aos meios tradicionais. É uma revolução que dita novas formas de eliminar desperdícios e tornar as pessoas, os processos, e as tecnologias mais produtivas, aumentando, consequentemente, a eficiência e reduzindo os custos operacionais (Deloitte, 2020).

3 Mapeamento e análise da situação inicial

O presente capítulo expõe o processo produtivo da fábrica e, em particular, caracteriza pormenorizadamente o estado inicial da célula de montagem, alvo de estudo do projeto. Ao longo da apresentação, é redigido um diagnóstico crítico que visa identificar oportunidades de melhoria afetas a todo o processo. De modo a complementar esta análise, é apresentado, também, o estudo dos tempos efetuado.

3.1 Caracterização geral da fábrica

A produção distribui-se, como supramencionado, por dois pavilhões, sendo que o primeiro se dedica inteiramente à produção de serras circulares e o segundo às restantes ferramentas. O projeto de dissertação incidiu nesta segunda unidade fabril, em que 70% das ferramentas produzidas são especiais, personalizadas de acordo com os critérios requeridos pelo cliente, e apenas 30% são consideradas *standard*.

Primeiramente, a encomenda é gerada pelo departamento comercial e segue para o departamento de desenho, que cria uma ordem de fabrico (OF) para a mesma, contendo o percurso que cada ferramenta irá completar ao longo do seu processo produtivo na fábrica, o cliente para o qual se destina, e o prazo esperado para produção. Uma encomenda pode gerar mais do que uma OF. No caso de as ferramentas apresentarem especificações similares, a mesma OF pode compreender mais que uma ferramenta associada. Este documento físico acompanha a ferramenta durante todo o seu percurso, juntamente com o desenho técnico que retrata as suas particularidades.

Posto isto, cada ferramenta é produzida de acordo com o grupo tecnológico em que se insere. Existem cinco principais grupos:

- Construção soldada: Os corpos das ferramentas são em metal duro (HM) ou aço. Com recurso à brasagem, a eles são unidas as plaquetas cortantes, podendo estas ser de metal duro (HW), aço rápido (HSS) ou TSW diamante policristalino (PCD).
- Aperto mecânico: Nestas ferramentas, os cortantes encontram-se acoplados ao corpo, através de aperto mecânico. Geralmente, o corpo é em aço ou alumínio.
- Helicoides: Ferramentas cuja geometria é helicoidal. Em alguns casos, a própria ferramenta atua como cortante, porém, noutros, são soldadas plaquetas ao corpo.
- Lâminas: A principal finalidade das lâminas é funcionarem como cortantes nas ferramentas produzidas. Ainda assim, a empresa comercializa-as, também, diretamente para o cliente.
- Diamante: Com propriedades altamente diferenciadoras, as ferramentas de diamante são de construção soldada, todavia os seus cortantes são em diamante policristalino (PCD).

A unidade fabril em estudo é, assim, constituída por doze células produtivas, sendo elas:

- Serrotes (SRTE): Constitui a etapa inicial do processo de fabrico. A matéria-prima (aço ou alumínio) chega sob a forma de varões, que são cortados em conformidade com a espessura exigida por cada peça. Após este processo, o material é colocado numa caixa, à qual se irá associar a respetiva OF. Este procedimento é de elevada importância, uma vez que permitirá o rastreamento da peça ao longo de todo o seu processo de fabrico.
- Tornos (TORN): Setor onde se efetuam as operações em maquinaria CNC que permitem torneiar a peça, concedendo-lhe parte da geometria exigida pelo desenho.
- Fresagem (FRES): Os cilindros previamente torneados adquirem os contornos finais da peça, com recurso a maquinaria CNC.
- Soldadura (SOLD): Nesta fase, são soldadas plaquetas ao corpo da ferramenta. Estas podem ser de diamante policristalino, metal duro ou de aço rápido e serão responsáveis por conceder a função de corte às ferramentas.

- **Retificação (RETF):** Os furos e os canhões são retificados, através da remoção de material, com o intuito de assegurar as cotas finais e garantir o cumprimento das tolerâncias solicitadas. Consegue-se, portanto, corrigir eventuais deformações causadas por tensões no torneamento, fresagem ou soldadura.
- **Lâminas (AFLA):** Secção onde se cortam as patelas, originando as lâminas e plaquetes. As lâminas serão posteriormente montadas nas ferramentas de aperto mecânico e as plaquetes, no caso das de diamante, são submetidas a um processo de eletroerosão.
- **Afiamento/Perfilagem (AFPF):** As ferramentas já soldadas são afiadas e perfiladas, adquirindo um perfil de corte próprio.
- **Centro de Helicoides (CTHC):** As barras são maquinadas de modo a adquirirem as hélices.
- **Oxidação (OXID):** As ferramentas obtêm um acabamento superficial negro, que lhes confere proteção e resistência à corrosão.
- **Diamante (CTDT):** Nesta célula, trata-se de todas as peças cujos cortantes são de diamante policristalino (PCD). Estes são maquinados a fim de obterem os contornos finais exigidos.
- **Montagem (MONT):** As ferramentas são equilibradas, recorrendo, se for necessário, à extração de massa. Após este processo, os restantes componentes são montados nas ferramentas e, por vezes, estas formam conjuntos entre si.
- **Inspeção/Gravação (INSP):** Constitui a fase final da produção, em que cada ferramenta é sujeita a uma gravação a *laser*, que contém informações relativas às especificações do desenho da mesma, a ordem de fabrico e o logótipo da empresa. Além disso, é realizada uma inspeção visual final de modo a assegurar que o produto se encontra conforme as especificações.

É importante referir que as ferramentas em diamante policristalino passam por um processo denominado niquelagem (NIQL), que consiste na deposição de níquel sobre o aço, conferindo-lhe maior durabilidade. No entanto, este processo é subcontratado.

Deste modo, a cada ferramenta será alocada uma rota diferente conforme o grupo tecnológico em que se insere. Embora possam, por vezes, surgir variações, tipicamente os percursos seguidos por cada família são idênticos e encontram-se retratados na Tabela 3.1, em que os processos se apresentam de modo sequencial.

Tabela 3.1 – Rota percorrida por cada grupo tecnológico

Grupo tecnológico	SRTE	TORN	FRES	SOLD	NIQL	RETF	OXID	AFLA	AFPF	CTHC	CTDT	MONT	INSP
Construção Soldada													
Aperto mecânico													
Helicoides													
Lâminas													
Diamante													

Após a inspeção final, os produtos seguem para o armazém, onde são guardados no *kardex*, armazém automático da empresa, ou são imediatamente embalados e distribuídos para os clientes, através dos comerciais.

Como foi dado a conhecer no capítulo introdutório, a empresa conta ainda com a componente “Frezite Service”, para reparação e afiamento de ferramentas já utilizadas. Este serviço encontra-se presente nesta unidade fabril, e cada ferramenta que dispõe deste serviço é denominada “SP”, que remete para “Serviço Prestado”. De notar que as ferramentas em diamante são tratadas na célula do diamante, e não nesta área.

3.2 Caracterização da célula de montagem

A célula de montagem constitui uma das etapas finais do processo de produção das ferramentas, onde estas são equilibradas e sujeitas à montagem dos seus componentes.

Contrariamente às restantes células da fábrica, que se encontram bastante automatizadas e foram evoluindo tecnologicamente, a célula de montagem caracteriza-se pelo facto de o trabalho nela desempenhado ser extremamente manual, dependendo obrigatoriamente da presença dos operários. No início do projeto, a célula apresentava-se bastante desorganizada e detinha um ineficiente fluxo produtivo. Outra particularidade desafiante foi o facto de as ferramentas produzidas serem maioritariamente especiais, o que acresce variabilidade ao processo.

A célula de montagem subdivide-se, então, em três principais áreas: equilibragem, calços e montagem, que serão descritas pormenorizadamente nos subcapítulos seguintes. Atualmente, a célula conta com cinco operadores. Um deles é o chefe de equipa, responsável pela gestão da mesma e pela organização do setor. No entanto, este encontrou-se de baixa médica durante todo o espaço temporal de elaboração deste projeto. Relativamente aos restantes operadores, estes distribuem-se da seguinte forma:

- 1 operador responsável pela equilibragem das ferramentas, afeto ao turno das 6h às 14h;
- 1 operador alocado ao fabrico de calços, que desempenha o horário das 10h30 às 19h30. Este trabalhador é multidisciplinar, pelo que não se dedica inteiramente ao fabrico de calços, movendo-se frequentemente para outras secções da fábrica, sempre que preciso.
- 2 operadores atribuídos ao processo de montagem, que praticam o turno mais comum da fábrica, das 7h30 às 16h30.

Relativamente aos indicadores utilizados pela empresa para monitorização da produtividade da célula, estes focam-se no número de ferramentas produzidas diariamente e no *lead time* médio das mesmas. Concretamente, na célula em estudo o objetivo diário de produção é de 150 peças e o de *lead time* médio é de 1,5 dias.

No Anexo A, encontra-se o fluxograma ilustrativo do processo produtivo da célula. É importante referir que o processo de montagem não engloba somente a montagem dos componentes em cada ferramenta individualmente, mas também se efetua, por vezes, a montagem de conjuntos de ferramentas, denominados jogos. Nestes casos, as ferramentas seguem para a célula da gravação e voltam novamente à célula de montagem.

3.2.1 Chegada de material

Como explicitado anteriormente, os produtos circulam pela fábrica através de caixas, juntamente com um documento que contém a respetiva OF, a sequência produtiva a seguir e o desenho técnico. Cada caixa é facilmente identificável através do seu número ou do seu código de barras, como se pode observar na Figura 3.1. Desta forma, é facilitado o processo de rastreamento, uma vez que este código de barras é lido à saída de cada setor e esta informação

fica registada no sistema, denominado de *Autoflow*. Este software permite, assim, localizar as caixas dentro da fábrica e visualizar as informações relativas às mesmas, como os seus prazos de entrega. As caixas com os produtos movimentam-se de setor em setor através de uma torre de transporte automática, colocada cinco metros acima do pavimento.



Figura 3.1 - Caixa de transporte exemplificativa

As caixas chegam, deste modo, à célula de montagem, afeta à torre número quatro. Mais regularmente que o desejado, as caixas chegam já com atraso a esta célula, devido, por exemplo, à correção de defeitos ou mesmo a excesso de carga nos setores anteriores. Tal facto gera uma pressão acrescida na área de montagem para garantir o cumprimento dos prazos de entrega, uma vez que esta constitui uma das etapas finais do processo produtivo das ferramentas.

Oportunidade de melhoria #1: Com alguma frequência, as caixas ficam retidas à entrada do setor, devido a uma avaria na torre. O operador vê-se obrigado a interromper o seu trabalho para alcançar a caixa, através de um escadote.

As caixas são rececionadas pelo operador da equilibragem através do tapete rolante pertencente à torre. O primeiro processo a que as ferramentas são sujeitas na célula de montagem é a equilibragem, pelo que este operador é responsável pela receção do material e pela gestão das caixas de acordo com o planeamento do seu trabalho. Estas são agrupadas pelas que contêm peças especiais e pelas que contêm ferramentas para *stock*, sendo que é dada prioridade às peças especiais.

Oportunidade de melhoria #2: Não existem localizações inequívocas para as caixas rececionadas, sendo que umas permanecem no tapete, outras vão sendo transportadas para junto do operador da equilibragem e outras vão-se acumulando em espaços vazios por toda a célula de montagem.

É importante referir que nem todas as caixas que chegam à torre quatro incluem este setor no seu processo produtivo. É o caso dos SP das ferramentas em diamante, CTDT, e não necessitam de equilibragem nem montagem, ou seja, seguem subsequentemente para a torre cinco, da inspeção. No entanto, agrupam-se igualmente no tapete com as restantes ferramentas, sendo o operador da equilibragem a enviá-las para a próxima torre.

Oportunidade de melhoria #3: Este procedimento gera confusão e acumulação desnecessária de caixas, uma vez que estes SP não dispõem de nenhum local específico de receção. São misturados com as restantes ferramentas e o operador vê-se obrigado a efetuar essa separação mais tarde.

O método seguido pela empresa para o planeamento da produção é o FIFO, seguindo a ordem de lançamento das OF, isto é, a primeira a entrar deve ser a primeira a sair. Todavia, por vezes são criadas prioridades entre as ordens de fabrico, e as encomendas consideradas urgentes ascendem ao topo da ordem de trabalho. Esta informação é constantemente atualizada através da utilização de um sistema interno, sendo apresentada através de monitores presentes em cada célula fabril, denominados *dashboards*, onde os operadores monitorizam a sua ordem de trabalho diária.

3.2.2 Equilibragem

Na zona de equilibragem, as caixas que o operador transporta para junto de si vão-se acumulando sem qualquer ordem prévia. Ou seja, quando o operador inicia o processo de preparação do material a trabalhar, é despendido bastante tempo à procura das caixas pretendidas. Um método comum de seleção da próxima ferramenta a trabalhar é a escolha de peças com furo idêntico, uma vez que estas utilizarão as mesmas árvores de encaixe nas máquinas. A Figura 3.2 demonstra a visível desordenação de caixas junto do operador.



Figura 3.2 – Acumulação desordenada de caixas junto do operador da equilibragem

Oportunidade de melhoria #4: Esta prática de eleger ferramentas a trabalhar com furo de igual diâmetro aparenta ser bastante benéfica pois reduz os tempos de *set up* afetos à equilibragem das peças. Ainda assim, a produtividade acaba por ser reduzida, já que demasiado tempo é desperdiçado no processo de procura e organização de caixas. Desta forma, sugere-se o agrupamento das peças por diâmetro de alguma maneira mais intuitiva e visual.

Tendo já selecionada a peça a trabalhar, primeiramente verifica-se se esta contém sujidade e, em caso afirmativo, o material é lavado, cerca de dez minutos, nas tinas de lavagem ultrassom, presentes na Figura 3.3.



Figura 3.3 – Tinas de lavagem ultrassom

O operador detém uma mesa de trabalho, que o auxilia na preparação das peças e na montagem das árvores nas mesmas, para que estas possam ser utilizadas nas máquinas de equilibragem.

Oportunidade de melhoria #5: A mesa de trabalho apresenta elevado desgaste proveniente, naturalmente, da sua vasta utilização. O seu tampo apresenta fissuras e a borracha protetora encontra-se bastante danificada.

De seguida, a peça é colocada numa balança, de modo a se obter a indicação do seu peso, que será importante para a inserção deste indicador no programa das máquinas.

Oportunidade de melhoria #6: Esta atividade de pesagem agrupa-se no conjunto de atividades que não acrescentam valor ao produto, mas que são necessárias. Poder-se-ia estudar a possibilidade de obter a indicação do peso de antemão.

Procede-se, por conseguinte, à equilibragem. No desenho técnico associado a cada peça, consta um elemento fulcral a este processo, que é a indicação do grau de equilibragem (G). É este valor, em mm/s , que vai ditar o rigor da equilibragem a ser efetuada, uma vez que representa a amplitude de vibração máxima em velocidade admissível para o rotor (Manni, 1999). Consequentemente, quanto menor for este valor, menor o desequilíbrio residual máximo permitido e mais exigente será o processo de equilibragem. Quando, porventura, o G não aparecer indicado na folha do processo, é aplicado um valor previamente tabelado, conforme as dimensões da peça em questão.

O operador dispõe de três máquinas de equilibragem que são utilizadas para ferramentas com características diferentes. A *Haimer*, representada na Figura 3.4 (a), destina-se essencialmente à equilibragem de ferramentas com encabadouro, ou que apresentem furos de diâmetros mais pequenos e específicos. Para diâmetros maiores, nomeadamente de 30, 40, 50 e 60 mm, é utilizada a *Schenck*, presente na Figura 3.4 (b), que suporta peças com peso até 30kg. Para colocar as peças nestas máquinas, é necessário encaixá-las em árvores.



Figura 3.4 - (a) *Haimer* e (b) *Schenck*

Oportunidade de melhoria #7: A *Haimer* contém cinco árvores guardadas na parte inferior da mesma. Já a *Schenck*, é utilizada para uma vasta gama de diâmetros, pelo que detém cerca de cem árvores. Estas árvores encontram-se na parte inferior da mesa de trabalho, sem qualquer tipo de identificação. O operador memorizou a localização das árvores utilizadas com mais frequência, contudo nas restantes depende tempo desnecessário à procura da árvore correta. Além do mais, caso o operador falte, o seu substituto sentirá bastantes dificuldades

neste processo de procura, uma vez que existem inúmeras árvores. O recurso a informação visual seria mais eficiente e prático. A Figura 3.5. ilustra estas árvores.



Figura 3.5 - Árvores para utilização da *Schenck*

A *Haimer* é mais precisa na operação de equilibragem e mais prática a nível de utilização, enquanto a *Schenk* pode, por vezes, diferir nos valores das medições de uma mesma peça, pelo que se dá preferência à utilização da *Haimer*.

Oportunidade de melhoria #8: Nem sempre é possível a utilização da *Haimer*, pois não existem árvores suficientes que se adequem a todo o tipo de peças.

Quando se trata de ferramentas de elevadas dimensões, o operador recorre, ainda, a uma terceira máquina, a EQ0003, exposta na Figura 3.6, capaz de sustentar ferramentas até 700 kg. As peças são colocadas na máquina com o auxílio de uma grua.



