



TÉCNICO
LISBOA

**Aplicação da Filosofia *Lean*
a uma Empresa da Indústria do Mobiliário**

Henrique de Brito Mourão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças

Júri

Presidente: Prof. Rui Manuel dos Santos Oliveira Baptista

Orientador: Prof. Paulo Miguel Nogueira Peças

Vogais: Prof. Samuel de Oliveira Moniz

Prof. Artur Jorge da Cunha Barreiros

Setembro 2020

Agradecimentos

Com a aproximação do fim do meu longo percurso, sinto a necessidade de expressar os meus agradecimentos a todos os que me acompanharam nesta jornada.

Primeiramente, quero agradecer à minha família, particularmente aos meus pais. Tudo o que alcancei, e tudo o que alcançar, serão graças ao seu apoio e conselhos incansáveis em todos os momentos da minha vida.

Em segundo lugar, a toda a comunidade do Instituto Superior Técnico, com um especial agradecimento ao professor Paulo Peças, pela sua disponibilidade e pela sua orientação preciosa no desenvolvimento desta dissertação.

Quero também agradecer a todos os membros da empresa Temahome, pela facilidade criada na integração no seu ambiente e por todo o apoio prestado. Obrigado ao Eng.º Rui Álvares pela oportunidade criada, ao Luís Fonseca e a toda a sua equipa, que por maior que fosse a carga de trabalho diária e dada a situação global em que foi desenvolvido o trabalho, mantinham uma constante boa disposição e disponibilidade na resposta a todas as minhas questões. Obrigado também ao staff da cantina pela ótima sopa da pedra.

Quero agradecer aos meus amigos de longa data, pela sua amizade e por todas as memórias criadas juntos.

Finalmente, um agradecimento especial à pessoa mais importante da minha vida, pelo seu amor incondicional, preocupação e todo o apoio. Obrigado Catarina.

Resumo

A globalização aliada ao desenvolvimento da tecnologia, pressiona as empresas a aumentar a diversidade dos seus produtos. Como resposta à necessidade da “Individualização em Massa”, as empresas precisam aumentar a eficiência e flexibilidade no seu sistema produtivo, reduzindo os custos de Produção.

É com base nestes objetivos que surge a Filosofia *Lean*. Focada na eliminação absoluta dos diferentes tipos de desperdício, esta filosofia introduz diversos princípios e ferramentas a aplicar conjuntamente. Este estudo foca-se na aplicação desta filosofia ao caso de estudo desenvolvido numa empresa na Indústria do Mobiliário.

Foi efetuado o diagnóstico ao sistema produtivo, e através da ferramenta VSM, foi definida a sua cadeia de valor e os diversos desperdícios associados. Os diferentes aspetos críticos foram separados em três áreas para o desenvolvimento de soluções de melhoria.

Foi aprofundada a análise à atividade de *Setup* e, baseado na ferramenta SMED, foi desenvolvido um procedimento *standard* de forma a reduzir a duração e a variação do tempo gasto no *Setup*.

Foram propostas diversas alterações ao *Layout*, recorrendo à implementação de *5S*, *FIFO Lane* e *Andon*, com o objetivo da introdução de fluxo contínuo e da redução drástica na movimentação de Empilhadores.

Foi ainda proposta uma solução focada na monitorização em tempo real dos processos, apoiada numa Gestão Visual digital. Desta forma, facilita-se o planeamento da Produção, introduzindo, simultaneamente, o conceito da digitalização na Indústria 4.0.

Com estas propostas de melhoria, prevê-se que o tempo de Produção e o tempo de Inventário em *WIP* reduzam de forma significativa. Assim, atinge-se maior eficiência e flexibilidade do sistema produtivo.

Palavras-chave: *Filosofia Lean, Indústria do Mobiliário, VSM, SMED, FIFO Lane, Gestão Visual Digital*

Abstract

Globalization combined with the development of technology, pressures companies to increase the diversity of their products. In response to the need for “Mass Customization”, companies must increase efficiency and flexibility in their production system, while reducing production costs.

It is based on these objectives that Lean Philosophy emerges. Focused on the absolute elimination of the different types of waste, this philosophy introduces a number of principles and tools to be applied together. This study focuses on the application of the Lean Philosophy to the case-study developed at a company in the Furniture Industry.

The production system diagnosis was performed, and, through the VSM tool, its value chain and the various associated wastes were defined. The different critical aspects were separated into three areas to develop improvement solutions.

The analysis of the Setup activity was deepened and based on the SMED tool, a standard procedure was developed to reduce the duration and variation of the time spent in Setup.

Several changes to the Layout were proposed, using the implementation of 5S, FIFO Lane and *Andon*, with the objective of introducing continuous flow and drastically reducing the movement of forklift trucks.

A solution focused on real-time monitoring of processes was also proposed, supported by digital Visual Management. In this way, production planning was facilitated, while introducing the concept of digitalization in Industry 4.0.

With these proposed improvements, it is predicted that the Production time and Inventory time in WIP reduce significantly. Thus, greater efficiency and flexibility of the Production system is achieved.

Keywords: *Lean Philosophy, Furniture Industry, VSM, SMED, FIFO Lane, Digital Visual Management*

Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	ix
Nomenclatura	x
1 Introdução.....	1
2 Revisão Bibliográfica.....	2
2.1 Origem do <i>Lean Production</i>.....	2
2.2 Princípios <i>Lean</i>	5
2.2.1 Valor	5
2.2.2 Cadeia de Valor	5
2.2.3 Fluxo	7
2.2.4 <i>Pull</i>	7
2.2.5 Perfeição	8
2.3 Ferramentas LEAN	8
2.3.1 Gestão Visual	8
2.3.2 VSM – Value Stream Mapping.....	11
2.3.3 Metodologia 5S.....	12
2.3.4 SMED	13
2.4 LEAN na indústria do mobiliário	15
2.5 LEAN e a Indústria 4.0.....	17
3 Caso de Estudo e Metodologia Aplicada.....	21
3.1 Caso de estudo.....	21
3.1.1 Caracterização da Empresa	21
3.1.2 Zonas da fábrica e famílias de produtos	22

3.2	Metodologia Aplicada	23
3.2.1	Metodologia no diagnóstico.....	24
3.2.2	Metodologia nas soluções	24
4	Diagnóstico	26
4.1	Descrição do sistema produtivo em estudo	26
4.1.1	Layout e fluxo de materiais genérico de Melaminas.....	26
4.1.2	Tratamento e apresentação dos dados em cada setor	27
4.2	VSM's do estado atual	36
4.2.1	Nomenclatura e Simbologia	37
4.2.2	Construção e Análise dos VSM's	41
4.3	Aspetos Críticos e Causas Raiz.....	52
4.4	Conclusão do diagnóstico	57
5	Soluções de melhoria desenvolvidas	59
5.1	Análise e Ação focalizada aos <i>Setups</i>	59
5.1.1	Análise.....	60
5.1.2	Definição de um procedimento standard	64
5.2	Layout.....	67
5.3	Software ERP.....	72
5.4	Impactos estimados com as soluções de melhoria	77
6	Conclusão	78
7	Limitações do Estudo e Trabalho Futuro	79
	Referências.....	80
	Anexos.....	82

Índice de Figuras

Figura 2.1 – O modelo 4P’s da Toyota Way (Kehr & Proctor, 2017, Adaptado)	3
Figura 2.2 - A casa TPS e os seus constituintes (Kehr & Proctor, 2017, Adaptado)	4
Figura 2.3 - Simbologia usada no VSM (Rother & Shook, 1999, Adaptado)	12
Figura 2.4 - As diferentes fases da metodologia SMED (Pellegrini, Shetty, & Manzione, 2012, Adaptado).....	14
Figura 2.5 - Nova metodologia de SMED proposta (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007, Adaptado).....	15
Figura 2.6 - Interligação dos elementos fundamentais na Indústria 4.0 (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).....	18
Figura 2.7 - Aspetos comuns na Indústria 4.0 e a filosofia Lean (Mayr, et al., 2018, Adaptado).....	18
Figura 3.1 - Fábrica no distrito de Santarém, (Temahome, 2020).....	21
Figura 3.2 - Layout da fábrica dividido em zonas de atividade.....	22
Figura 3.3 - Fluxo de material típico dos elementos de "Melaminas"	23
Figura 3.4 – Representação da Metodologia aplicada	23
Figura 4.1 - Setores na zona de Produção com identificação das máquinas afetas à produção de “Melaminas”	26
Figura 4.2 - Fluxo genérico de materiais de "Melaminas"	27
Figura 4.3 - Máquina de Corte C1	29
Figura 4.4- Fluxo de produto no posto de trabalho C1	30
Figura 4.5 - Fluxo de produto no posto de trabalho C2	30
Figura 4.6 - Alimentação de peças na máquina O1 (à esquerda) e zona de saída de peças na máquina O2 (à direita).....	32
Figura 4.7 - Transição automática de peças de O1 para O2	32
Figura 4.8 - Máquina orladora do posto O3	32
Figura 4.9 - Fluxo de produto no posto O3	33
Figura 4.10 - Fluxo de produto na máquina orladora O2	33
Figura 4.11 -Posto F1 (à direita) e F2 (à esquerda).....	34
Figura 4.12 - Posto F1 em maior detalhe	35
Figura 4.13 - Fluxo de produtos nos postos F1 (à esquerda) e F2 (à direita).....	35
Figura 4.14 - Composição esquemática genérica dos VSM	37
Figura 4.15 - Transporte por empilhadora	38
Figura 4.16 - Transporte por sistema de rolos.....	39
Figura 4.17 – Exemplo da representação do fluxo de materiais no layout fabril	40
Figura 4.18 - Fluxo de produto sem repartição com manuseamento por parte dos Operadores (à esquerda) e por parte de Empilhadores (à direita)	40
Figura 4.19 - Fluxo de produto com manuseamento por parte dos Operadores principal (à esquerda) e secundário (à direita)	40
Figura 4.20 - Fluxo de produto por parte dos Empilhadores principal (à esquerda) e secundário (à direita)	40
Figura 4.21 - Zona de <i>WIP</i> do posto de trabalho (à esquerda) e <i>WIP</i> entre processos (à direita).....	41
Figura 4.22 - Representação de um operador.....	41
Figura 4.23 - Sistema de rolos estático (à esquerda) e móvel/carrinho de rolos (à direita).....	41
Figura 4.24 - Fluxo de informação na produção de "Melaminas"	42
Figura 4.25 - Irregularidade no registo do tempo de <i>Setup</i> na furadora F2 e na produção de “Prat. Y”.....	43
Figura 4.26 - Ordem de Produção impressa	44
Figura 4.27 - VSM atual das prateleiras “X”	45
Figura 4.28 - Distribuição do <i>Lead Time</i> Produtivo das prateleiras “X”	46