Figura 3.6 - EQ0003

Após a montagem das peças nas árvores respetivas, o operador coloca-as numa das três máquinas a ser utilizada. É necessário registar no sistema a caixa que será trabalhada. Na *Schenck*, o processo é feito através de um leitor de códigos de barras que efetua a picagem do número da OF presente no desenho.

Oportunidade de melhoria #9: Na *Haimer* e na EQ0003, ao invés deste sistema de picagem, é necessária a introdução manual do número da caixa, pelo que se despende tempo num processo que poderia, eventualmente, ser automatizado.

Após este processo, o programa é aberto e nele são colocadas as especificações requeridas: o peso, o diâmetro, a altura, o número de rotações e o material da peça. O peso, como explicado anteriormente, é medido numa balança e a altura é medida com recurso a uma fita métrica. O diâmetro, o material e o número de rotações encontram-se expostos no desenho técnico que acompanha a ferramenta.

O programa é colocado a correr. No final, as máquinas indicam se a peça se encontra em equilíbrio ou se, porventura, é necessário um reajuste do seu peso. Se assim for, o operador coloca a peça numa outra máquina, presente na Figura 3.7, que irá efetuar a furação no local indicado da ferramenta, retirando ao corpo a massa necessária para que o seu peso esteja equilibrado. Após este processo, é fundamental voltar a equilibrar a peça e o processo repete-se até que a peça esteja totalmente equilibrada.



Figura 3.7 - Máquina E006

As máquinas gravam relatórios de equilibragem no sistema, de modo que estejam disponíveis caso haja necessidade de consulta posterior. Existe a exceção de um cliente em particular que exige o envio dos relatórios em formato físico, pelo que é necessário imprimir.

Oportunidade de melhoria #10: No que concerne às peças equilibradas na *Schenck*, existe uma impressora próxima desta, no entanto apresenta uma avaria. O operador, neste caso, vê-se obrigado a dirigir-se ao centro do diamante, CTDT, para recolher essa mesma impressão, aumentando os desperdícios de tempo e movimentações.

Oportunidade de melhoria #11: No que concerne a peças de elevadas dimensões e, portanto, equilibradas na EQ0003, o procedimento ainda é mais complexo. Esta máquina não se encontra ligada à rede e tal facto impossibilita o envio do relatório para impressão. Ora, sendo assim, o operador desloca-se até um gabinete onde requisita uma máquina fotográfica e regressa ao seu posto para fotografar o relatório exibido no ecrã. Depois, dirige-se ao gabinete novamente, onde solicita a impressão da fotografia obtida e retorna novamente ao seu posto de trabalho. Embora não seja um processo deveras frequente, revela-se retrógrado e gera bastantes desperdícios de tempos e deslocações.

Após as peças estarem devidamente equilibradas, recorrendo a furos ou, muito raramente, a massa se necessário, estas podem prosseguir diretamente para a inspeção final através da torre.

Oportunidade de melhoria #12: O processo de envio da caixa através da torre para o seu próximo destino deveria ser integralmente automático. Ou seja, a torre contém um leitor de barras que deteta a caixa em questão, lendo o seu trajeto e enviando-a automaticamente para a próxima torre. No caso da montagem, as caixas seguem sempre para a inspeção. No entanto, a torre apresenta uma avaria que faz com que seja necessária a introdução manual do destino da caixa, criando-se, desta forma, um desperdício.

Como é possível observar no fluxograma do Anexo A, as peças que necessitem de calços especiais seguirão para essa zona da célula e as que seguirão para a montagem são colocadas junto desse posto, sempre transportadas manualmente pelo trabalhador da equilibragem.

3.2.3 Calços

Nesta secção são criados os calços que necessitam de perfis especiais. A primeira etapa do processo assenta no corte das barras dos calços, com recurso à máquina SR4, exibida na Figura 3.8.



Figura 3.8 - Máquina SR4, destinada a corte de calços

Este processo revela-se bastante demorado, pelo que não se justifica a alocação de um operador a esta tarefa. A Frezite tem investido na redução deste desperdício de tempo e recentemente implementou a compra de calços previamente cortados, com as dimensões mais utilizadas.

Oportunidade de melhoria #13: Apesar do esforço neste sentido, um grande número de calços têm ainda de ser cortados na empresa e não existe ainda um critério bem definido acerca de quais os calços a adquirir por subcontratação.

Oportunidade de melhoria #14: Os calços encontram-se armazenados sem identificação adequada, o que dificulta a seleção do calço a operar por parte do trabalhador.

Oportunidade de melhoria #15: Quando os calços chegam da subcontratação, são enviados diretamente para esta área, pelo que existe bastante variabilidade nas existências e não há um controlo das quantidades.

Com os calços já cortados, o operador segue para a furação das chocas e para a marcação das cavilhas, com recurso à máquina FU4, presente na Figura 3.9.



Figura 3.9 - Máquina FU4

Procede-se à perfilagem manual dos calços, através da máquina perfiladora RP6, presente na Figura 3.10. Existem moldes que são utilizados tal como estão ou adaptados pelo operador para a ferramenta em questão.



Figura 3.10 - Máquina RP6

Por vezes, é necessária a utilização de balanças para pesar calços ou outros acessórios, de modo que estes sejam agrupados e se garanta um peso igual dos componentes em cada ferramenta.

Oportunidade de melhoria #16: A balança digital encontra-se colocada numa mesa auxiliar de reduzidas dimensões. Quando é necessário proceder à sua utilização, o operário coloca a mesma na sua mesa de trabalho, onde a liga a uma fonte de alimentação, ficando um fio a atravessar a passagem. Prontamente, volta a colocar a balança no seu local inicial. Esta solução não é considerada prática e dela advêm desperdícios de tempo, movimentações e transporte.

Por último, os calços são submetidos à máquina retificadora R36, exposta na Figura 3.11, que visa realizar o acabamento superficial dos mesmos.



Figura 3.11 - Máquina R36

Oportunidade de melhoria #17: Como referido anteriormente, embora a empresa tenha apostado na automação em vários setores da fábrica, a célula da montagem não acompanhou esta evolução e este é um caso concreto que confirma isso mesmo. Todo o processo de criação dos calços é efetuado de forma bastante manual e exige um grande esforço físico por parte do operador.

Estando os calços já finalizados, é necessário proceder à oxidação dos mesmos. O operador dirige-se à célula OXID para os entregar ao responsável da mesma e este, posteriormente, transporta-os de volta já oxidados, prontos para serem montados nas peças.

3.2.4 Montagem

As caixas com as ferramentas a trabalhar encontram-se no tapete da secção, colocadas anteriormente pelo operário da equilibragem.

Na mesa de trabalho está disposta uma grande variedade de elementos *standard*, nomeadamente parafusos, lâminas, acessórios e calços. Os operadores procedem, assim, à montagem manual destes componentes nas peças.

No caso dos calços especiais, estes foram produzidos pelo operário da área dos calços e, portanto, não se encontram expostos nesta bancada, mas sim dentro da respetiva caixa, colocados pelo operário anterior.

Algumas ferramentas implicam a montagem de cavilhas. Para as colocar, existe uma máquina própria, visível na Figura 3.12, que assegura uma precisão elevada e evita vibrações.



Figura 3.12 - Máquina de colocar cavilhas

Oportunidade de melhoria #18: Embora esta máquina assegure uma precisão elevada no processo de colocação das cavilhas, os trabalhadores, frequentemente, recorrem à colocação manual das cavilhas, o que gera uma maior probabilidade de erros.

Oportunidade de melhoria #19: As cavilhas a utilizar encontram-se armazenadas num armário colocado na parte inferior de uma mesa de trabalho, sem qualquer tipo de identificação exterior, obrigando os operadores a abrirem as gavetas à procura da cavilha pretendida e, por vezes, a efetuarem medições nas cavilhas desnecessariamente.

Oportunidade de melhoria #20: Quando se trata de lâminas especiais, ou seja, que não são *standard*, estas não se encontram na bancada da montagem. Ao invés disso, são produzidas na célula das lâminas (AFLA), seguem para a célula da inspeção/gravação (INSP) para serem gravadas e, posteriormente, o operário desta última célula transporta-as para a célula de montagem, onde estas são desordenadamente colocadas numa mesa. Quando são necessárias para montagem em alguma ferramenta, os operadores da montagem deslocam-se até esta mesa e procuram as lâminas que pretendem. Este processo de identificação das lâminas é bastante difícil e demorado.

Após a montagem de todos os acessórios necessários, procede-se à operação de acerto, que consiste na verificação das cotas indicadas no desenho técnico de cada ferramenta. Caso alguma não esteja conforme, os componentes das peças são ajustados até que as cotas pretendidas sejam cumpridas. Para tal, recorrem-se a máquinas desenhadas para o efeito. Existem duas máquinas idênticas na célula, como a representada na Figura 3.13 (a). Adicionalmente, existe uma terceira máquina, horizontal, presente na Figura 3.13 (b), para peças com maiores comprimentos, embora a sua frequência de utilização seja bastante inferior à das duas máquinas anteriores.



Figura 3.13 – (a) Máquina de acerto vertical e (b) Máquina de acerto horizontal

Oportunidade de melhoria #21: Esta atividade de acerto representa uma atividade que não acrescenta valor ao produto, mas necessária, para que se averigüe que as cotas se encontram dentro do conforme. Como as máquinas utilizadas já são bastante antigas, é um processo demorado.

Nesta secção tratam-se, também, jogos, ou seja, conjuntos de ferramentas. Estes jogos são ligados sobretudo com anilhas, sendo que existem anilhas com diversos diâmetros e espessuras, de modo a garantir adaptabilidade na construção da peça final para o cliente.

Oportunidade de melhoria #22: Na célula de montagem, as anilhas encontram-se dispostas em dois grandes carrinhos, nas costas de uma das bancadas de montagem. Ora, tal localização não se revela eficiente dados os desperdícios de deslocação do operador.

Por vezes, os conjuntos de ferramentas são equilibrados, caso contrário, seguem para a inspeção final.

Oportunidade de melhoria #23: Quando o operador verifica os acessórios necessários à montagem de ferramentas ou de jogos, nem sempre estes se encontram já disponíveis na célula. Os operadores recorrem, então, à requisição do material através do sistema informático. Tal método gera mais acumulação de caixas na célula, paradas à espera de material.

Oportunidade de melhoria #24: Nos dias mais quentes, registam-se temperaturas muito elevadas no interior da fábrica, atingindo 37°C, o que se repercute, inevitavelmente, num acentuado decréscimo de produtividade.

3.3 Estudo dos tempos

No subcapítulo 2.2.3 foi evidenciada a importância do estudo dos tempos e dos métodos na melhoria dos processos. Até ao momento foram descritas as diferentes etapas do processo de montagem das ferramentas, pelo que, de seguida, serão apresentados os resultados obtidos no estudo dos tempos efetuados, para cada subdivisão da célula. Procurou-se perceber a quantidade de tempo que os operadores despendiam em cada atividade, realizando, simultaneamente, uma análise crítica a estes indicadores. A técnica utilizada foi a cronometragem, um dos métodos de medição direta, dado ser considerado o mais rigoroso.

3.3.1 Equilibragem

O Anexo B contém o registo de todas as atividades desempenhadas pelo operador da equilibragem. Para simplificação da análise, procedeu-se ao agrupamento destas atividades em categorias. Na Figura 3.14, encontra-se um gráfico em que é possível identificar a percentagem de tempo despendido pelo operador em cada uma das atividades.

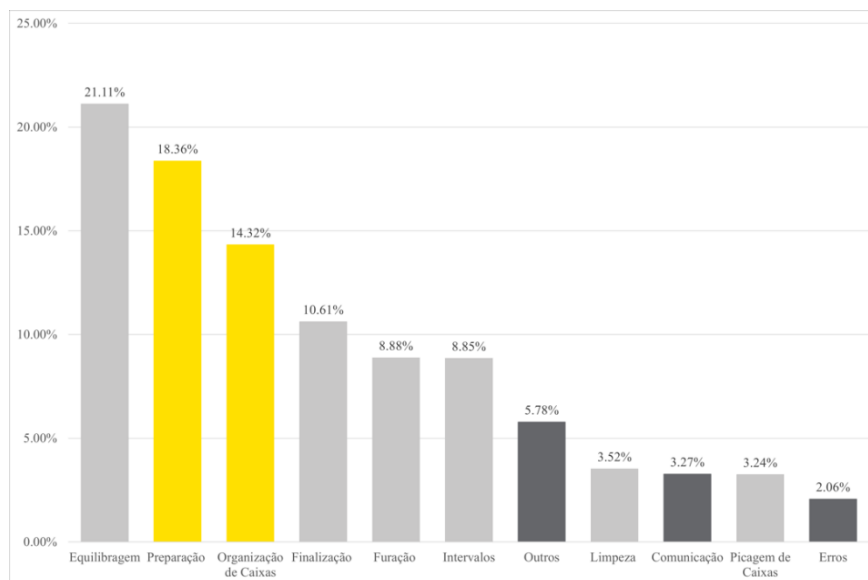


Figura 3.14 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área da equilibragem

O próximo passo da análise consistiu em classificar as atividades de acordo com a sua suscetibilidade a melhorias. Ou seja, num grupo englobam-se as atividades de intervenção crítica, em que o operador despende bastante mais tempo que o suposto e que são passíveis de sofrerem melhorias imediatas. Num segundo grupo, constam as atividades que reúnem eventuais oportunidades de melhoria, pois os tempos despendidos nas mesmas deveriam ser menores, contudo não apresentam valores com criticidade tão elevada como o primeiro grupo e, por isso, não são de intervenção prioritária. Por fim, grande parte das atividades situam-se num espetro em que os valores observados são considerados aceitáveis ou, em contrapartida, necessitam de intervenção, mas é algo fora do âmbito do projeto e, portanto, não vão ser profundamente analisadas. Na Tabela 3.2, encontra-se a legenda associada ao gráfico anterior, e que servirá, também, para os próximos que se seguem.

Tabela 3.2 – Legenda para a classificação de atividades

	Atividades com oportunidades de melhoria
	Atividades com margem para melhoria, porém não crítico
	Atividades fora do controlo de intervenção do projeto ou que apresentam valores aceitáveis

A atividade “Equilibragem” refere-se à equilibragem da peça propriamente dita, desde que o programa é colocado a correr na máquina, incluindo possíveis ajustes, apertos, a rotação de 180° exigida e a marcação para furo, se necessário. Como era de esperar, é a atividade a que o operador dedica mais tempo ao longo do dia.

Já a atividade “Preparação” inclui a “Pesagem”, a “Montagem de Árvores” e “Preparação” das duas máquinas, englobando todos os passos até estas iniciarem o processo de equilibragem. O operador despende cerca de 18.36% do seu tempo nesta atividade, o que equivale a 1h28min num dia de trabalho regular de oito horas. Assim, esta atividade é considerada de intervenção crítica, embora seja necessária e a margem de melhoria não seja muito elevada. As

oportunidades de melhoria #5 a #9 visam isso mesmo. Relativamente à “Organização de Caixas”, este representa um dos pontos críticos evidenciados na célula, que é a sua desorganização dos espaços. O operador despende 14.32% do seu tempo, cerca de 1h8min, na receção, transporte e procura de caixas e no planeamento do trabalho a efetuar. Possíveis melhorias efetuadas no sentido de combater este desperdício suscitarão um impacto considerável nos tempos, pelo que se identificaram as oportunidades de melhoria #1 a #4.

No que toca ao segundo grupo classificativo, englobam-se as atividades “Outros”, “Comunicação” e “Erros”. O agrupamento “Outros” inclui as atividades de “Procura”, “Deslocação” e “Presas na torre”, assunto já tido em consideração na oportunidade de melhoria #1. Na atividade “Comunicação” são contabilizados os tempos despendidos a ajudar ou resolver problemas com outros colaboradores da fábrica. Estes tanto podem ser colegas da própria célula, como de outras, ou mesmo trabalhadores do departamento de desenho, o diretor de produção, entre outros. Nos “Erros” inclui-se o tempo despendido na correção de erros que impedem o avanço do trabalho, como por exemplo paragens do computador, excentricidades nas peças, aperto de anilhas soltas, entre outros.

A “Finalização” as atividades de finalização associadas a cada uma das máquinas - o registo no computador do relatório de equilibragem e a retirada da peça da máquina – e as atividades de finalização da peça - o processo de rebarbagem e eventual pintura de pormenores, limpeza com recurso a um pano, assinatura da folha do processo que acompanha a peça e a colocação da mesma na respetiva caixa, de modo que esta siga para a próxima etapa. A “Furação” engloba os tempos de *set ups* e a furação em si - ajuste da máquina à altura de furação, colocação da broca, processo de furação propriamente dito e limpeza através de ar comprimido. O processo de “Limpeza” abrange a colocação das peças dentro da tina de ultrassom, representada no subcapítulo 3.2.2, a troca posterior das peças para a tina de água fria, a eventual reposição da água até aos níveis indicados e, por fim, a retirada das peças da tina e a sua limpeza. A “Picagem Caixas” refere-se, como o próprio nome indica, à picagem das caixas, através do seu código de barras como visto, com o intuito de seguirem para a próxima torre. Como está representado visualmente, o tempo gasto nestas atividades estão dentro dos valores admissíveis, pelo que a margem para melhorias tende a ser muito reduzida. Quanto às “Pausas”, estas compreendem os dez minutos permitidos de pausa a cada trabalhador para lanchar, assim como eventuais paragens para ir à casa de banho ou fumar. Neste caso concreto, o operador despende bastante mais tempo que o devido em pausas, contudo é uma situação que se situa fora do âmbito do projeto e, portanto, não foi abordada.