Figura 4.29 - Distribuição do tempo em Produção de "Prat. X" nos postos	47
Figura 4.30 - Distribuição de tempo em Produção de "Prat. X" em atividades nos postos	47
Figura 4.31 - VSM atual das prateleiras "Y"	48
Figura 4.32 - Distribuição do <i>Lead Time</i> Produtivo das Prateleiras "Y"	49
Figura 4.33 - Histograma da distribuição do tempo em Produção de "Prat. Y" nos processos	50
Figura 4.34 – Histograma da distribuição de tempo em Produção de "Prat. Y" nos processos e em atividades	51
Figura 4.35 – 1º 5 <i>Whys</i> para "Elevado tempo em <i>WIP</i> "	52
Figura 4.36 – 2º 5 <i>Whys</i> para "Elevado tempo em <i>WIP</i> "	53
Figura 4.37 – 1º 5 <i>Whys</i> para "Elevada movimentação dos Empilhadores"	54
Figura 4.38 – 2º 5 <i>Whys</i> para "Elevada movimentação dos Empilhadores"	55
Figura 4.39 - 5 <i>Whys</i> para "Tempos de espera de MP"	56
Figura 5.1 - Distribuição temporal das categorias de tarefas nas diferentes observações ao mesmo <i>Setup</i>	62
Figura 5.2 - Comparação da duração de cada categoria nas observações efetuadas	63
Figura 5.3 - Procedimento Standard para os <i>Setups</i> em F2	66
Figura 5.4 - Solução apresentada com a remoção da máquina de Corte parada	68
Figura 5.5 - Definição de zona de <i>WIP</i> para Pintura	68
Figura 5.6 - Definição e Identificação das zonas de <i>WIP</i> , como FIFO Lanes	69
Figura 5.7 - Nova localização do posto de corte C1	69
Figura 5.8 - Reestruturação de <i>Layout</i> na zona dos postos de furação F1 e F2 , com novo F5	70
Figura 5.9 - Minimização da movimentação de Empilhadores no fluxo produtivo de "Prat. X"	71
Figura 5.10 - Troca de informação entre Responsáveis de Produção e Operadores	72
Figura 5.11 - <i>Dashboards</i> num monitor para Gestão Visual do estado da Produção diário	73
Figura 5.12 - Descrição dos elementos constituintes no <i>dashboard</i>	74

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Os 14 princípios da <i>Toyota Way</i>	3
Tabela 2.2 - Motivos, Barreiras e Desafios na implementação <i>Lean</i>	16
Tabela 4.1 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos C1 e C2	31
Tabela 4.2 - Duração das atividades sem valor acrescentado no setor de corte	31
Tabela 4.3 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos O1&2 e O3	34
Tabela 4.4 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos F1 e F2	36
Tabela 4.5 - Elemento, lote típico e número de paletes.....	36
Tabela 4.6 - Descrição das etapas apresentadas na estrutura do fluxo de informação	42
Tabela 4.7 - Tempo de cada atividade nos postos de trabalho na produção de “Prat. X”	45
Tabela 4.8 - Resultados do <i>VSM</i> atual das prateleiras “X”	45
Tabela 4.9 - Distribuição do tempo em Produção das prateleiras "X"	46
Tabela 4.10 - Tempo de cada atividade nos postos de trabalho na produção de “Prat. Y”	49
Tabela 4.11 - Resultados do <i>VSM</i> atual das prateleiras “Y”	49
Tabela 4.12 - Distribuição do tempo em Produção das prateleiras "Y"	50
Tabela 4.13 - Tabela resumo dos Aspectos Críticos e suas Causas Raiz	56
Tabela 4.14 - Áreas de Ação, Causas Raiz e Soluções <i>Lean</i>	57
Tabela 5.1 - Excerto do registo de etapas e sua categorização por código de cores.....	60
Tabela 5.2 - Agregação das etapas realizadas em categorias.....	60
Tabela 5.3 - Resultados das observações à atividade de <i>Setup em F2</i>	61
Tabela 5.4 - Classificação das Categorias como Atividades Internas ou Atividades Externas	64
Tabela 5.5 - Resultados a obter com a aplicação de <i>SMED</i>	65
Tabela 5.6 - Resultados possíveis na distância percorrida pelos Empilhadores	71
Tabela 5.7 – Exemplo de tratamento dos registos diários de Produção	74

Nomenclatura

CPS – (*Cyber-Physical Systems*) Sistemas Ciber-Físicos

ERP – (*Enterprise Resource Planning*) Planeamento de Recursos da Empresa

FIFO – *First In First Out*

JIT – *Just-in-Time*

MP – Matéria-Prima

OP – Ordem de Produção

PA – Produto Acabado

RFID – (*Radio Frequency Identification*) Identificação por Rádio Frequência

SID – Sistema de Indicadores de Desempenho

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – (*Value Stream Mapping*) Mapeamento da Cadeia de Valor

WIP – *Work in Process*

1 Introdução

Os consumidores exigem, atualmente, uma elevada individualização dos produtos e a baixo custo, juntamente com prazos de entrega curtos. Estas exigências de personalização com prazos de entrega reduzidos deram origem ao conceito da “Individualização em Massa”, em que as empresas, para se manterem competitivas, têm de ter um sistema produtivo versátil e com tempos de ciclo baixos. Este aspeto é de extrema importância na Indústria do Mobiliário, na qual incide este estudo, dado que é caracterizada por uma gama de produtos muito extensa e em lotes cada vez mais reduzidos. É, por isso, necessário eliminar todas as fontes de desperdício nos processos de produção, identificando e monitorizando a cadeia de valor. A filosofia *Lean* surge nesse sentido, com um foco no valor atribuído pelo cliente, eliminando ou reduzindo, de forma contínua, as atividades em que não existe uma atribuição de valor ao produto. O objetivo deste trabalho reside na eliminação do desperdício e monitorização da Produção de uma empresa na Indústria do Mobiliário, pela aplicação dos princípios e ferramentas da filosofia *Lean*, de forma a atribuir uma maior eficiência e flexibilidade ao seu sistema produtivo. No Capítulo 2 deste trabalho é feita uma introdução à filosofia *Lean*, ou *Lean Production*, descrevendo de forma breve a sua origem e os seus princípios. São descritas as ferramentas utilizadas neste trabalho e, de seguida, é feito um enquadramento geral do *Lean Production* na Indústria do Mobiliário. Por fim, é apresentado um subcapítulo referente ao conceito emergente da Indústria 4.0 e a sua relação com a filosofia *Lean*. É atribuído um maior ênfase à digitalização da informação para o controlo e monitorização, dado que, é neste tópico pelo qual passa uma das propostas de melhoria apresentadas nesta dissertação. No Capítulo 3 é apresentado o caso de estudo, no qual é feita uma caracterização breve da empresa e a identificação das diferentes zonas na sua fábrica e as diferentes famílias de produtos. Após o caso de estudo, é apresentada a metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho. O Capítulo 4 é dedicado à fase de diagnóstico. São descritos os processos do sistema produtivo de dois elementos diferentes mas representativos da família de produtos em estudo, fazendo, de seguida, o mapeamento da cadeia de valor de cada um, recorrendo à ferramenta *VSM*. Da sua análise são definidos os aspetos considerados críticos e as possíveis causas raiz. O capítulo é concluído com a agregação das diferentes causas em áreas de ação. O Capítulo 5, dedicado às soluções de melhoria, é dividido nas 3 áreas definidas. O primeiro subcapítulo é dedicado a uma análise aprofundada à operação de *Setup* num dos *bottlenecks*, recorrendo à ferramenta *SID* integrada na metodologia *SMED*. Da análise é proposto um procedimento *standard*. No subcapítulo seguinte são propostas alterações ao *Layout*, em vista a reduzir drasticamente a movimentação de Empilhadores e a introduzir o conceito de fluxo contínuo. As propostas são apoiadas nas ferramentas *5S*, *FIFO Lanes*, *Andon* e na Gestão Visual. O último subcapítulo é dedicado à utilização do *software ERP* interno e da informação nele introduzida para o controlo e monitorização eficaz, bem como, para a otimização do fluxo de informação. É proposto a adoção de *dashboards* digitais a apresentar informação relevante e em tempo real não só aos Chefes de Produção, mas também, aos Operadores nos postos de trabalho.

Finalmente, no Capítulo 6 são resumidos os impactos esperados com as propostas de melhoria e outras conclusões a retirar deste trabalho. O Capítulo 7 é dedicado à identificação de possíveis áreas para trabalho futuro, como uma sequência natural ao trabalho desenvolvido nesta dissertação.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Origem do *Lean Production*

Para compreender o conceito *Lean* ou *Lean Production* é importante conhecer o sistema produtivo que o criou. O termo *Lean Production* foi apresentado por James P. Womack, coautor do livro “*The Machine that Changed the World*”, (Womack, Jones, & Roos, 1990), publicado em 1990. O termo foi utilizado de forma a contrastar o Sistema de Produção da empresa automóvel japonesa Toyota (*Toyota Motor Corporation*), com o termo *Mass Production*, referente ao Sistema de Produção em massa, utilizada e disseminada no Mundo Ocidental (Holweg, 2007).

O sistema de Produção da Toyota (*Toyota Production System*), referido ao longo deste trabalho como TPS, foi a base do estudo efetuado por Womack e os seus colegas Daniel T. Jones e Daniel Roos que possibilitou o desenvolvimento do conceito *Lean* (Holweg, 2007).

No fim da 2ª Guerra Mundial, o mercado pós-guerra do Japão era reduzido e a maior parte da sua indústria estava destruída. Em 1950, Eiji Toyoda, Diretor de Produção da Toyota na altura, foi estudar os métodos de produção Americanos (Holweg, 2007). A indústria automóvel Americana reduziu os seus custos através da Produção em massa de uma baixa variedade de automóveis. Esta estratégia, no entanto, não se adequava ao mercado Japonês, pelo que era necessário conseguir a redução de custos produzindo baixas quantidades de uma elevada variedade de automóveis (Ohno, 1988).

As visitas efetuadas às fábricas dos EUA permitiram a importação de técnicas de Gestão de Produção, como o Controlo de Qualidade, e métodos de Engenharia Industrial (Ohno, 1988). Um dos conceitos mais importantes foi obtido da observação do funcionamento dos supermercados Americanos, em que o reabastecimento das prateleiras de produtos era efetuado quando realmente necessário, ou seja, quando já não tinham produtos (conceito “*Pull*”). A tarefa de melhorar o sistema produtivo da Toyota foi atribuída a Taiichi Ohno, diretor de uma das fábricas, de modo a igualar a produtividade da empresa Americana *Ford Motors Company* (Liker, 2004). Das suas diversas visitas e consequente análise aos Sistemas de Produção Ocidentais, Ohno determinou que estes tinham dois grandes defeitos: primeiro, considerou que a produção em grandes quantidades envolvia grandes quantidades de inventário, consumindo espaço de armazém e dinheiro, e que resultava também num elevado número de produtos com defeitos, a segunda grande falha encontrada foi a incapacidade de resposta à preferência dos clientes relativa a uma maior diversidade de produtos (Holweg, 2007).

O foco principal do TPS é a redução de custos através da eliminação absoluta de desperdício, inconsistência e excesso. Sobre a eliminação total de desperdício, Ohno sublinha dois pontos a reter (Ohno, 1988):

1. O aumento de eficiência apenas faz sentido quando aliado à redução de custos. Para o alcançar, é necessário produzir apenas o necessário utilizando o mínimo de mão-de-obra.
2. Deve-se observar a eficiência de cada Operador em cada linha de Produção. Depois, deve-se observar os Operadores como um grupo, e de seguida a eficiência da totalidade da fábrica (todas as linhas de Produção). A eficiência deve ser melhorada em cada etapa e, ao mesmo tempo, para a fábrica como um todo.