3.3.2 Calços

Considerando, agora, a subdivisão dos calços, a Figura 3.15 apresenta o gráfico com as respectivas percentagens de tempo despendido pelo operador em cada uma das atividades. No Anexo C está presente a descrição pormenorizada destas atividades.

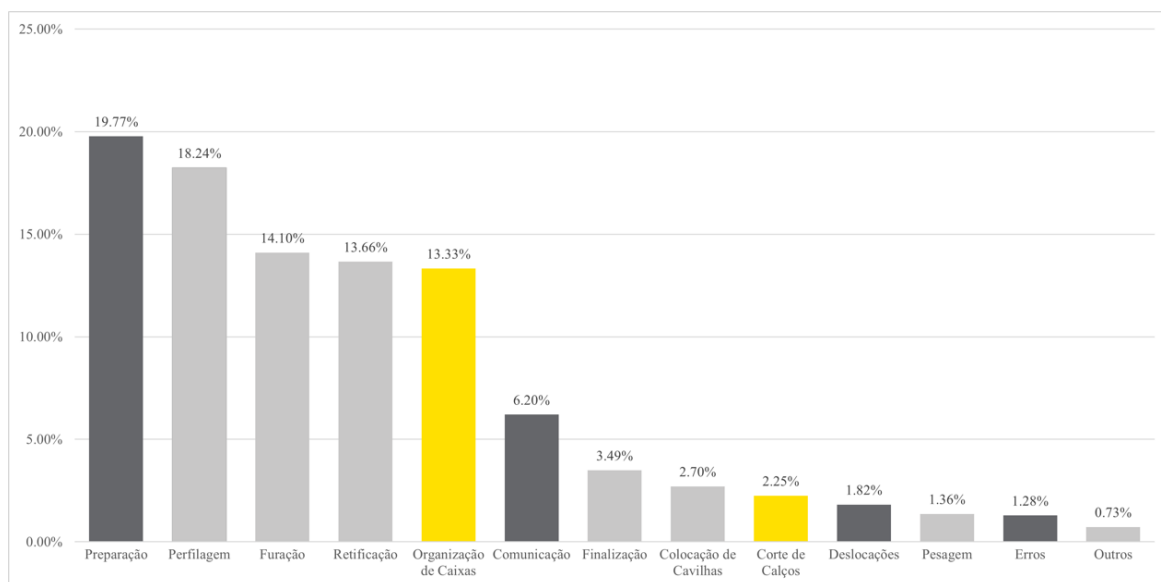


Figura 3.15 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área dos calços

É possível observar que as oportunidades de melhoria assentam, uma vez mais, na atividade de “Organização das Caixas”, e, também, na de “Corte de Calços”. Ora, tal refere-se ao objetivo de eliminação desta atividade, como supramencionado na atividade de melhoria #13.

O processo de “Preparação” engloba a retirada da peça da caixa, o estudo do desenho e do perfil de corte a efetuar nos calços. As atividades de “Comunicação” e “Erros” assemelham-se às descritas no subcapítulo anterior. Quanto às “Deslocações” realizadas pelo operário, estas podem ser entre máquinas, para transporte de material dentro da própria secção ou mesmo para outras secções.

Relativamente ao último grupo de atividades, nele se encontram as atividades de “Perfilagem”, “Furação”, “Retificação”, e “Colocação de Cavilhas”, ligadas ao processo de perfilagem dos calços, furação das chocas, colocação de cavilhas e retificação do corpo, explicitados no subcapítulo 3.2.3. As atividades de “Finalização”, “Pesagem” e “Outros” descrevem-se de forma similar às desempenhadas pelo operador da equilibragem, e encontram-se dentro dos limites aceitáveis. De notar que, neste caso, não existe tempo alocado a “Pausas”, visto que este operador trabalha mais tempo que o esperado, obtendo-se um rendimento maior. No entanto, é um dos fatores variáveis fora do alcance de controlo.

3.3.3 Montagem

Analise-se, por fim, a área de montagem, através da observação do gráfico presente na Figura 3.16. O Anexo D sintetiza todas as atividades e apresenta o registo completo de tempos.

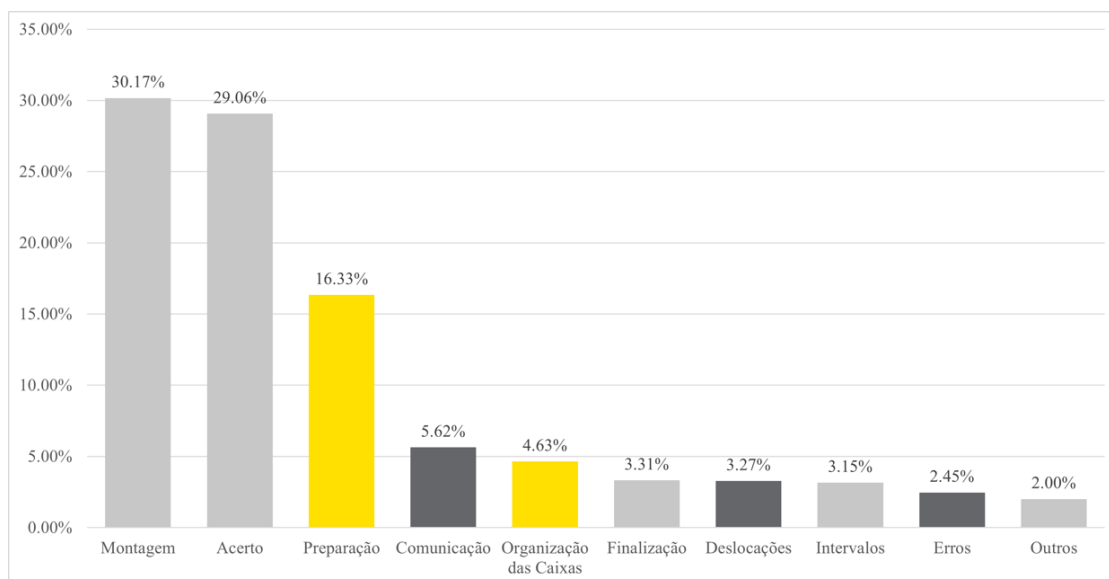


Figura 3.16 - Percentagens de tempos iniciais despendidos nas atividades associadas à área da montagem

As oportunidades de melhoria identificadas na área da montagem incidirão, sobretudo, nas atividades de “Preparação” da peça para montagem e, novamente, na “Organização de Caixas”. Neste caso, o processo de preparação manifesta-se mais complexo, pois é necessário reunir todos os acessórios pretendidos para uma determinada ferramenta. Estas atividades surgem, assim, identificadas como oportunidades de melhoria, pois um possível reajuste do *layout* e uma melhor organização da célula poderão ter um impacto significativo nestes valores.

No segundo grupo classificativo, encontram-se as atividades de “Comunicação”, “Deslocações” e “Erros”, já descritas anteriormente.

As atividades cujos operários despendem a maioria do seu tempo são as de “Montagem” - colocação dos acessórios finais na peça - e “Acerto” - verificação das cotas indicadas no desenho, com respetivo ajuste se necessário. Trata-se de atividades de valor acrescentado, e o que se pretende é que o tempo a elas dedicado seja maximizado. Por último, as atividades de “Finalização”, “Intervalos” e “Outros” apresentam margens de melhorias reduzidas.

4 Apresentação do método e das melhorias propostas

O Capítulo 4 visa descrever o método seguido e as soluções propostas para responder às oportunidades de melhoria previamente identificadas, sendo que a aprovação da empresa e o tempo disponível foram os principais fatores determinantes à implementação das mesmas. Pretendeu-se, numa fase posterior, avaliar o impacto destas melhorias nos resultados obtidos.

4.1 5S

A desorganização e a ausência de hábitos de limpeza foram dos principais problemas, desde logo, identificados na célula. Ora, sendo a metodologia 5S orientada na resolução destes aspetos, foi considerada particularmente adequada ao contexto sentido, pelo que se procedeu à implementação da mesma.

O primeiro passo consistiu numa breve formação dos operadores da equipa acerca desta metodologia e da sua importância. A sessão revelou-se bastante interativa: realizou-se um *brainstorming* com o intuito de identificar problemas na célula e possíveis formas de os solucionar, onde houve debate e participação de todos. Apresentaram-se os diferentes passos inerentes ao 5S, sendo explicados, pormenorizadamente, cada um. Procedeu-se à realização de uma atividade prática para melhor entendimento dos conhecimentos que estavam a ser transmitidos e, por fim, delineou-se o plano de ação.

O objetivo da realização desta formação foi o total envolvimento dos trabalhadores no processo de implementação do 5S, para que estes compreendessem esta metodologia e pudessem, posteriormente, auxiliar na implementação da mesma nos seus postos de trabalho. Os *flipcharts* utilizados durante esta apresentação encontram-se expostos no Anexo E. Evita-se, desta forma, o oitavo desperdício do *lean*: a subutilização do potencial humano. Nesta linha de pensamento, é ainda importante notar que, ao longo de todo o espaço temporal de elaboração da dissertação, se efetuaram reuniões semanais com a equipa, de modo a avaliar a eficácia das medidas implementadas e a discutir possíveis soluções.

4.1.1 Triagem

A etapa da triagem residiu na seleção do material que é considerado necessário constar no local de trabalho. Procedeu-se a uma avaliação meticulosa das diversas áreas da célula, com anexação de etiquetas, como a representada na Figura 4.1, aos itens classificados como dispensáveis, quer por serem desconhecidos ou estarem obsoletos, defeituosos ou avariados.

Etiqueta Vermelha	
Informação	
Data: _____	Pessoa: _____
Item: _____	
Quantidade: _____	
Localização: _____	
Razão para Etiqueta Vermelha	
☐ Obsoleto	☐ Objeto Desconhecido
☐ Defeito	
☐ Avariado	
Sugestão Ação	
☐ Reaproveitar	
☐ Guardar	
☐ Lixo	
Comentários	

No. _____	

Figura 4.1 - Representação da etiqueta

No final do processo de triagem, reuniram-se os itens selecionados, realizou-se um inventário e definiu-se um fim para estes. A maior parte dos itens foram considerados sucata, outros foram reutilizados para outras áreas da fábrica, enviados para reparação à manutenção ou guardados na cave existente. Com esta operação foi possível triar mais de 200 objetos diferentes. A Figura 4.2 ilustra alguns dos materiais que foram triados e no Anexo F consta o inventário dos mesmos.



Figura 4.2 - Objetos triados

4.1.2 Arrumação

Contendo somente o material necessário na área de trabalho, procedeu-se à organização e identificação do mesmo. Desta forma, definiram-se locais exatos para colocar cada objeto e recorreram-se a ferramentas da gestão visual para que estes pudessem ser facilmente encontrados pelos operadores quando precisos. De seguida, são expostas as soluções encontradas para algumas oportunidades de melhoria, assim como imagens que ilustram a sua implementação e a comparação com o estado inicial.

Oportunidade de melhoria #5: Substituiu-se o tampo de madeira e a borracha protetora da mesa de trabalho do operador da equilibragem e, posteriormente, procedeu-se à organização da mesa. A Figura 4.3 ilustra a comparação entre o estado inicial e final. As borrachas protetoras foram igualmente substituídas em todas as bancadas do setor.



Figura 4.3 - Oportunidade de melhoria #5: (a) antes e (b) depois

Oportunidade de melhoria #7: De modo a que as árvores fossem facilmente identificáveis pelo operador, procedeu-se à limpeza e identificação das mesmas, através do seu diâmetro e comprimento. Na Figura 4.4 é possível observar o trabalho desenvolvido.



Figura 4.4 - Oportunidade de melhoria #7: (a) antes e (b) depois

Oportunidade de melhoria #14: Relativamente ao armazenamento dos calços, substituíram-se as caixas existentes por outras adequadas ao volume de referências necessário, sendo que estas foram ordenadas e identificadas, como se pode ver na Figura 4.5.



Figura 4.5 - Oportunidade de melhoria #14: (a) antes e (b) depois

Oportunidade de melhoria #19: Para solucionar a desorganização das cavilhas e os problemas que disso advêm, eliminaram-se o armário e as caixas existentes e transferiram-se as cavilhas para uma gaveta num outro armário da célula, com a devida identificação e ordenação por tamanhos. A Figura 4.6 compara o estado inicial com o final.

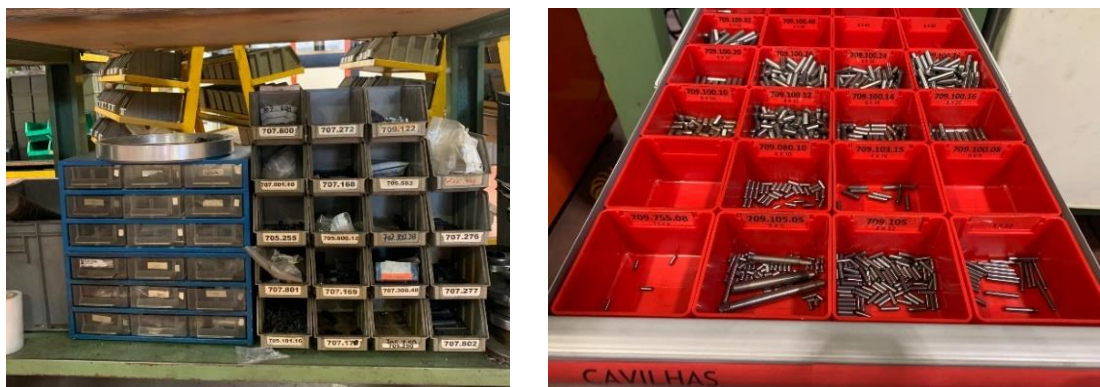


Figura 4.6 - Oportunidade de melhoria #19: (a) antes e (b) depois

Oportunidade de melhoria #20: Para combater a dificuldade na identificação das lâminas pretendidas, procedeu-se a uma organização dos processos com as lâminas. Estes foram transferidos para caixas apropriadas e agrupados em três classes, como representado na Figura 4.7: “Acessórios”, “Lâminas L” e “Lâminas S”. Dentro de cada classe, foi estabelecido o método de ordenação alfabética, para que o processo de procura fosse facilitado. Para além disso, as caixas de armazenamento das lâminas foram uniformizadas, de modo a serem sempre utilizadas caixas do mesmo tamanho.



Figura 4.7 - Oportunidade de melhoria #20: (a) antes e (b) depois

Oportunidade de melhoria #22: Os carrinhos de anilhas foram eliminados, o que gerou uma considerável libertação de espaço na área. Seguidamente, as anilhas foram transferidas para uma das mesas de trabalho da área da montagem, de modo a melhorar a acessibilidade às mesmas e a reduzir os desperdícios inerentes à deslocação dos operadores até aos carrinhos. Na Figura 4.8. é possível constatar esta modificação.



Figura 4.8 - Oportunidade de melhoria #22: (a) antes e (b) depois

Adicionalmente, a célula sofreu ainda outras ações de melhoria que não estavam planeadas inicialmente, pelo que estão são apresentadas de seguida, da Figura 4.9 à Figura 4.19.

Ação adicional #1: Esta ação, ilustrada na Figura 4.9, consistiu na limpeza do suporte das árvores de acerto e na identificação e ordenação das árvores, através dos seus diâmetros.



Figura 4.9 - Ação adicional #1: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #2: À semelhança da ação anterior, procedeu-se à limpeza, ordenação e identificação de mais árvores para as máquinas de acerto, como consta na Figura 4.10.

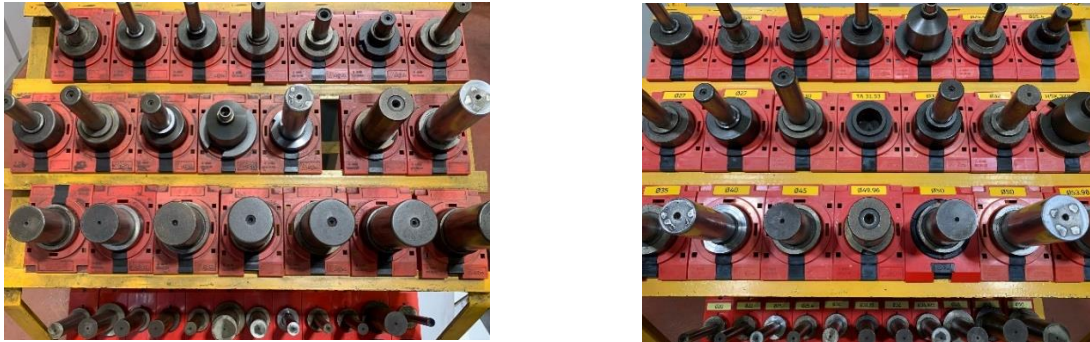


Figura 4.10 - Ação adicional #2: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #3: Com o intuito de garantir a máxima organização de todos os espaços da célula, organizou-se, também, o armário de suporte à área da equilibragem, e identificaram-se os seus elementos através de etiquetas. A Figura 4.11 apresenta as alterações efetuadas. O mesmo procedimento foi adotado para um armário similar na área dos calços.