No seu livro (Liker, 2004), Jeffrey Liker definiu 14 princípios da filosofia da Toyota, chamada comumente como *Toyota Way*. Este têm o objetivo de representar a cultura da empresa, permitindo em grande parte o sucesso do TPS. Os 14 princípios estão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Os 14 princípios da *Toyota Way*

Princípios	Descrição
#1	Mesmo que em detrimento de objetivos financeiros de curto prazo, tomar decisões de gestão com uma filosofia a longo prazo
#2	Criar um fluxo contínuo nos processos para tornar os problemas visíveis
#3	Usar sistemas <i>Pull</i> para se evitar a sobreprodução
#4	Nivelar a carga de trabalho (<i>Heijunka</i>)
#5	Criar uma cultura de paragem para a resolução de problemas, para se atingir a qualidade certa na primeira tentativa
#6	Tarefas standard são a base para a melhoria contínua e o empoderamento dos funcionários
#7	Utilizar um controlo visual para que nenhum problema passe despercebido
#8	Apenas usar tecnologia fiável e comprovada que seja útil aos funcionários e aos processos
#9	Criar líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e que a transmitam
#10	Desenvolver pessoas e equipas excecionais que sigam a filosofia da empresa
#11	Respeitar toda a rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar
#12	Para se perceber integralmente as situações, ir e observar no local (<i>Genchi Genbutsu</i>)
#13	Tomar decisões ponderadas e por consenso, considerando todas as opções. Implementá-las rapidamente (<i>Nemawashi</i>)
#14	Tornar a empresa uma organização de aprendizagem através de uma incansável reflexão (<i>Hansei</i>) e uma melhoria contínua (<i>Kaizen</i>)

Estes princípios enquadram-se no modelo **4P's** da Toyota: a Filosofia (**Philosophy**), o Processo (**Process**), as Pessoas e Parceiros (**People and Partners**) e a Resolução de Problemas (**Problem Solving**). Os princípios enunciados podem ser associados ao modelo **4P's** (Kehr & Proctor, 2017), como representado na Figura 2.1.

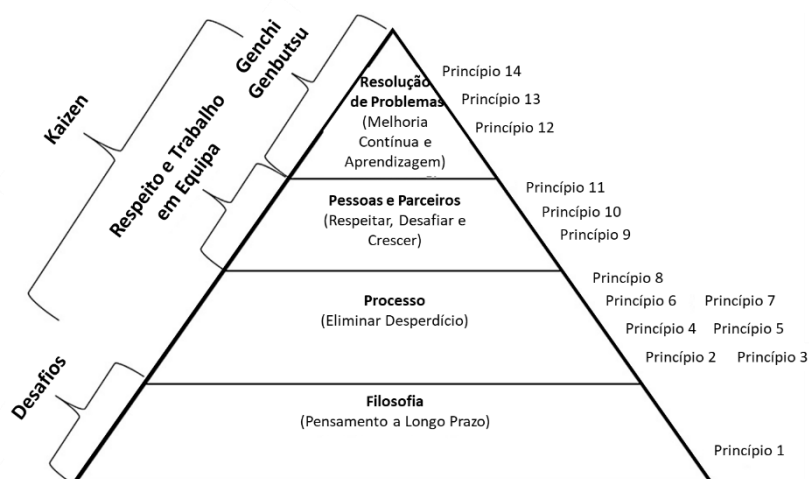


Figura 2.1 – O modelo 4P's da Toyota Way (Kehr & Proctor, 2017, Adaptado)

Segundo Jeffrey Liker (Liker, 2004), a conceptualização do TPS assemelha-se a uma casa, Figura 2.2, servindo para reforçar a dependência de todos os elementos e princípios que constituem o sistema. Uma casa apenas é

robusta quando os seus pilares, o telhado e as suas fundações também o são. Qualquer elemento que seja mais fraco enfraquece todo o sistema.

Os dois pilares do TPS são a Automação e o *Just-in-Time*. Estes conceitos são descritos por Ohno da seguinte forma (Ohno, 1988):

Automação (Automação com o toque humano ou *Jidoka*) – Traduz-se na transferência da inteligência humana para uma máquina. Sakichi Toyoda, fundador da *Toyota Industries Co., Ltd.*, ao criar um dispositivo que detetava anomalias numa máquina e a desligava nesse momento, originou o conceito da Automação dentro da *Toyota Motor Corporation*. Na Toyota, este conceito é aplicado não só às máquinas, como também às linhas de produção e aos Operadores. Significa que, ao surgir uma situação anormal e indesejável, um Operador é requerido para efetuar a paragem da linha. Este conceito previne a produção de produtos defeituosos, elimina a sobreprodução, e automaticamente impede anomalias numa linha de Produção, permitindo que a mesma seja investigada ao tornar os problemas visíveis.

Just-in-Time – Com a possibilidade de adquirir produtos no momento preciso e nas quantidades necessárias, desperdício, irregularidades e irracionalidades podem ser eliminados e a eficiência melhorada. Shigeo Shingo, (Shingo, A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint, 1985), refere ainda que cada processo deve ser abastecido com os produtos corretos na quantidade necessária e apenas quando necessários, de modo a não criar acumulação.

Os elementos de base, ou seja, a sustentação do sistema produtivo da Toyota, incluem: **Standardização**; Processos estáveis e fiáveis; Nivelção do Planeamento de Produção, denominado em japonês de **Heijunka**. Este último é necessário para manter o sistema produtivo estável e com o mínimo inventário.

O telhado da casa TPS é representado pelos objetivos a alcançar na Produção, como o menor **custo**, o menor **lead time** e a melhor **qualidade** nos produtos.

No centro de todo este sistema estão as **pessoas** e parceiros e a redução de **desperdício** que permitem uma **melhoria contínua**.

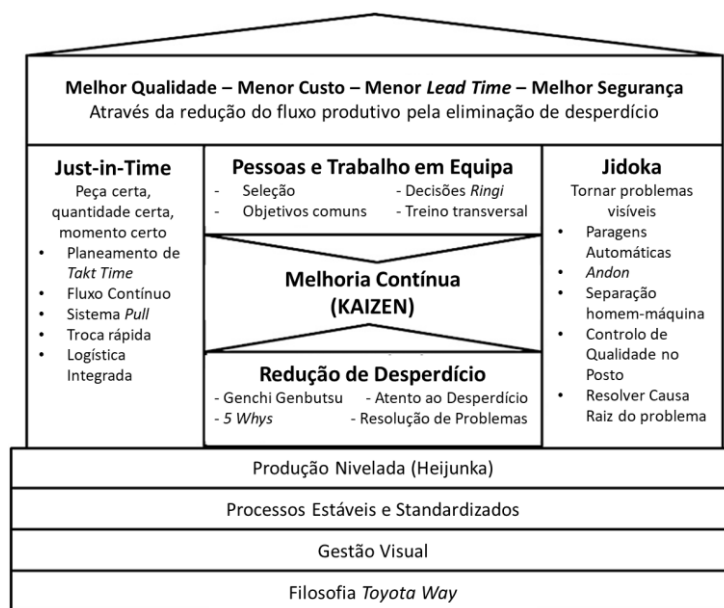


Figura 2.2 - A casa TPS e os seus constituintes (Kehr & Proctor, 2017, Adaptado)

2.2 Princípios Lean

Como referido, o termo *Lean Production* foi utilizado para classificar o TPS como o oposto à *Mass Production* em (Womack, Jones, & Roos, 1990). Desta forma, a filosofia *Lean* pode ser entendida como a importação da *Toyota Way* e os seus princípios para o mundo Ocidental. O livro *The Machine that Changed the World* (Womack, Jones, & Roos, 1990) teve como objetivo, por parte dos autores, consciencializar as empresas presas no sistema de produção em massa para um melhor sistema de produção. No entanto, não explica como fazer a mudança para um sistema de produção *Lean*. De modo a responder a essa lacuna existente, dois dos autores escreveram outro livro em 1996, intitulado *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation* (Womack & Jones, 2003).

A definição do *Lean*, adaptada de (Lean Enterprise Institute) é:

“(...) a maximização do valor atribuído pelo cliente minimizando o desperdício. De forma simples, Lean significa criar mais valor para o cliente com menos recursos.”

O foco do *Lean*, à semelhança do TPS, é a minimização/eliminação do desperdício. A filosofia *Lean* assenta em 5 princípios fundamentais (Womack & Jones, 2003): **Valor; Cadeia de Valor; Fluxo; Pull; Perfeição.**

2.2.1 Valor

A primeira etapa crucial na transformação de qualquer organização para uma cultura *Lean* é a especificação de valor dos produtos. Este apenas pode ser definido pelo consumidor final e relativamente a um produto específico que vá ao encontro das suas necessidades, por um preço específico num momento específico. O pensamento *Lean* deve, por isso, começar com a definição precisa de valor através do diálogo com o consumidor final de um certo produto, de modo a definir quais as características a que o cliente atribui valor. No glossário publicado pela *Lean Enterprise Institute* (Lean Enterprise Institute, 2008) a definição de valor é:

“O valor (worth) inerente a um produto é definido pelo cliente e refletido no seu preço de venda e procura no mercado”

2.2.2 Cadeia de Valor

A cadeia de valor é o conjunto e sequência de todas as ações pelas quais um produto específico é sujeito até ser entregue ao consumidor final. Como definido por Womack (Womack & Jones, 2003), a cadeia de valor não envolve apenas as ações de transformação física do produto, mas também as ações de gestão de informação (receção de ordem, planeamento,...) e as ações de resolução de problemas (design de produto, lançamento de Produção,...), alinhadas com os 14 princípios enunciados da *Toyota Way*. A identificação de toda a cadeia de valor para cada produto (ou família de produtos) é a etapa que sucede a definição de valor.

As atividades realizadas podem ser classificadas em três categorias:

- **Atividade de Valor Acrescentado** – É uma atividade que permite que o produto se torne mais completo e com mais valor para o cliente. O produto é transformado para um estado mais próximo do final;
- **Atividade Sem Valor Acrescentado** – É uma atividade que não contribui para que o produto se aproxime do seu estado final e que o cliente não lhe atribui qualquer valor;

- **Atividade Sem Valor Acrescentado mas Necessária** – Esta atividade apesar de não atribuir valor ao produto, ou seja, de não o transformarem para um estado próximo do final, é necessária. São atividades necessárias, mas que o cliente não tem qualquer interesse como são realizadas.

O consumidor final apenas está disposto a pagar pelas ações realizadas que se inserem na primeira categoria apresentada, ou seja, apenas estas atividades geram receita à empresa. As atividades sem valor acrescentado, sejam estas necessárias ou não, geram custo à empresa e são consideradas como desperdício (Carreira, 2004). Para a sua eliminação/redução, interessa que todas as pessoas que integram a empresa sejam capazes de o identificar.