Figura 4.11 - Ação adicional #3: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #4: Na área da equilibragem, limpou-se e organizou-se a zona da balança. Adicionalmente, substituiu-se a borracha protetora, como se verifica na Figura 4.12.

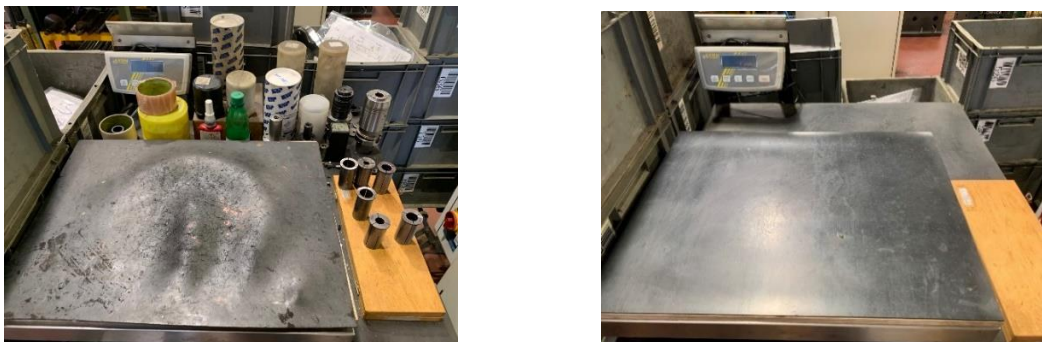


Figura 4.12 - Ação adicional #4: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #5: Na área da montagem, foi organizado um armário com vários acessórios. Realizaram-se operações de limpeza, pintura e organização do interior das gavetas, com a devida ordenação e identificação do material existente. A Figura 4.13 comprova isso mesmo. O mesmo procedimento foi adotado para um armário bastante idêntico na área da equilibragem. É apresentada, nas Figuras 4.14 e 4.15, uma amostra do trabalho realizado em duas gavetas.



Figura 4.13 - Ação adicional #5: Parte exterior do armário (a) antes e (b) depois



Figura 4.14 - Ação adicional #5: Gaveta 1 (a) antes e (b) depois



Figura 4.15 - Ação adicional #5: Gaveta 2 (a) antes e (b) depois

Ação adicional #6: Os calibres, visíveis na Figura 4.16, foram armazenados e identificados numa gaveta.

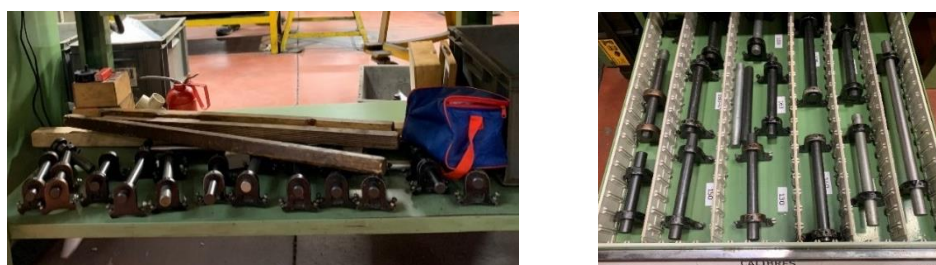


Figura 4.16 - Ação adicional #6: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #7: Colocaram-se suportes de madeira na parte traseira de duas bancadas que contêm múltiplas cuvetes. Esta medida trouxe estabilidade às cuvetes, uma vez que são diariamente utilizadas, e, ao mesmo tempo, segurança aos trabalhadores, pois atrás das mesmas encontram-se locais de passagem. A Figura 4.17 ajuda a compreender esta ação.



Figura 4.17 - Ação adicional #7: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #8: Foram criados suportes para as árvores da EQ0003 numa outra mesa que estava inutilizável, considerada mais robusta. As árvores foram ordenadas e identificadas, como se verifica na Figura 4.18.



Figura 4.18 - Ação adicional #8: (a) antes e (b) depois

Ação adicional #9: Substituíram-se os tapetes de apoio de toda a célula, que se encontravam visivelmente desgastados, por tapetes novos antifadiga ergonómicos. A Figura 4.19 demonstra esta modificação.



Figura 4.19 – Ação adicional #9: (a) antes e (b) depois

4.1.3 Limpeza

A limpeza dos postos de trabalho e dos equipamentos utilizados efetuou-se simultaneamente à tarefa de arrumação, pelo que é notória em vários casos apresentados anteriormente. Revelou-se bastante importante a inclusão de procedimentos de limpeza na célula, procurando evitar a acumulação de sujidade, principalmente por se ter verificado que vários equipamentos, como máquinas e armários, nunca haviam sido limpos antes. O objetivo

central deste processo foi atribuir uma maior visibilidade à célula, tornando-a um local mais seguro e confortável de trabalhar e valorizando, ademais, a imagem da empresa. Foi, também, possível constatar várias melhorias na utilização das máquinas, realçando a importância da limpeza na manutenção regular das mesmas, de modo que estas sejam mais eficientes e menos propícias a avarias. Tentou-se incutir a importância da constante preocupação dos trabalhadores com o que necessita de ser limpo na célula. A título de exemplo, as Figuras 4.20 a 4.24 ilustram mais algumas diferenças visíveis com a implementação destes hábitos de limpeza. De notar que alguns objetos foram igualmente sujeitos a operações de pintura, uma vez que apresentavam acabamentos bastante danificados, fruto da sua utilização.



Figura 4.20 – Tinas de lavagem: (a) antes e (b) depois



Figura 4.21 – Interior de uma máquina (a) antes e (b) depois

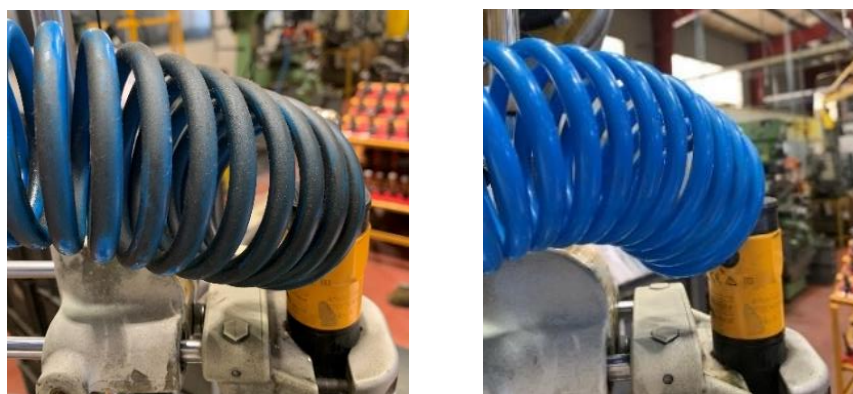


Figura 4.22 - Exterior de uma máquina de aperto (a) antes e (b) depois



Figura 4.23 – Tapete de transporte de caixas (a) antes e (b) depois



Figura 4.24 – Esmeril (a) antes e (b) depois

4.1.4 Normalização

O quarto passo que a metodologia 5S contém é a normalização, que engloba a elaboração de regras e rotinas de trabalho comuns. Desta forma, na célula de montagem em questão, revelou-se importante a normalização de alguns documentos e procedimentos de trabalho.

O primeiro caso de normalização remonta aos banhos das tinas: após a limpeza da tina, exposta na Tabela 4.2, procurou-se normalizar e controlar os banhos da mesma. Segundo o departamento da qualidade, estes deveriam ser realizados mensalmente, e a empresa já havia criado documentos para o efeito no passado. Contudo, estes não estavam a ser cumpridos e os banhos não eram trocados há cerca de 4 anos, pelo que foi necessário estabelecer uma reformulação na conduta. Primeiramente, identificou-se a capacidade da tina, os produtos a utilizar e as concentrações a colocar de cada solução. De seguida, procedeu-se à elaboração de folhas de registo com todas as indicações essenciais para a troca dos banhos. É possível observar esta folha de registos para a tina US no Anexo G.

Para além deste documento, foi atualizado o procedimento operativo da equilibragem, tornando-o mais completo, com vista a colmatar erros na furação das peças. Foram ainda corrigidos os inventários das árvores e casquilhos existentes, de modo que a empresa possua um registo do que existe na célula de montagem.

4.1.5 Disciplina

A implementação da metodologia 5S apraz inúmeros benefícios a nível de organização e limpeza da célula, pelo que se revela fundamental a manutenção dos hábitos criados de forma contínua e sistemática. Com o propósito de garantir a autodisciplina por parte dos trabalhadores neste sentido, foi elaborada uma auditoria 5S, que deve ser executada mensalmente. Esta está presente no Anexo H.

4.2 Gestão Visual

Paralelamente à implementação de 5S, foi desenvolvido um código de cores que visa contribuir para a criação da identidade visual da célula. Os princípios de gestão visual foram aplicados em todas as áreas, no entanto são mais notórios na subdivisão da montagem, sendo que esta contém os diferentes elementos das ferramentas, daí a acentuada necessidade de diferenciação e de fácil identificação. Na Tabela 4.1 é evidenciado o código de cores criado e o significado associado a cada uma das cores.

Tabela 4.1 - Código de Cores

Cor	Significado
Branco	Anilhas sem furo
Amarelo-claro	Anilhas com furo
Amarelo-Torrado	Árvores
Cor de laranja	Acessórios
Vermelho	Cavilhas
Cor-de-rosa	Lâminas
Azul	Calços
Cinzentos	Calços inclinados
Azul-claro	Pernos
Verde-claro	Parafusos

Os componentes de montagem presentes numa das bancadas de trabalho da área da montagem são vários e a dificuldade na sua rápida identificação era evidente. Assim, este representa um dos principais exemplos dos benefícios sentidos na concretização dos códigos de cores criados, havendo como consequência a redução dos tempos de procura. A Figura 4.25 exibe essa mesma bancada, com os diferentes componentes.



Figura 4.25 – Bancada com vários componentes de montagem

Para além do caso concreto da bancada, o código de cores foi utilizado em várias outras situações. Algumas das mesmas são possíveis de observar nas figuras do subcapítulo 4.1.2. As Figuras 4.26 (a) e 4.26 (b) ilustram outro exemplo da implementação da gestão visual.



Figura 4.26 - (a) Parte exterior de um armário com vários elementos e (b) Interior de uma gaveta do armário, a título exemplificativo.

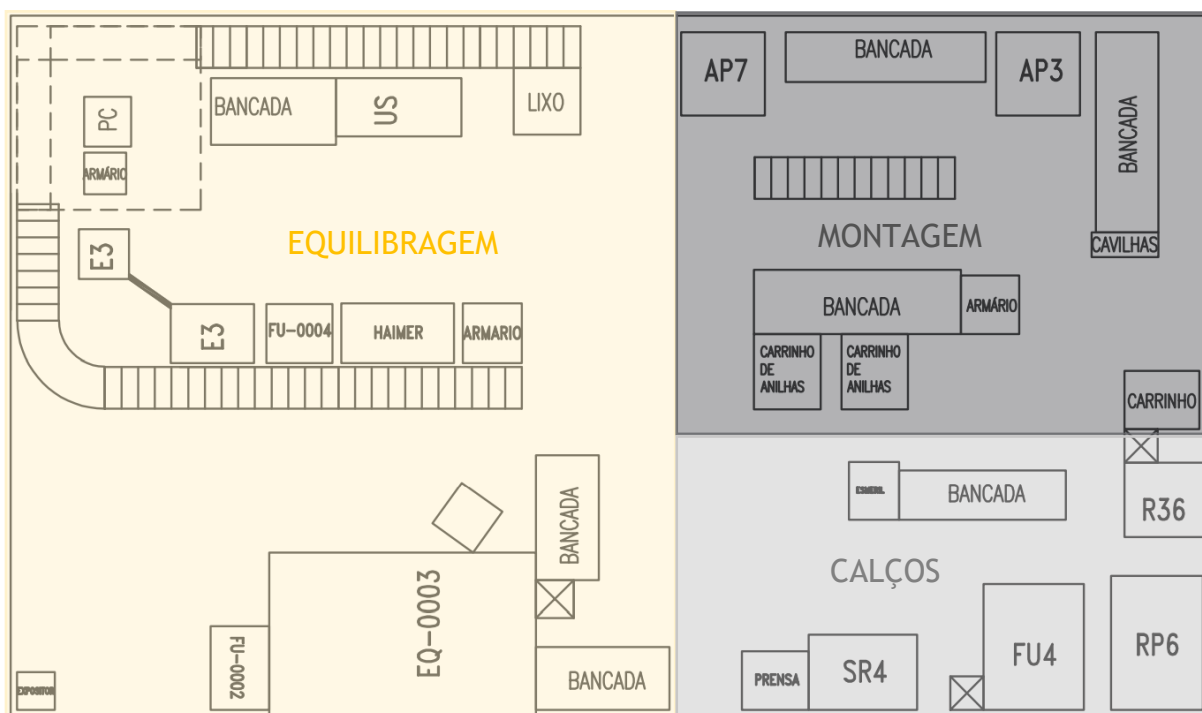
Outra parte constituinte do projeto foi a criação de marcações no chão, como será explicitado no subcapítulo seguinte, sendo que a estas foram atribuídas diferentes cores. A Tabela 4.2 revela o significado de cada uma.

Tabela 4.2 - Código de cores das marcações

Cor	Significado
Verde	Trabalho Finalizado
Branco	Stock
Amarelo	WIP
Azul	Stop (a aguardar componentes)
Vermelho	Urgente

4.3 Layout

Como explicitado antes, a célula de montagem subdivide-se em três áreas: equilibragem, calços e montagem. Na Figura 4.27 é possível observar o *layout* inicial da célula, com a respetiva delineação das diferentes áreas. É pertinente referir que a empresa não possuía nenhum desenho com o *layout* atualizado da célula, pelo que constituiu, também, parte deste projeto, a elaboração de um desenho do *layout* através do programa *AutoCAD*.

Figura 4.27 - Representação do *layout* inicial e das áreas da célula

Facilmente foi possível identificar que o *layout* acima apresentado continha várias ineficiências, e que grande parte da desorganização da célula provinha disso mesmo. No Anexo I está presente o diagrama *spaghetti* relativo ao *layout* inicial da célula. Comprova-se, a partir da análise do mesmo, que são realizados vários percursos desnecessários e há que acrescentar que as deslocações dentro da própria célula se complicam substancialmente com a volumosa acumulação de caixas.

Assim, após este diagnóstico inicial, idealizou-se aquele que seria o *layout* ideal, desenhado de acordo com as necessidades da célula em questão. No Anexo J 1, está presente o diagrama *spaghetti* para o novo *layout*, sendo notória a diferença sentida, com a diminuição de linhas desenhadas, essencialmente nas áreas dos calços e montagem.

Primeiramente, procurou-se otimizar o espaço disponível, concebendo uma eficaz disposição dos equipamentos. O foco principal assentou na melhoria do fluxo de material que chega à célula e das pessoas que nela trabalham. Uma das principais mudanças a realçar nesta primeira fase é a divisão das atividades de montagem e de acerto em áreas distintas, como consta no Anexo J 2. Anteriormente, a subdivisão da montagem efetuava estas duas operações. No seu tapete, acumulavam-se e misturavam-se caixas: algumas ferramentas por montar, outras já montadas, prontas para serem acertadas. Tal facto gerava confusão, pelo que se pretendeu criar um fluxo contínuo de material: na zona de montagem são rececionadas as ferramentas provenientes da equilibragem, e estas são montadas. Posteriormente, seguem para o tapete do acerto. Desta maneira, junto do tapete de montagem encontra-se a bancada com o material disponível para isso mesmo e os operadores sabem que o material que lá se encontra aguarda montagem. Já o tapete de acerto, está colocado próximo das máquinas para o efeito e reconhece-se que as caixas lá colocadas já estão montadas.

Em segundo lugar, revelou-se crucial a definição de áreas específicas para o material que circula dentro da célula, neste caso as caixas. Como observado através do estudo dos tempos, no subcapítulo 3.3, uma grande porção do tempo despendido pelos operários remontava à organização e procura de caixas, pelo que se procurou colmatar este desperdício, através de marcações para delineações de áreas, como exposto no subcapítulo 4.2. Assim, com esta proposta de *layout* objetivou-se a redução dos desperdícios de tempos de espera, transportes, deslocações, inventário e movimentações. As oportunidades de melhoria #2 e #3 também são, desta forma, solucionadas.

4.4 Outras melhorias

4.4.1 Melhorias no processo

Oportunidade de melhoria #4

Junto do operador responsável pela equilibragem das peças, efetuaram-se marcações no chão de modo a agrupar as peças rececionadas. Como é possível observar na Figura 4.28, as ferramentas equilibradas pela *Haimer* são colocadas num lugar específico. Já as restantes, que serão alocadas à *Schenck*, encontram-se divididas através do diâmetro do seu furo. Os diâmetros de furo que surgem mais comumente são os de 40, 50 e 60 mm. Por vezes, surgem peças com diâmetros diferentes, pelo que se delineou um espaço para esses mesmos casos: “vários”. Desta forma, como pretendido, os tempos de *setup* são otimizados, gera-se uma maior organização e as caixas são rapidamente identificadas.



Figura 4.28 – Organização das caixas por diâmetro do furo

Oportunidade de melhoria #15

Por forma a controlar as existências dos calços, criou-se um espaço no armazém destinado à receção dos calços subcontratados. Colocaram-se cunetas com todas as referências necessárias e procedeu-se à identificação das mesmas. Deste modo, quando os calços chegam à empresa é dada entrada diretamente nesta secção do armazém e, apenas quando necessário, são enviados para a célula de montagem. Consegue-se, portanto, controlar as existências através do sistema, tanto no armazém como na célula. Não se gera acumulação desnecessária de calços na célula e as quantidades existentes são conhecidas, pois o sistema atualiza automaticamente à medida que são produzidas peças.

Oportunidade de melhoria #16

Como descrito previamente, a balança digital requer uma fonte de alimentação, pelo que era sempre necessário trocá-la de sítio aquando da sua utilização. Para solucionar os desperdícios que disto advêm, criou-se um suporte para a balança. Desta forma, a balança encontra-se imóvel e ligada a uma fonte de alimentação, sempre disponível para utilização. É uma solução mais segura, pois o seu cabo não atravessa o local de passagem, e reduzem-se os desperdícios de tempos, transporte e movimentações.

Tapetes rolantes

Outra medida implementada na célula foi a instalação de tapetes rolantes para transporte de caixas. A célula detinha somente um, para a montagem, pelo que se procedeu à instalação de mais dois. Estes tapetes encontravam-se em desuso noutra secção da fábrica, pelo que puderam ser reaproveitados, não sendo necessária a aquisição dos mesmos, simplesmente foram sujeitos a operações de limpeza e pintura. O objetivo da aplicação destes tapetes são melhorias substanciais a nível de ergonomia. Ora, recorrendo à utilização dos mesmos, os operadores não se veem obrigados a baixarem-se para agarrar as caixas, estando agora as caixas ao nível das suas mãos. Esta mudança revelou-se de elevada importância no dia a dia dos trabalhadores, principalmente devido ao peso das peças, que frequentemente é elevado. Assim, os trabalhadores sabem que as peças que estão em cima do tapete representam a sua ordem de trabalho. Na Figura 4.29 encontra-se retratado um dos tapetes, neste caso, o da montagem.



Figura 4.29 - Tapete para transporte de caixas

4.4.2 Automação

Oportunidades de melhoria #1 e #12

Relativamente às avarias da torre, tentou-se resolver o problema junto da equipa de manutenção da fábrica, de modo a evitar desperdícios de tempo e movimentações. Porém, tal não pôde ser solucionado, devido a uma descontinuação do *software* da torre. Neste sentido, a empresa já se encontra a estudar a implementação de *Automated Guided Vehicles (AGV)*, que proporcionem o transporte automático das caixas com os produtos entre secções.

Oportunidades de melhoria #13 e #17

No seguimento do estudo do *Lean 4.0*, presente no subcapítulo 2.3, foi elaborada uma proposta de aquisição de uma impressora 3D. O intuito da mesma será a criação de calços. Como descrito anteriormente, esta tarefa era manual e demorada, contando com elevados dispêndios de energia e tempo por parte do operador. Atualmente, existem no mercado opções capazes de construir calços, já com o molde pretendido. Desta forma, apenas seria necessário programar a impressora e, depois, o operador dos calços ficaria liberto para realizar outras atividades na célula, quer de equilibragem quer de montagem. Ou seja, a nível de ganhos, o operador da área dos calços ficaria, assim, com oito horas diárias disponíveis. Além do mais, não haveria desperdício algum de material, dado o inovador sistema de construção consecutivo por camadas. A proposta foi bem aceite por parte da empresa, no entanto ainda se encontra em fase de testes, pelo que não foi possível observar o impacto da sua implementação na célula.

Oportunidade de melhoria #21

Relativamente à área da montagem, observou-se que a maior percentagem do tempo era despendida na montagem e no acerto. Quanto à montagem dos componentes, revela-se difícil automatizar este processo, dada a natureza das peças ser bastante diversa. Já no que toca à operação de acerto, isto é, de controlo das cotas das ferramentas, existem, atualmente, no mercado, máquinas capazes de ler o desenho técnico da ferramenta. Após o fazerem, movem-se automaticamente, verificando se as cotas se encontram dentro dos limites estipulados e, caso contrário, geram relatórios indicando os pontos críticos, que devem ser corrigidos pelo operador. Apesar desta última parte ainda ser realizada pelo operador, esta operação é uma pequena parte da operação de acerto. Desta forma, estima-se que, com esta solução mais rigorosa, os erros se suprimam e os tempos despendidos no acerto diminuam entre 60% a 90%.

Equilibragem

Na área da equilibragem, também se procedeu a um estudo de mercado, por forma a conhecer novas soluções que pudessem otimizar o processo de equilibragem. Por conseguinte, constatou-se que existem atualmente máquinas capazes de equilibrar as ferramentas de forma totalmente automática, ou seja, que efetuam também, a furação, se necessário. Ora, este seria considerado um avanço notório, pelo que a Frezite se encontra atualmente a estudar o investimento, que foi notado como de elevado valor acrescentado a longo prazo. Para as peças mais pesadas, o operador teria de continuar a utilizar a *Schenck* e a EQ0003. Ainda assim, em grande parte das peças não seria necessário recorrer ao processo de equilibrar-furar-equilibrar, nem seria necessário realizar os *set ups* das máquinas e transportar a peça entre as mesmas, o que reduziria os desperdícios de forma acentuada e a produtividade aumentaria. A oportunidade de melhoria #6, relativa ao passo da pesagem, seria também conseguida, uma vez que esta solução inovadora pesa e mede as peças a equilibrar.

Mais uma vez, esta solução encontra-se em estudo por parte da empresa, dado o elevado nível de investimento. Caso não seja aprovada, sugeriu-se a compra de mais árvores para a máquina *Haimer*, uma vez esta ser mais precisa, e, desta forma, conseguem-se equilibrar mais ferramentas na mesma. Encontra-se, assim, solucionada a oportunidade de melhoria #8.

Oportunidade de melhoria #24:

Por forma a que a que sejam proporcionadas melhores condições de trabalho aos operários, foi estudada a implementação de painéis adiabáticos. Esta solução é comumente utilizada na indústria em Portugal e permitiria reduzir os valores da temperatura ambiente em cerca de 5°C. A proposta encontra-se em análise por parte da empresa.

4.4.3 Informática

Oportunidade de melhoria #9:

Junto do departamento de informática, foram requeridos sistemas de picagem automáticos para a *Haimer* e a EQ0003, à semelhança do que acontece na *Schenck*. Desta forma, o processo é automatizado e prescinde-se da introdução manual do número da OF no sistema.

Oportunidades de melhoria #10 e #11:

Por forma a que as impressões fossem obtidas no momento, imediatamente após a equilibragem, foram requisitadas impressoras para a *Schenck* e para a EQ0003. Desta forma, evitam-se desperdícios de tempo, deslocações e movimentações.

Oportunidade de melhoria #23:

Como supramencionado, a célula de montagem apresentava um nível elevado de desorganização. Um dos principais fatores responsáveis pelas dificuldades de deslocação assentava no excessivo número de caixas, pelo que estas se iam acumulando em vários locais. Com a definição de locais para as mesmas através do novo layout tal problema foi, em parte solucionado.

Ainda assim, existia uma quantidade de caixas denominadas “STOP”, ou seja, que se encontravam paradas a aguardar matéria-prima. Ora, nem sempre os componentes de uma certa ferramenta se encontram disponíveis no momento da sua montagem. No caso da necessidade de acessórios especiais, somente quando as ferramentas chegam à célula da montagem, estes são requeridos pelos operadores no sistema. Tal faz com que mais caixas se acumulem na montagem à espera do material. Neste sentido, foi idealizada uma alteração no *software* que assegura que os elementos constituintes de uma certa ferramenta sejam automaticamente requisitados e enviados para a célula de montagem assim que a ferramenta passe por uma determinada célula.

Como consequência desta alteração, pretende-se que, quando as ferramentas estejam na célula, todos os componentes necessários à sua montagem estejam presentes. O espaço temporal que a ferramenta necessita até dar entrada na célula é aproximadamente o mesmo que os seus componentes necessitam para serem transportados até à célula. Desta forma, o fluxo produtivo é melhorado substancialmente.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A célula de montagem em estudo representa uma das etapas finais do processo produtivo das ferramentas de corte. Desta forma, existe uma pressão acrescida nesta célula para o cumprimento de prazos e, além do mais, as ferramentas produzidas apresentam características bastante variadas, pelo que se acrescenta uma maior complexidade ao desafio proposto neste projeto.

Inicialmente, realizou-se um estudo aprofundado do processo produtivo. A circulação diária em chão de fábrica revelou-se essencial ao longo de todo o projeto e, desde cedo, auxiliou na compreensão do processo produtivo e na deteção de oportunidades de melhoria. Paralelamente, o estudo dos tempos e dos métodos também contribuiu para isso mesmo. Destaca-se o excesso de *WIP* existente na célula, o ineficiente fluxo e os elevados tempos despendidos em atividades que não acrescentam valor.

A implementação das ferramentas *lean* estudadas teve especial importância e gerou um impacto bastante positivo na célula. Particularmente, a metodologia 5S conseguiu suprir os problemas de desorganização da mesma, sendo que foram criados novos hábitos na célula. É importante denotar que o ciclo *PDCA* suportou a implementação das melhorias ao longo de todo o projeto.

Essencialmente, destaca-se a melhoria significativa no fluxo produtivo. Tal foi conseguido, também, devido ao *layout* proposto. Realça-se também o estudo de novos equipamentos para a célula, uma vez que o trabalho nesta desempenhado ainda se apresenta bastante manual e, com os benefícios do *Lean 4.0*, espera-se obter ganhos de produtividade bastante elevados.

Todas as alterações descritas acima contribuíram para que os objetivos pretendidos no presente projeto de dissertação fossem alcançados. Estes objetivos assentavam na redução do *lead time* e no aumento da produtividade. A melhoria do fluxo produtivo, com redução de desperdícios, era igualmente fundamental. Nas Figuras 5.1 (a) e 5.1 (b) é possível conhecer a evolução dos principais indicadores de produção da célula de montagem ao longo dos meses de fevereiro a junho.

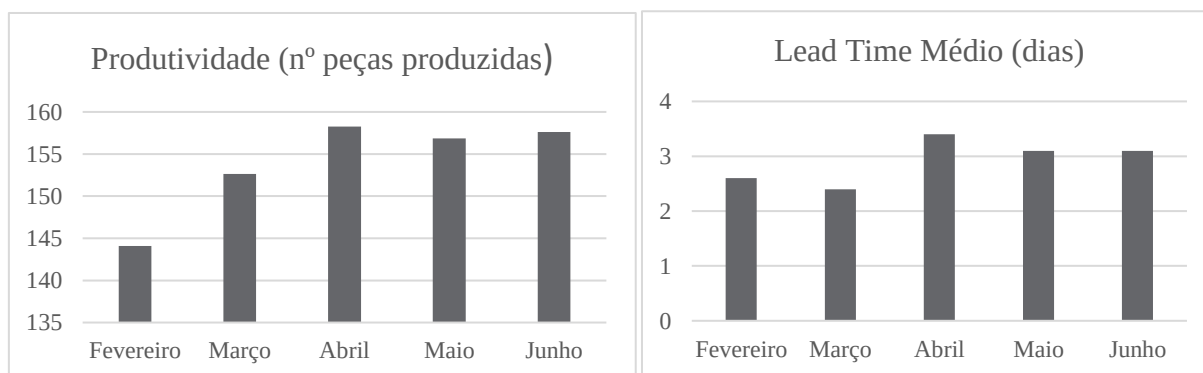


Figura 5.1 (a) Gráfico da média diária de peças produzidas em cada mês e (b) Gráfico do *lead time* médio diário

Como é possível observar, constata-se melhorias a nível de produtividade, com um aumento de cerca de 13 peças produzidas por dia. Quanto ao *lead time* médio, não é possível observar grande variabilidade nos registos. Tal facto é justificado pela produção do excessivo número de peças semiacabadas de *stock* que se encontravam na célula. Ou seja, algumas de estas já se encontravam na célula há meses, o que influenciará nos valores de *lead time* obtidos.

Dado as ferramentas produzidas apresentarem características bastante diversas, o que se repercute em complexidades diferentes no processo de montagem, recorre-se a indicadores

adicionais para avaliar o impacto das melhorias implementadas na célula. Neste sentido, efetuou-se novamente um estudo dos tempos, de modo a que estes possam ser comparados com os previamente analisados.

Relativamente à equilibragem, o Anexo K apresenta as medições efetuadas e os resultados obtidos. Na Figura 5.2 encontra-se o gráfico que sintetiza os resultados obtidos. O tempo dedicado às atividades consideradas de intervenção crítica, “Preparação” e “Organização Caixas”, reduziu substancialmente. Destaca-se a segunda atividade, cuja percentagem sofreu uma redução de 9,34%. Tal deveu-se à maior organização da célula e à definição de locais próprios para *WIP*. De realçar que o tempo despendido com a atividade de “Equilibragem” aumentou 15,73% comparado com as medições iniciais. É um dado bastante positivo, pois este projeto objetivo maximizar o tempo que os trabalhadores dedicam às atividades que acrescentam valor, como é o caso.

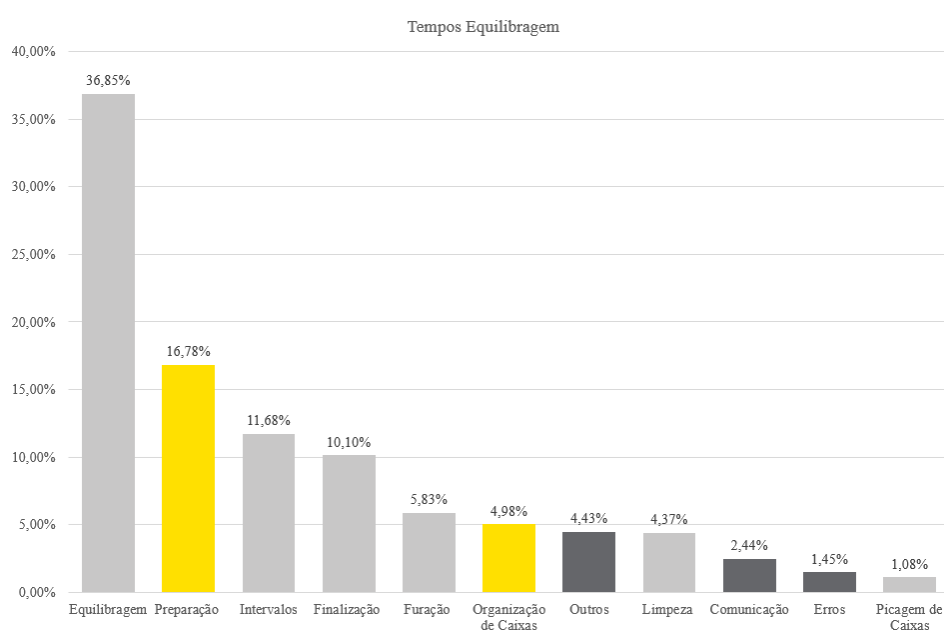


Figura 5.2 – Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área da equilibragem

Avaliando, agora, a subdivisão dos calços, o Anexo L resume os resultados obtidos com a medição final. É de destacar, uma vez mais, a redução do tempo despendido na atividade de “Organização de Caixas”, na ordem de 12,44%. A atividade “Corte de Calços” ocupa, agora, mais tempo no dia a dia do trabalhador, contudo esta pode ser eliminada com as propostas de melhoria a implementar a longo prazo. Na Figura 5.3 é possível observar o gráfico com os resultados obtidos.

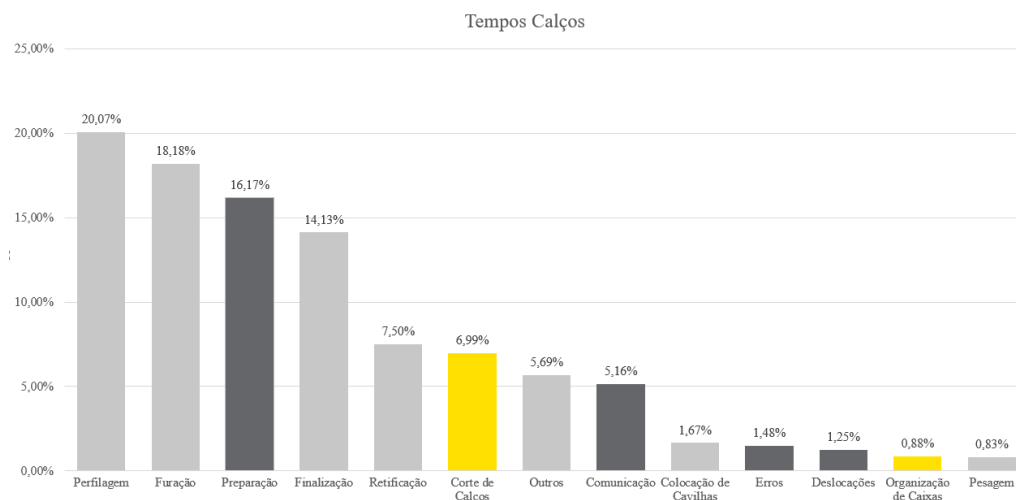


Figura 5.3 - Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área dos calços

Quanto à área da montagem, apresenta-se o gráfico com as percentagens de tempos obtidos na Figura 5.4, sendo que o Anexo M contém uma descrição mais pormenorizada. Destaca-se a diminuição dos tempos despendidos nas atividades de “Preparação” e “Organização das Caixas”, como pretendido. Tal foi possível devido à implementação da metodologia 5S e à gestão visual, que permitiram que os componentes fossem facilmente encontrados, diminuindo os tempos de preparação. Além do mais, através da divisão das tarefas de montagem e acerto, o tempo gasto a organizar caixas torna-se praticamente nulo. Uma vez mais, as percentagens de tempos despendidos em atividades que não acrescentam valor são reduzidas e cresce o tempo disponível para efetuar as operações de “Montagem” e de “Acerto”, na ordem dos 18,81%.