Para tal foram categorizados 7 tipos de desperdício, importados diretamente da divisão do desperdício, ou **MUDA** em japonês, efetuada por Taiichi Ohno (Ohno, 1988) e parte central do próprio TPS:

1. **Transporte (*Transport*)**: Envolve todo o movimento de produtos de uma localização para outra, seja entre processos ou de um processo para uma zona de inventário. Este desperdício é bastante comum em fábricas que operam num sistema de lotes de produção.
2. **Inventário (*Inventory*)**: Referente concretamente ao excesso de inventário. Tipicamente resulta de outra categoria de desperdício, a de Sobreprodução descrita no ponto 5. O inventário necessita de área no chão de fábrica (no *Gemba*), impedindo o uso desse espaço para algo que possa atribuir valor ao produto. Existe ainda o risco subjacente de ter produto em processamento, como *Work in Process* ou *WIP*, que pode ser danificado nestas zonas.
3. **Movimento (*Movement*)**: Esta categoria refere-se a toda a movimentação desnecessária de pessoas, durante os processos nos postos ou fora dos mesmos. A má definição do *layout* dos postos na fábrica é comumente uma causa deste tipo de desperdício.
4. **Esperas (*Waiting*)**: As esperas podem resultar de diversas situações separadas: o abastecimento de matéria-prima no posto; informação relativa à ordem seguinte de produção ou a própria limitação no tempo de ciclo de uma máquina são exemplos frequentes que dão origem a tempo perdido em espera.
5. **Sobreprodução (*Overproduction*)**: Quando se produz mais do que é necessário produzir. Esta situação pode resultar de métricas convencionais utilizadas para classificar o desempenho do setor de produção ou de uma má previsão de vendas. A própria filosofia de que “as máquinas têm de estar sempre a produzir” pode resultar nesta categoria de desperdício.
6. **Sobreprocessamento (*Overprocessing*)**: Todas as etapas extra ou repetidas realizadas num processo encontram-se inseridas nesta categoria. A produção de defeitos (outra categoria de desperdício, definida no ponto 7) ou o excesso de momentos de controlo de qualidade ou limpeza são exemplos comuns que dão origem a estes desperdícios.
7. **Defeitos (*Defects*)**: A produção de produtos com defeitos, quer sejam rejeitados apenas nos processos produtivos iniciais ou já pelo consumidor final, resultam no Sobreprocessamento e em custos adicionais à empresa.

Para fácil memorização pode ser criado um acrónimo baseado nos nomes dos desperdícios em Inglês, e fazendo a questão: “Onde está **TIM WOOD?**”.

Na bibliografia *Lean* existente, relativa às categorias de desperdício, surge uma tentativa de estabelecimento de uma oitava categoria de desperdício. Em (Suzaki, 1987), (Jones & Womack, 2003) e (Liker, 2004) é sempre definida em torno de uma subutilização dos colaboradores da empresa, seja do seu talento ou da sua criatividade. Liker (Liker, 2004) refere que ao não se interagir e ouvir os colaboradores perde-se tempo, ideias, melhorias e oportunidades de aprendizagem.

No entanto, Kidwell (Kidwell, 2006), identifica o oitavo desperdício como o desperdício ambiental. Este envolve as atividades sem valor acrescentado (geradoras de custo) como o consumo de água e de energia nos processos e ainda os desperdícios subjacentes à utilização de materiais perigosos e os seus resíduos.

Em (Gibbons, Kennedy, Burgess, & Godfrey, 2012) é introduzida uma definição para o oitavo desperdício totalmente diferente das anteriores. Este é classificado como a Polarização dos Recursos. Definido como a oportunidade perdida na atribuição de recursos, ao fazê-lo exclusivamente para uma atividade funcional num único produto ou processo, sem permitir que este seja utilizado para outros em que também seria benéfico. Considera-se que a subutilização dos colaboradores, que serão certamente o recurso mais importante numa empresa, se pode inserir na definição da oitava categoria de desperdício de (Gibbons, Kennedy, Burgess, & Godfrey, 2012). A **Polarização dos Recursos** será referida como o oitavo desperdício a identificar numa implementação *Lean*.

2.2.3 Fluxo

Em (Womack & Jones, 2003) são apresentados os três passos necessários tomar em simultâneo, para que se possa agir sobre o fluxo físico dos produtos ou família de produtos que estão em análise.

O **primeiro** passo, após se ter definido onde se encontra o valor do produto e se conhecer a sua cadeia de valor, deve ser o foco no produto em si e no seu percurso físico. Deve ser observado em detalhe desde o momento em que se inicia a sua produção até estar finalizado e ser entregue no cliente. Para que o primeiro passo seja possível, o **segundo** deve ser ignorar quaisquer barreiras e limites convencionais para que o fluxo seja contínuo na sua análise. O **terceiro** passo envolve as soluções que devem ser implementadas segundo uma filosofia *Nemawashi*, com a aplicação de ferramentas *Lean* ou apenas com uma simples alteração de certos aspetos, para que o fluxo possa ser considerado um fluxo contínuo sem interrupções, e em linha com um segundo princípio na *Toyota Way*. Estas soluções podem ser uma reestruturação do *layout*, a eliminação de certas etapas sem valor acrescentado ou até mesmo uma alteração mais profunda relativa ao processo produtivo em si.

2.2.4 Pull

O conceito *pull*, ou seja, a produção puxada, em (Womack & Jones, 2003), significa que qualquer processo a montante não deve ser iniciado a não ser que o cliente a jusante o requeira, sendo dos principais facilitadores para o conceito *JIT*. A transição de um sistema de produção empurrada, *push System*, para um de produção puxada é um processo difícil. Como referido em (Womack & Jones, 2003) até numa empresa já completamente *Lean* como a *Toyota*, a transição foi um processo que durou diversos anos. Para a implementação de um sistema *Pull* podem ser utilizadas diversas ferramentas, sendo a mais difundida o uso de sistema *Kanban*, seguindo a mesma lógica dos supermercados no reabastecimento das suas prateleiras, em

(Holweg, 2007). Outra ferramenta, diferente do sistema *Kanban*, apresentada por Rother, em (Rother & Shook, 1999), chamada “*FIFO Lane*” é descrita no subcapítulo dedicado às ferramentas *Lean*. Esta última é mais indicada em situações em que se tem uma grande variedade de elementos produzidos em que a implementação do sistema *Kanban* se torna muito complexa.