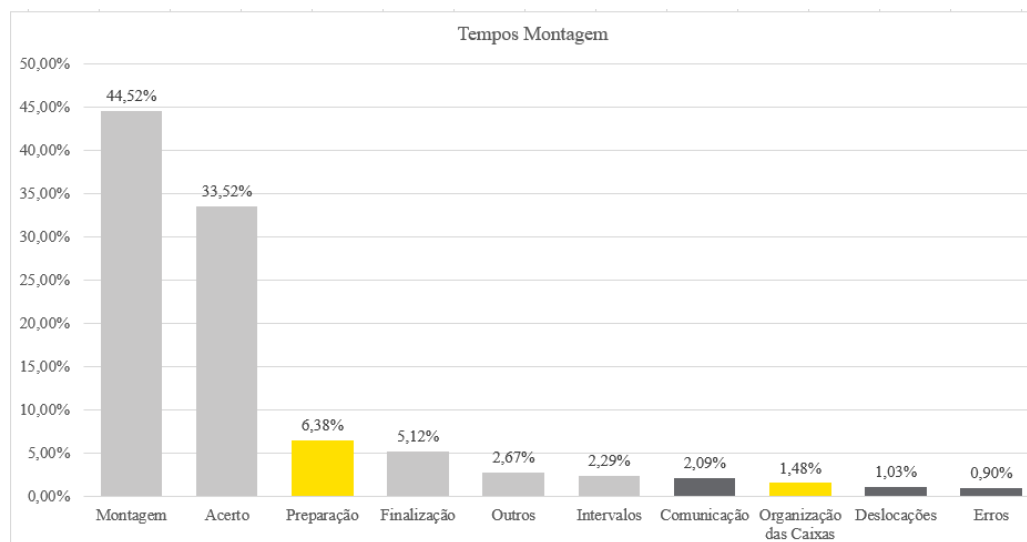


Figura 5.4 . Percentagens de tempos finais despendidos nas atividades associadas à área da montagem

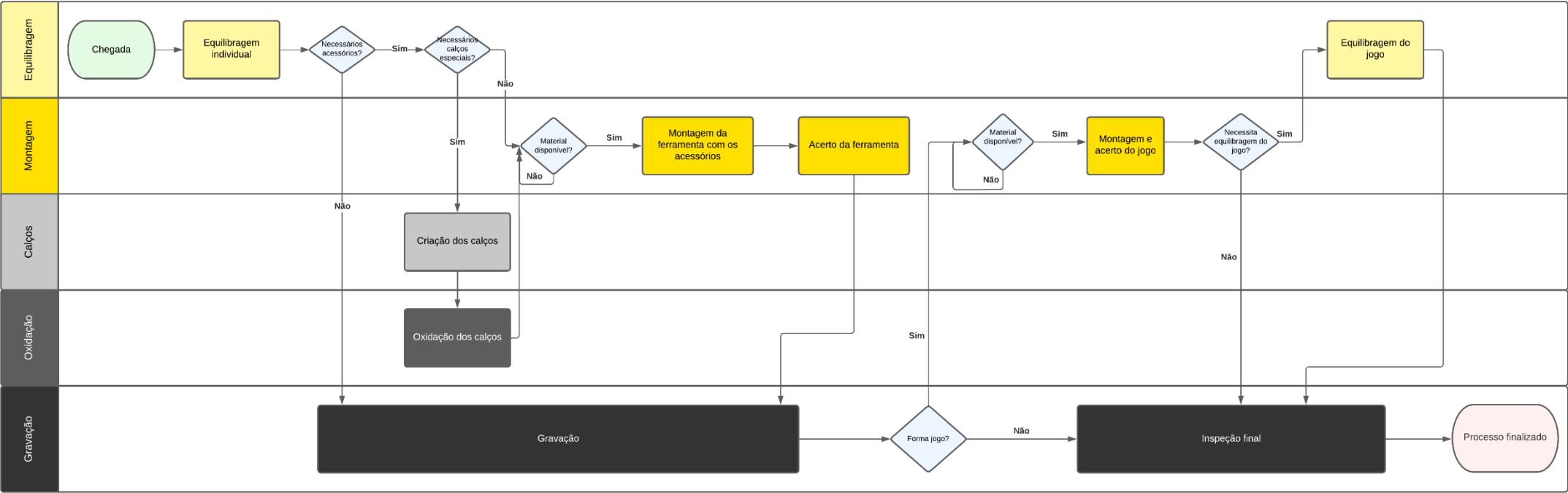
Seguindo a perspetiva da melhoria contínua, propõem-se algumas sugestões de melhoria, de modo que possam ser desenvolvidas no futuro. Primeiramente, salientam-se as oportunidades de melhoria previamente identificadas, mas que não foram implementadas devido ao curto espaço temporal para a concretização deste projeto. É o caso dos equipamentos sugeridos na automação, que poderão representar investimentos a longo prazo para a empresa. Para além disso, espera-se a consolidação da aplicação da metodologia 5S por parte da equipa, com recurso à realização da auditoria proposta. É igualmente importante o cumprimento dos procedimentos de trabalho definidos e a garantia da cultura de melhoria contínua, visando o crescimento progressivo da célula.

Referências

- AEP - Associação Empresarial de Portugal. (2003). *Métodos e Tempos* (First Edition). AEP – Associação Empresarial de Portugal.
- Bicheno, J. (2004). *The New Lean Toolbox: Towards Fast, Flexible Flow* (3ª edição). Buckingham: PICSIE Books.
- Borris, & Steven. (2006). *Total Productive Maintenance*. McGraw Hill.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2005). *Operations Management for Competitive Advantage* (11ª Edição). The McGraw-Hill Companies.
- Deloitte. (2020). *Digital lean manufacturing - Industry 4.0 technologies transform lean processes to advance the enterprise*. www.deloitte.com/us/cir.
- Doh, S. W., Deschamps, F., & Pinheiro De Lima, E. (2016). Systems Integration in the Lean Manufacturing Systems Value Chain to Meet Industry 4.0 Requirements. *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 4, 642–650. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-703-0-642>
- Ellis, G. (2020). *Improve - The Next Generation of Continuous Improvement for Knowledge Work*. Elsevier Inc.
- Enterprise Institute, L. (2008). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers* (C. Marchwinski, J. Shook, & A. Schroeder, Eds.; 4th Edition). The Lean Enterprise Institute, Inc.
- Feld, W. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How To Use Them* (First Edition). The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management.
- Frezite. (2022). <https://frezite.pt/en>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen* (Second Edition). McGraw Hill.
- Jiménez, M., Romero, L., Fernández, J., Espinosa, M. del M., & Domínguez, M. (2019). Extension of the Lean 5S methodology to 6S with an additional layer to ensure occupational safety and health levels. *Sustainability (Switzerland)*.
- Lemos Costa, P., & Sá Silva, E. (2021). *A Qualidade e o Pensamento Lean - O Poder do Bom Senso*. Quântica Editora - Conteúdos Especializados, Lda.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way : 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *Toyota Way Fieldbook : A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw Hill.
- Lucidchart. (2022). *O que é um fluxograma funcional*. <https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma-funcional>
- Manni, I. G. (1999). *Balancing Theory and Applications*.
- Naciri, L., Mouhib, Z., Gallab, M., Nali, M., Abbou, R., & Kebe, A. (2022). Lean and industry 4.0: A leading harmony. *Procedia Computer Science*, 200, 394–406.
- Ortiz, C., & Park, M. (2011). *Visual Controls Applying Visual Management to the Factory*. Taylor and Francis Group, LLC.
- P. Groover, M. (2007). *Work Systems and the Methods, Measurement, and Management of Work* (First Edition). Pearson Education International.
- P. Womack, J., T.Jones, D., Roos, D., & Sammons Carpenter, D. (1990). *The Machine That Changed The World*. Macmillan Publishing Company.

- Patel, J. S., & Patange, G. S. (2017). A Review on Benefits of Implementing Lean Manufacturing. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology IJSRST*. www.ijrst.com
- Pinto, J. P. (2016). *Lean - Os primeiros passos*.
- Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). *Springer Series in Advanced Manufacturing Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (D. Truong Pham, Ed.; First Edition). Springer.
- Visco, D. (2016). *5S Made Easy A Step-by-Step Guide to Implementing and Sustaining Your 5S Program*.
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking Banish waste and create wealth in your corporation* (2003 edition). Simon & Schuster Inc.

ANEXO A:Fluxograma



Anexo A 1 - Fluxograma

ANEXO B: Estudo de tempos inicial para equilibragem

		Equilibragem			
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia	Porcentagem
Caixas	Organização	C1	- Receção das caixas na célula; - Transporte de caixas para cada etapa; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	01:08:44	14,32%
	Presas na torre	C2	Retirada de caixas que ficam retidas na torre com recurso a um escadote	00:03:21	0,70%
	Picagem	C3	Picagem das caixas para seguirem para a próxima torre	00:15:34	3,24%
Limpeza das peças	Preparação e Manutenção	L1	- Colocação das peças dentro das tinas; - Troca das peças da tina quente para a tina fria	00:08:36	1,79%
	Enchimento de água	L2	Reposição da água das tinas até ao nível indicado com recurso a utilização de uma mangueira	00:00:30	0,10%
	Finalização	L3	Retirada das peças da tina e limpeza	00:07:48	1,63%
Pesagem		P	Pesagem das peças numa balança	00:05:35	1,16%
Montagem de árvores		MA	Montagem das árvores que serão utilizadas para a equilibragem, de acordo com as especificações de cada peça	00:20:31	4,27%
Equilibragem Haimer	Preparação	M11	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na máquina; - Medição da altura da peça com fita métrica; - Abertura do programa no computador e registo das especificações da peça até ao momento que o coloca a correr	00:38:58	8,12%
	Equilibragem	M12	Processo de equilibragem da máquina: inclui ajustes efetuados pelo operador, como rodar a peça 180º, fazer apertos, marcações para furação, etc	01:00:37	12,63%
	Finalização	M13	Registo do relatório no computador	00:09:41	2,02%
Equilibragem Schenck	Preparação	M21	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na máquina; - Medição da altura da peça com fita métrica; - Abertura do programa no computador e registo das especificações da peça até ao momento que o coloca a correr	00:23:04	4,81%
	Equilibragem	M22	Processo de equilibragem da máquina, incluindo os ajustes efetuados pelo operador, como rodar a peça 180º, fazer apertos, marcações para furação, etc	00:40:42	8,48%
	Finalização	M23	Registo do relatório no computador	00:05:27	1,14%

Anexo B 1 - Tabela resumo do estudo de tempos inicial para equilibragem

		Equilibragem			
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia	Porcentagem
Furação máquina 1	Setup	M31	Ajuste da máquina à altura de furação; colocação de brocas, etc	00:08:54	1,86%
	Furação	M32	Processo de furação propriamente dito e limpeza com ar comprimido	00:14:29	3,02%
Furação máquina 2	Setup	M41	Ajuste da máquina à altura de furação; colocação de brocas, etc	00:10:12	2,13%
	Furação	M42	Processo de furação propriamente dito e limpeza com ar comprimido	00:09:01	1,88%
Finalização		F	Todas as atividades de acabamento da peça, como: - Rebarbagem; - Pintura; - Limpeza; - Marcações; - Assinatura da folha; - Colocação da peças na respetiva caixa	00:35:49	7,46%
Deslocações		D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:09:30	1,98%
Comunicação e Ajuda		C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:15:42	3,27%
Procura		S	Procura de objetos necessários no processo	00:02:24	0,50%
Organização		O	Organização do espaço de trabalho	00:03:14	0,67%
Limpeza das peças		L	Limpeza do espaço de trabalho	00:07:50	1,63%
Pausas		I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:42:28	8,85%
Outros		OT	Outras atividades	00:01:26	0,30%
Erros		E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho, como por exemplo: - paragens do computador; - erros das peças como excentricidades; - aperto de anilhas soltas, etc	00:09:54	2,06%

Anexo B 2 - Continuação da tabela resumo do estudo de tempos inicial para equilibragem

ANEXO C: Estudo de tempos inicial calços

Calços					
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia	Porcentagem
Organização de caixas		C1	- Receção das caixas na célula; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	00:31:59	13,33%
Retificação		R	Retificação dos calços	00:32:46	13,66%
Pesagem		P	Pesagem das peças numa balança	00:03:16	1,36%
Corte		CT	Corte das barras de modo a originar calços	00:05:24	2,25%
Colocação Cavilhas		CV	Colocação de cavilhas nos calços	00:06:29	2,70%
Preparação		PR	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Estudo do desenho dos calços; - Recolha do material necessário	00:47:28	19,77%
Perfilagem	Setup	M11	Configuração da máquina para efetuar a operação de perfilagem	00:07:40	3,20%
	Perfilar	M12	Perfilagem dos calços, de modo a adquirirem os contornos finais	00:36:05	15,04%
Furação	Setup	M21	Ajuste da máquina à altura de furação, colocação de brocas, etc	00:07:04	2,94%
	Furar	M22	Processo de furação e limpeza com ar comprimido	00:26:47	11,16%
Finalização		F	Todas as atividades de acabamento dos calços, como: - Rebarbagem; - Limpeza; - Assinatura da folha; - Colocação dos calços na caixa respetiva	00:08:23	3,49%
Deslocações		D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:04:22	1,82%
Comunicação e Ajuda		C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:14:53	6,20%
Procura		S	Procura de objetos necessários no processo	00:01:36	0,67%
Organização		O	Organização do espaço de trabalho	00:01:44	0,73%
Limpeza		L	Limpeza do espaço de trabalho	00:00:19	0,13%
Pausas		I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:00:00	0,00%
Outros		OT	Outras atividades	00:00:40	0,28%
Erros		E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho	00:03:05	1,28%

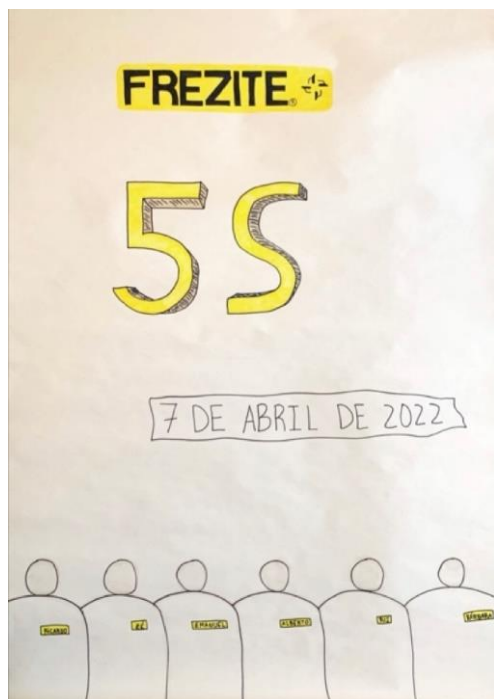
Anexo C 1 – Tabela resumo do estudo de tempos inicial para calços

ANEXO D: Estudo de tempos inicial montagem

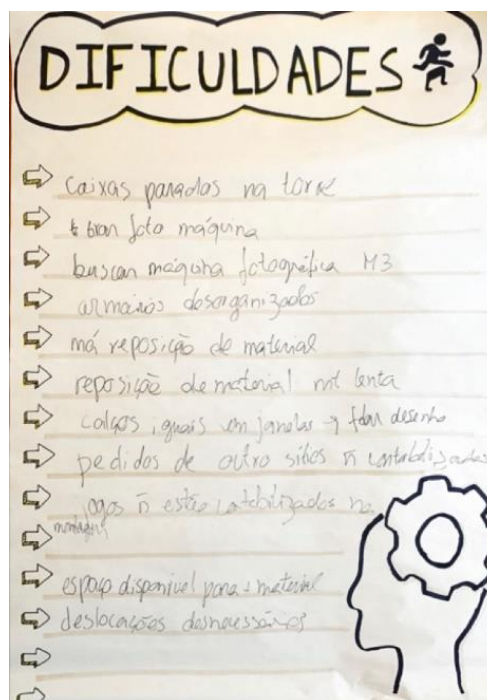
Montagem					
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia	Porcentagem
Caixas	Organização	C1	- Transporte de caixas para cada etapa; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	00:22:14	4,63%
	Presas na torre	C2	Retirada de caixas que ficam retidas na torre com recurso a um escadote	00:00:35	0,12%
	Picagem	C3	Picagem das caixas para seguirem para a próxima torre	00:02:14	0,46%
Pesagem		P	Pesagem das peças numa balança	00:04:11	0,87%
Preparação		PR	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na mesa; - Verificação dos acessórios e ferramentas de montagem necessários; - Procura dos acessórios e ferramentas de montagem	01:06:59	13,95%
Acerto		A	Verificação das cotas das peças, de modo a cumprir as medidas indicadas no desenho. Se necessário, proceder aos devidos ajustes	02:19:30	29,06%
Montagem		M	Processo de montagem dos acessórios	02:24:48	30,17%
Finalização		F	Todas as atividades de acabamento da peça, como: - Assinatura da folha; - Colocação das peças nas respetivas caixas, do material no respetivo local e arrumação das árvores.	00:15:53	3,31%
Deslocações		D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:15:41	3,27%
Comunicação e Ajuda		C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:26:59	5,62%
Procura		S	Procura de objetos necessários no processo	00:07:14	1,51%
Organização		O	Organização do espaço de trabalho	00:04:08	0,86%
Limpeza		L	Limpeza do espaço de trabalho	00:00:03	0,01%
Pausas		I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:15:07	3,15%
Outros		OT	Outras atividades	00:02:38	0,55%
Erros		E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho, como por exemplo: - Paragens do computador; - Erros das peças como excentricidades; - Aperto de anilhas soltas, etc	00:11:47	2,45%

Anexo D 1 - Tabela resumo do estudo de tempos inicial para montagem

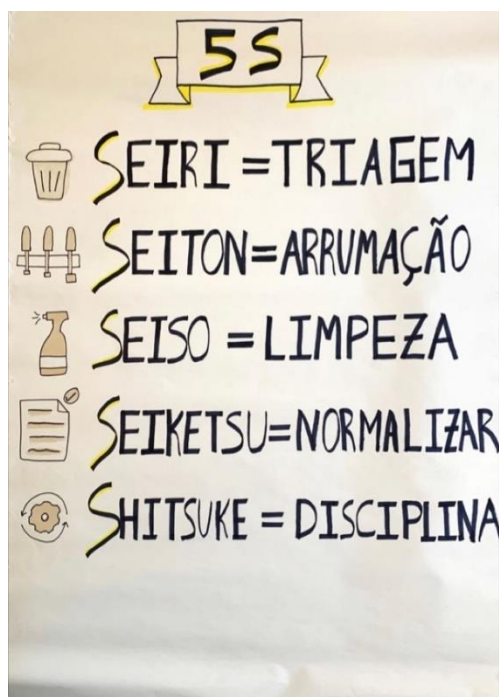
ANEXO E: Flipcharts 5S



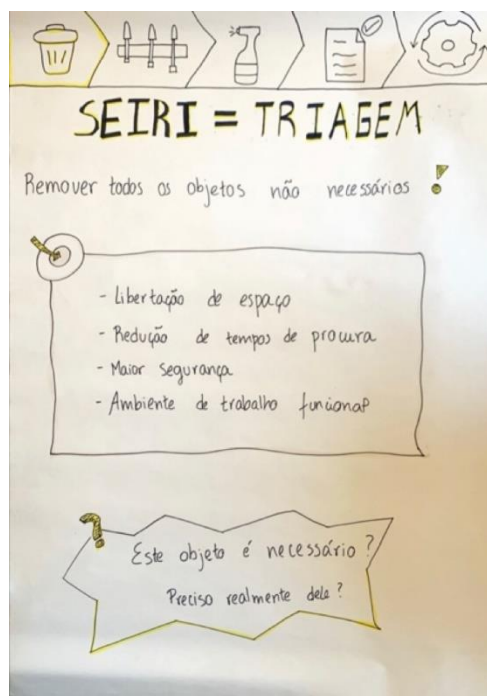
Anexo E 1 - Flipchart 1



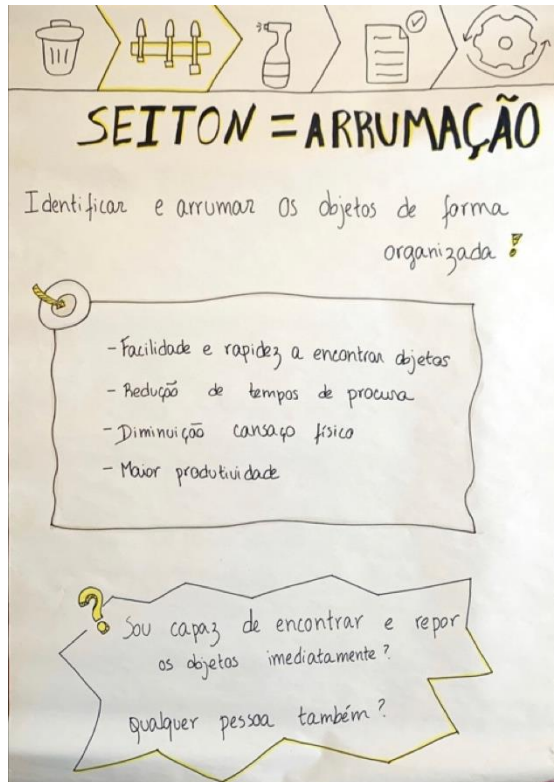
Anexo E 2 - Flipchart 2



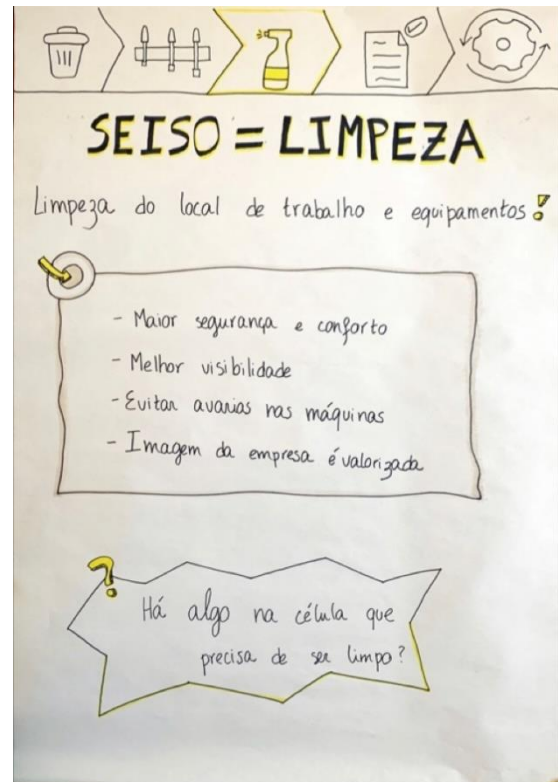
Anexo E 3 - Flipchart 3



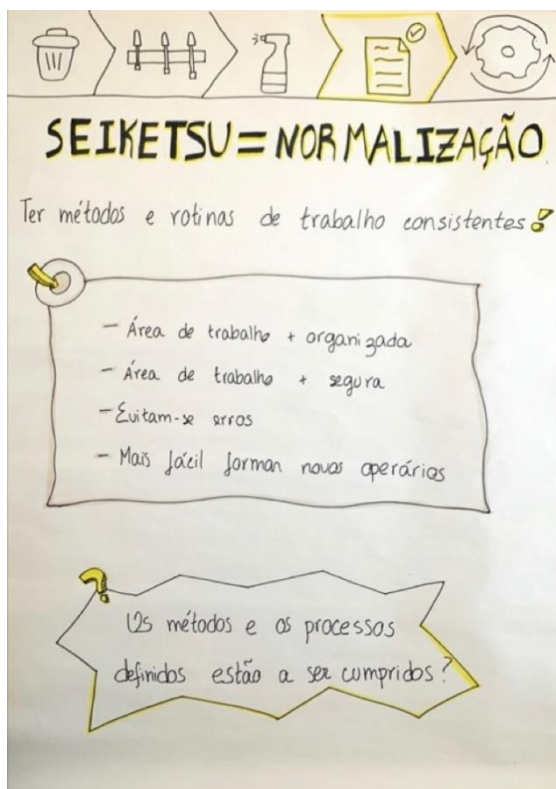
Anexo E 4 - Flipchart 4



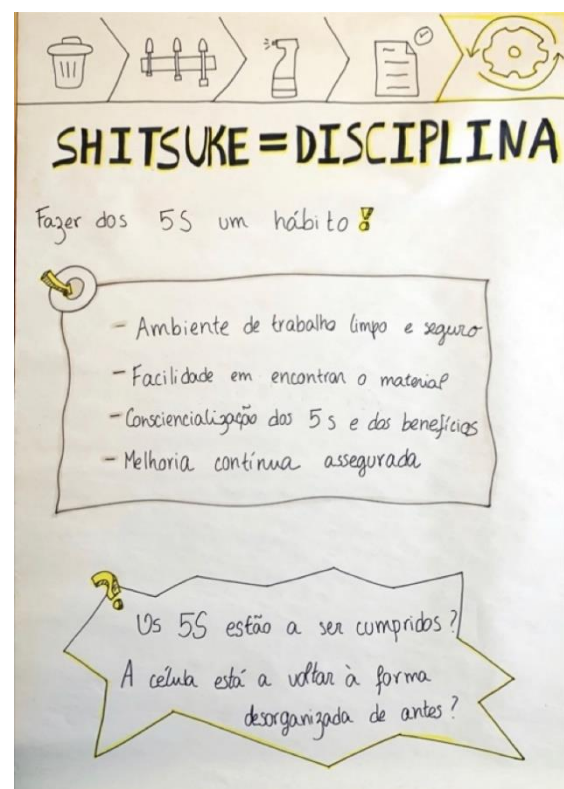
Anexo E 5 - Flipchart 5



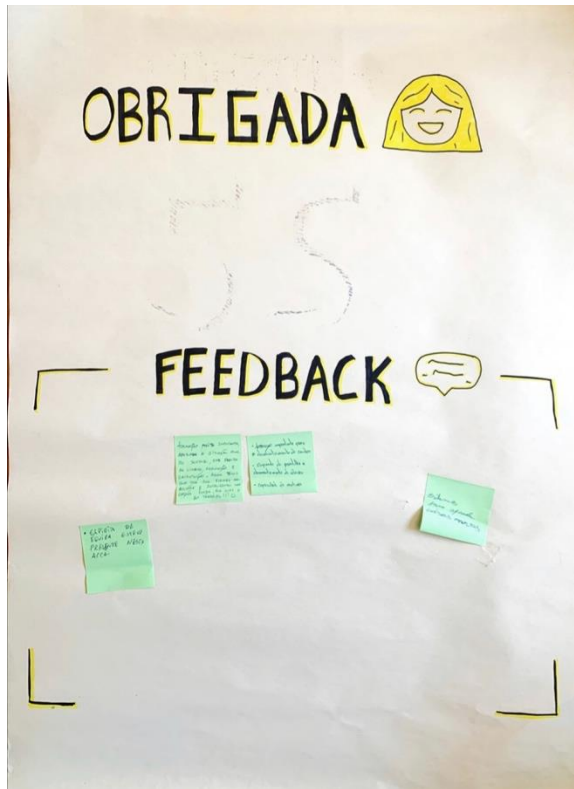
Anexo E 6 - Flipchart 6



Anexo E 7 - Flipchart 7



Anexo E 8 - Flipchart 8



Anexo E 9 - Flipchart 9

ANEXO F: Inventário Triagem

Registo das Etiquetas Vermelhas												
No.	Informação					Razão				Ação		
	Data	Pessoa	Item	Quantidade	Localização	Obsoleto	Defeito	Avariado	Objeto Desconhecido	Reaproveitar	Guardar	Lixo
1	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Calendários e folhetos	8	Equilibragem	X						X
2	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Caixas plástico das pinças	4	Equilibragem	X						X
3	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Luvas	4	Equilibragem	X						X
4	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Peças para máquina	5	Equilibragem				X			X
5	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Base para máquina	1	Equilibragem			X				X
6	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Peça	1	Equilibragem				X			X
7	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Caixas de ferramentas vazias	5	Equilibragem	X					X	
8	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Parte máquina	1	Equilibragem	X						X
9	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Árvore antiga	2	Equilibragem	X						X
10	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Fita	1	Equilibragem	X						X
11	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Canetas	5	Equilibragem			X				X
12	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Árvore	1	Equilibragem	X					X	
13	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Parafusos Velhos	20	Equilibragem	X						X
14	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Esponja	1	Equilibragem			X				X
15	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Pinça	1	Equilibragem				X			X
16	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Óculos de proteção	2	Equilibragem			X				X
17	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Item	3	Equilibragem				X			X
18	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Parafusos Velhos	9	Equilibragem			X				X
19	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Caixas madeira	2	Equilibragem	X				X		
20	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Pincel	3	Equilibragem			X				X
21	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Chaves	10	Equilibragem			X				X
22	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Diluente vazio	1	Equilibragem			X				X
23	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Capas	2	Equilibragem	X						X
24	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Lima	4	Equilibragem	X				X		

Anexo F 1 - Inventário resultante da triagem

Anexo F 2 - Inventário resultante da triagem

Registo das Etiquetas Vermelhas												
No.	Informação					Razão				Ação		
	Data	Pessoa	Item	Quantidade	Localização	Obsoleto	Defeito	Avariado	Objeto Desconhecido	Reaproveitar	Guardar	Lixo
25	8/4/2022	Bárbara e Ricardo	Calculadora	1	Equilibragem			X				X
26	8/4/2022	Bárbara e Zé	Caixa de cartão	1	Montagem	X						X
27	8/4/2022	Bárbara e Zé	Caixa	1	Montagem	X						X
28	8/4/2022	Bárbara e Zé	Covetes de arrumação	3	Montagem			X				X
29	8/4/2022	Bárbara e Zé	Covetes de arrumação	50	Montagem	X				X		
30	8/4/2022	Bárbara e Zé	Caixa de ferramenta	1	Montagem			X				X
31	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Suporte para árvores	1	Montagem	X					X	
32	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Anilhas com 60 cm de diâmetro	15	Montagem	X					X	
33	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Covetes com acessórios diversos	8	Montagem	X					X	
34	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Covetes grandes com parafusos	4	Montagem	X				X		
35	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Máquinas de aperto com barra de suporte	3	Montagem	X					X	
36	11/4/2022	Bárbara e Emanuel	Relógios	6	Montagem			X				X
37	14/4/2022	Bárbara e Emanuel	Carrinhos de anilhas	2	Montagem	X					X	
38	14/4/2022	Alberto, Bárbara e Ricardo	Capas com documentos	2	Calços	X						X
39	14/4/2022	Alberto, Bárbara e Ricardo	Anilhas velhas	5	Calços		X					X
40	14/4/2022	Alberto, Bárbara e Ricardo	Instrumentos de máquinas antigas	3	Calços	X					X	
41	20/4/2022	Bárbara, Emanuel e Zé	Caixas com lâminas	20	Calços	X					X	

Anexo F 3 - Continuação do inventário resultante da triagem

ANEXO G:Folha de Registos da Mudança de banhos da tina US

REGISTO DE MUDANÇA DE LÍQUIDOS



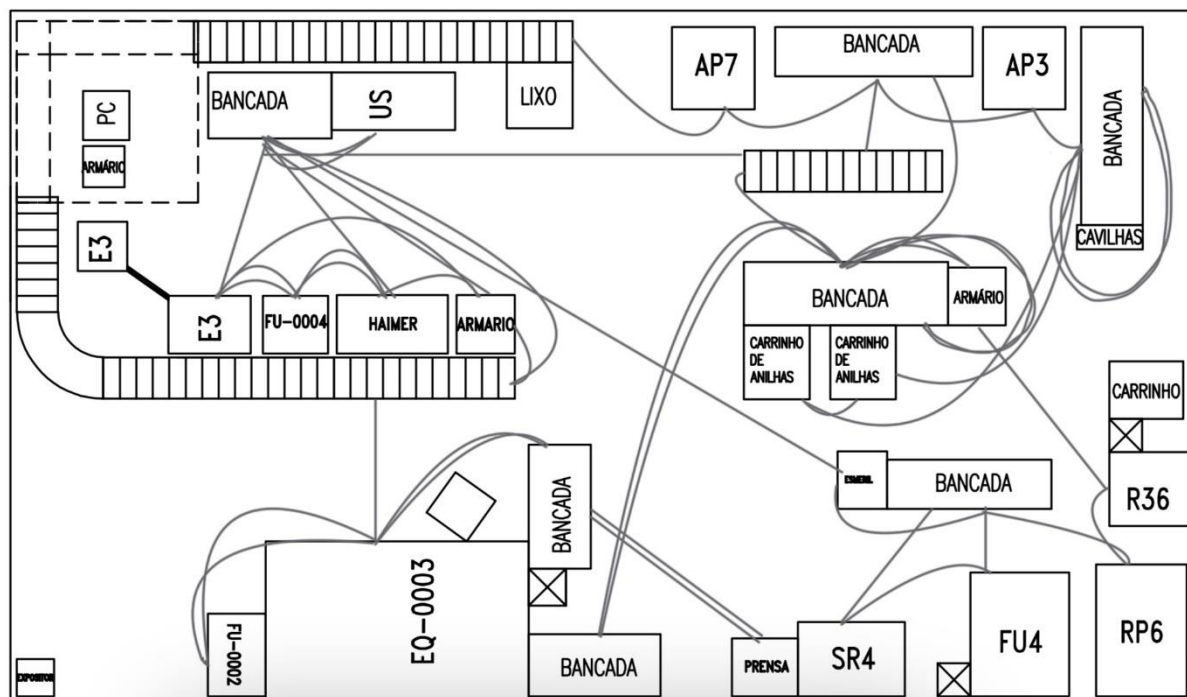
Tina	Capacidade (Litros)	Produto	Percentagem	Mudança
US	80 L	Renoclean P560 (QM005)	3% (2,4 kg)	Mensal

Data	Rubrica	Data	Rubrica

ANEXO H: Auditoria 5S

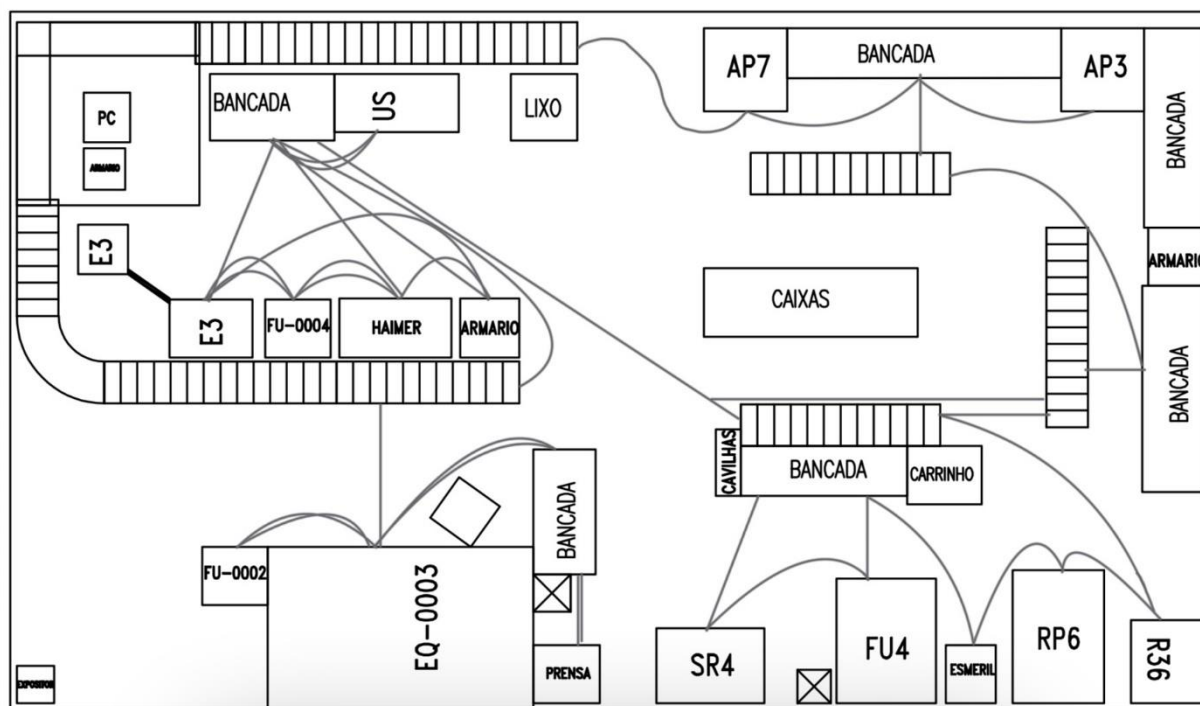
Auditoria 5S			
Setor: Montagem	Responsável:	Data:	
Sensos	Critérios de avaliação	Sim	Não
Triagem	1) Todos os objetos existentes no setor são necessários?		
Arrumação	2) Todos os objetos estão no seu local correspondente?		
	3) Todos os objetos encontram-se devidamente identificados?		
	4) As mesas de trabalho estão organizadas?		
Limpeza	5) As bancadas e o chão estão limpos?		
	6) Os equipamentos e materiais estão limpos?		
	7) Os equipamentos encontram-se em bom estado de funcionamento?		
Padronização	8) Esta presente a representação visual no setor, através de marcações/código de cores/sinaléticas?		
	9) Os EPI's e as normas de segurança estão a ser cumpridas?		
Disciplina	10) Os locais de passagem estão desobstruídos?		
	11) A última auditoria foi realizada há menos de 1 mês?		
O auditor deve atribuir um resultado positivo ou negativo a cada critério de avaliação, sendo que cada um deles vale 1 ponto. O resultado da auditoria é considerado positivo se o somatório total dos pontos for superior a 8. Ações corretivas e oportunidades de melhoria devem ser discutidas em equipa.			
Pontuação Total:			
Oportunidades de Melhoria			

ANEXO I: Diagrama *Spaghetti* do *Layout* Inicial

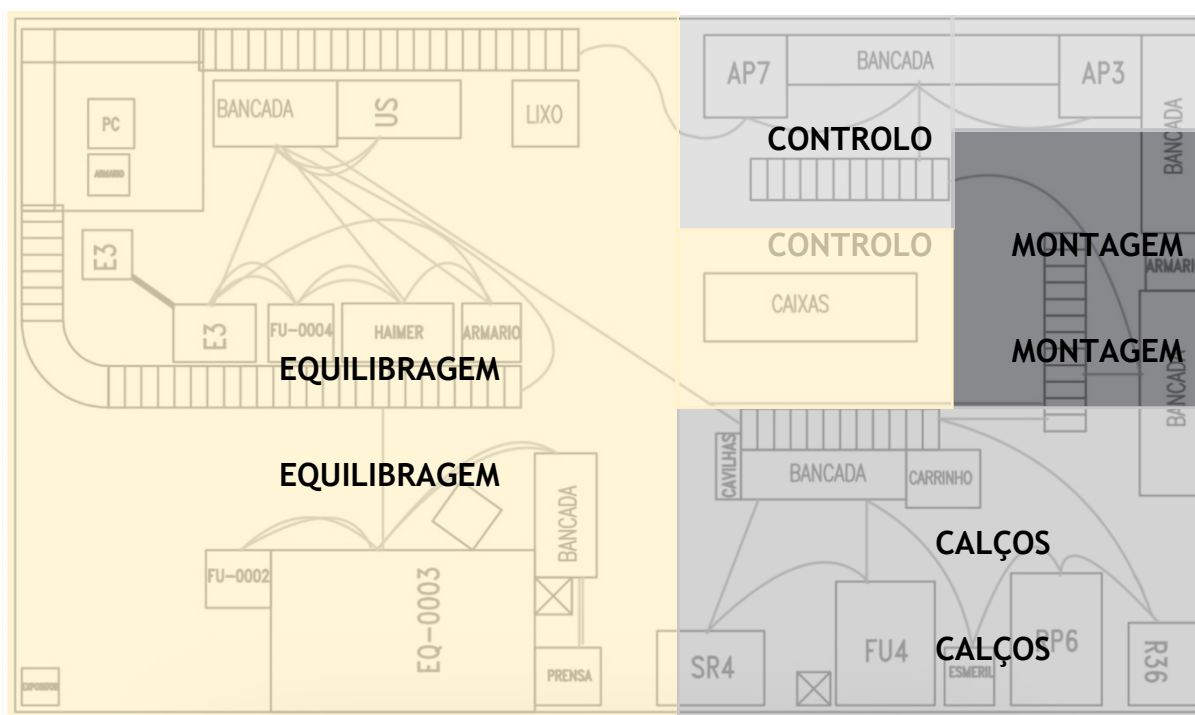


Anexo I 1 - Diagrama spaghetti do *layout* inicial

ANEXO J: Diagrama *Spaghetti* do Layout Final



Anexo J 1 - Diagrama *spaghetti* do layout final



Anexo J 2 - Diagrama *spaghetti* do layout final com áreas

ANEXO K: Estudo de tempos final para equilibragem

		Equilibragem						
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia inicial	Tempo por dia final	Porcentagem inicial	Porcentagem final	Diferença percentual
Caixas	Organização	C1	- Receção das caixas na célula; - Transporte de caixas para cada etapa; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	1:08:44	00:23:53	14,32%	4,98%	-9,34%
	Presas na torre	C2	Retirada de caixas que ficam retidas na torre com recurso a um escadote	0:03:21	00:00:30	0,70%	0,10%	-0,59%
	Picagem	C3	Picagem das caixas para seguirem para a próxima torre	0:15:34	00:05:12	3,24%	1,08%	-2,16%
Limpeza das peças	Preparação e Manutenção	L1	- Colocação das peças dentro das tinas; - Troca das peças da tina quente para a tina fria	0:08:36	00:20:59	1,79%	4,37%	2,58%
	Enchimento de água	L2	Reposição da água das tinas até ao nível indicado com recurso a utilização de uma mangueira	0:00:30	00:00:00	0,10%	0,00%	-0,10%
	Finalização	L3	Retirada das peças da tina e limpeza	0:07:48	00:00:00	1,63%	0,00%	-1,63%
Pesagem		P	Pesagem das peças numa balança	0:05:35	00:01:45	1,16%	0,36%	-0,80%
Montagem de árvores		MA	Montagem das árvores que serão utilizadas para a equilibragem, de acordo com as especificações de cada peça	0:20:31	01:16:02	4,27%	15,84%	11,57%
Equilibragem - Hammer	Preparação	M11	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na máquina; - Medição da altura da peça com fita métrica; - Abertura do programa no computador e registo das especificações da peça até ao momento que o coloca a correr	0:38:58	00:02:37	8,12%	0,55%	-7,57%
	Equilibragem	M12	Processo de equilibragem da máquina: inclui ajustes efetuados pelo operador, como rodar a peça 180º, fazer apertos, marcações para furação, etc	1:00:37	00:27:00	12,63%	5,63%	-7,01%
	Finalização	M13	Registo do relatório no computador	0:09:41	00:00:00	2,02%	0,00%	-2,02%
Equilibragem - Schenk	Preparação	M21	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na máquina; - Medição da altura da peça com fita métrica; - Abertura do programa no computador e registo das especificações da peça até ao momento que o coloca a correr	00:23:04	00:00:10	4,81%	0,03%	-4,77%
	Equilibragem	M22	Processo de equilibragem da máquina, incluindo os ajustes efetuados pelo operador, como rodar a peça 180º, fazer apertos, marcações para furação, etc	00:40:42	02:29:52	8,48%	31,22%	22,74%
	Finalização	M23	Registo do relatório no computador	00:05:27	00:00:00	1,14%	0,00%	-1,14%
Furação máquina 1	Setup	M31	Ajuste da máquina à altura de furação; colocação de brocas, etc	00:08:54	00:02:31	1,86%	0,52%	-1,33%
	Furação	M32	Processo de furação propriamente dito e limpeza com ar comprimido	00:14:29	00:25:28	3,02%	5,31%	2,29%
Furação máquina 2	Setup	M41	Ajuste da máquina à altura de furação; colocação de brocas, etc	00:10:12	00:00:00	2,13%	0,00%	-2,13%
	Furação	M42	Processo de furação propriamente dito e limpeza com ar comprimido	00:09:01	00:00:00	1,88%	0,00%	-1,88%
Finalização		F	Todas as atividades de acabamento da peça, como: - Rebarbagem; - Pintura; - Limpeza; - Marcações; - Assinatura da folha; - Colocação da peças na respetiva caixa	00:35:49	00:48:30	7,46%	10,10%	2,64%
Deslocações		D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:09:30	00:08:15	1,98%	1,72%	-0,26%
Comunicação e Ajuda		C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:15:42	00:11:44	3,27%	2,44%	-0,83%
Procura		S	Procura de objetos necessários no processo	00:02:24	00:00:52	0,50%	0,18%	-0,32%
Organização		O	Organização do espaço de trabalho	00:03:14	00:05:28	0,67%	1,14%	0,47%
Limpeza das peças		L	Limpeza do espaço de trabalho	00:07:50	00:06:00	1,63%	1,25%	-0,38%
Pausas		I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:42:28	00:56:05	8,85%	11,68%	2,84%
Outros		OT	Outras atividades	00:01:26	00:00:10	0,30%	0,03%	-0,26%
Erros		E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho, como por exemplo: - paragens do computador; - erros das peças como excentricidades; - aperto de anilhas soltas, etc	00:09:54	00:06:57	2,06%	1,45%	-0,62%

Anexo K 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para equilibragem

ANEXO L: Estudo de tempos final calços

Calços							
Atividade	Código	Descrição	Tempo por dia inicial	Tempo por dia final	Porcentagem inicial	Porcentagem final	Diferença percentual
Organização de caixas	C1	- Receção das caixas na célula; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	00:31:59	00:01:04	13,33%	0,88%	-12,44%
Retificação	R	Retificação dos calços	00:32:46	00:09:00	13,66%	7,50%	-6,16%
Pesagem	P	Pesagem das peças numa balança	00:03:16	00:01:00	1,36%	0,83%	-0,53%
Corte	CT	Corte das barras de modo a originar calços	00:05:24	00:08:23	2,25%	6,99%	4,74%
Colocação Cavilhas	CV	Colocação de cavilhas nos calços	00:06:29	00:02:00	2,70%	1,67%	-1,04%
Preparação	PR	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Estudo do desenho dos calços; - Recolha do material necessário	00:47:28	00:19:24	19,77%	16,17%	-3,61%
Perfilagem	Setup	M11 Configuração da máquina para efetuar a operação de perfilagem	00:07:40	00:04:05	3,20%	3,40%	0,20%
	Perfilar	M12 Perfilagem dos calços, de modo a adquirirem os contornos finais	00:36:05	00:20:00	15,04%	16,67%	1,63%
Furação	Setup	M21 Ajuste da máquina à altura de furação, colocação de brocas, etc	00:07:04	00:05:38	2,94%	4,70%	1,76%
	Furar	M22 Processo de furação e limpeza com ar comprimido	00:26:47	00:16:11	11,16%	13,48%	2,32%
Finalização	F	Todas as atividades de acabamento dos calços, como: - Rebarbagem; - Limpeza; - Assinatura da folha; - Colocação dos calços na caixa respetiva	00:08:23	00:16:57	3,49%	14,13%	10,64%
Deslocações	D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:04:22	00:01:30	1,82%	1,25%	-0,57%
Comunicação e Ajuda	C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:14:53	00:06:12	6,20%	5,16%	-1,04%
Procura	S	Procura de objetos necessários no processo	00:01:36	00:01:25	0,67%	1,18%	0,51%
Organização	O	Organização do espaço de trabalho	00:01:44	00:01:10	0,73%	0,97%	0,25%
Limpeza	L	Limpeza do espaço de trabalho	00:00:19	00:02:00	0,13%	1,67%	1,54%
Pausas	I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:00:00	00:00:00	0,00%	0,00%	0,00%
Outros	OT	Outras atividades	00:00:40	00:02:15	0,28%	1,88%	1,60%
Erros	E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho	00:03:05	00:01:47	1,28%	1,48%	0,19%

Anexo L 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para calços

ANEXO M: Estudo de tempos final montagem

Montagem								
Atividade		Código	Descrição	Tempo por dia inicial	Tempo por dia final	Porcentagem inicial	Porcentagem final	Diferença percentual
Caixas	Organização	C1	- Transporte de caixas para cada etapa; - Organização das caixas; - Procura de caixas; - Planeamento do trabalho a seguir	00:22:14	00:03:33	4,63%	1,48%	-3,15%
	Presas na torre	C2	Retirada de caixas que ficam retidas na torre com recurso a um escadote	00:00:35	00:00:00	0,12%	0,00%	-0,12%
	Picagem	C3	Picagem das caixas para seguirem para a próxima torre	00:02:14	00:00:50	0,46%	0,35%	-0,12%
Pesagem		P	Pesagem das peças numa balança	00:04:11	00:00:00	0,87%	0,00%	-0,87%
Preparação		PR	- Retirada da peça da caixa respetiva; - Colocação da peça na mesa; - Verificação dos acessórios e ferramentas de montagem necessários; - Procura dos acessórios e ferramentas de montagem	01:06:59	00:15:18	13,95%	6,38%	-7,58%
Acerto		A	Verificação das cotas das peças, de modo a cumprir as medidas indicadas no desenho. Se necessário, proceder aos devidos ajustes	02:19:30	01:20:28	29,06%	33,52%	4,46%
Montagem		M	Processo de montagem dos acessórios	02:24:48	01:46:51	30,17%	44,52%	14,35%
Finalização		F	Todas as atividades de acabamento da peça, como: - Assinatura da folha; - Colocação das peças nas respetivas caixas, do material no respetivo local e arrumação das árvores.	00:15:53	00:12:17	3,31%	5,12%	1,81%
Deslocações		D	Deslocações do operário: dentro da própria célula ou para outras	00:15:41	00:02:28	3,27%	1,03%	-2,24%
Comunicação e Ajuda		C	Comunicação e ajuda aos colegas, tanto da própria célula como de outras, com departamento de desenho, diretor de produção, etc	00:26:59	00:05:02	5,62%	2,09%	-3,53%
Procura		S	Procura de objetos necessários no processo	00:07:14	00:00:00	1,51%	0,00%	-1,51%
Organização		O	Organização do espaço de trabalho	00:04:08	00:00:19	0,86%	0,13%	-0,73%
Limpeza		L	Limpeza do espaço de trabalho	00:00:03	00:00:46	0,01%	0,32%	0,31%
Pausas		I	Tempos de paragens do operador para lanchar, ir à casa de banho, fumar, etc	00:15:07	00:05:30	3,15%	2,29%	-0,86%
Outros		OT	Outras atividades	00:02:38	00:04:29	0,55%	1,87%	1,32%
Erros		E	Correção de erros que impedem o avanço do trabalho, como por exemplo: - Paragens do computador; - Erros das peças como excentricidades; - Aperto de anilhas soltas, etc	00:11:47	00:02:09	2,45%	0,90%	-1,56%

Anexo M 1 - Tabela resumo do estudo de tempos final para montagem