2.2.5 Perfeição

Os 4 princípios enunciados focam-se em incutir uma capacidade de visão no indivíduo, seja em visualizar toda a cadeia de valor ou o valor a ser puxado pelo cliente, num Sistema de Produção *Pull*.

Este quinto princípio baseia-se também na visualização, mas de algo mais abstrato, a perfeição. Desta forma definem-se objetivos claros e ambiciosos (mas possíveis), atuando como etapas para atingir, numa filosofia de longo prazo, a visão impossível da perfeição. O esforço para atingir o estado perfeito na Produção, a inexistência absoluta de desperdícios, será o que permite o desenvolvimento de soluções e a melhoria contínua de uma empresa (Womack & Jones, 2003).

2.3 Ferramentas LEAN

Dentro da filosofia *Lean* existem diversas ferramentas disponíveis para que se atinja o resultado pretendido com a adoção da mesma, a redução de custos através da eliminação de desperdício. Grande parte das ferramentas foram adotadas do *TPS*, aprimoradas à medida que quem as desenvolveu se deparava com dificuldades na sua implementação.

Todas necessitam que os colaboradores estejam a par e empenhados no sucesso das mesmas, pelo que os *Kaizen Events* são de extrema importância numa empresa *Lean*, ou no processo de transição. Estes eventos não são mais que pequenas reuniões, com um número reduzido de elementos mas de diferentes departamentos, em que é promovida a discussão entre todos para que se chegue ao resultado estabelecido para o *Kaizen Event*.

De seguida, serão apresentadas e descritas as ferramentas *Lean* utilizadas ao longo da dissertação. É importante reter que o *Lean Production* não deve ser considerado como um conjunto de ferramentas independentes, mas sim como uma filosofia que usando as suas ferramentas em conjunto, em sinergia, permite atingir os resultados esperados.

2.3.1 Gestão Visual

A Gestão Visual, ou *Visual Management*, é utilizada abundantemente nos sistemas *Lean* dado que contém todos os tipos de ferramentas e métodos que podem ser usados na visualização da informação e na apresentação de orientações e requisitos (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016).

Como referido em (Koskela, Tezel, & Tzortzopoulos, 2018) a Gestão Visual apresenta uma superioridade na rapidez de retenção do conteúdo de uma mensagem quando comparada com a transmissão da mesma de forma escrita ou oral. A Gestão Visual deve ser então considerada como uma técnica de disponibilização da informação de forma intuitiva, substituindo a apresentação da informação em texto, por vezes excessivamente longos (Jorge & Peças, 2018).

Também a probabilidade de falhas na compreensão da mensagem é reduzida com uma Gestão Visual, já que as imagens e/ou símbolos serão conhecidos no local onde esta ferramenta é utilizada.

Em (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016) determina-se que a Gestão Visual pode ser utilizada com dois propósitos diferentes:

1. Como ferramenta **Informativa**, em que é apenas utilizada para a visualização da informação.
2. Como ferramenta **Diretiva**, em que, adicionalmente ao primeiro propósito, é utilizada na apresentação de metas ou ações guia.

Diversas ferramentas utilizam a Gestão Visual com o segundo propósito enunciado. Três ferramentas importantes são os **Procedimentos Standard**, **FIFO Lane** e os **Sistemas Andon**, em que esta última se considera uma componente muito forte na gestão de desempenho ao se apresentarem indicadores importantes.

A **Standardização** é considerada uma das ferramentas *Lean* mais poderosas mas das menos adotadas pelas empresas (Larteb, Benhadou, Haddout, & Nahla, 2016), (Liker, 2004). Ohno, em (Ohno, 1988), refere que os procedimentos standard altamente visuais, parte do sistema de Gestão Visual da *Toyota*, devem permitir também que os Supervisores entendam o procedimento e, assim, poderem verificar se os Operadores os cumprem.

Um Procedimento *Standard* deve apresentar as seguintes características (Míkva, Prajová, Yakimovich, Korshunov, & Tyurin, 2016):

- Apenas conter as instruções necessárias para o processo do Operador;
- As instruções devem ser simples e visuais para a sua imediata e fácil compreensão;
- Deve permitir uma atualização rápida nos parâmetros dos processos;
- Deve ser claro de modo a assegurar que todos os Operadores sabem todas as atividades relevantes ao processo;
- Deve ter a capacidade de monitorização da implementação dos *standards* e o seu impacto nos parâmetros do processo.

Ohno descreve que o documento de Procedimento Standard deve conter 3 elementos claramente identificados (Ohno, 1988):

1. **Tempo de Ciclo** – O tempo necessário à produção de uma peça. No caso do procedimento não ser relativo a uma operação produtiva de peças, mas por exemplo, ser relativo a uma operação de *Setup*, deve ser mencionado o tempo esperado para a sua duração total.
2. **Sequência de Trabalho** – A ordem das operações nas quais o Operador as deve realizar.
3. **Inventário Standard** – É referente ao *Work-in-Process (WIP)* mínimo dentro do processo para que as operações possam ser realizadas. Inclui os elementos inseridos na máquina.

O conceito **FIFO Lane**, é uma das ferramentas que pode ser utilizada para se atingir um sistema de Produção *Pull*, tal como o sistema **Kanban**. Para um conhecimento deste último sistema é recomendada a leitura de, (Ohno, 1988), (Shingo, A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint, 1985) e (Rother & Shook, 1999). Uma das principais limitações do sistema *Kanban*, como referido em (Im & Schonberger, 1988), é que o ambiente ideal para a implementação do sistema, é existir um planeamento de produção nivelado e regularizado para que a sua implementação não seja demasiado complexa. Um padrão

produtivo volátil impede essa situação, ou seja, o sistema *Kanban* é mais indicado para uma produção mais repetitiva.

Como substituto, Rother propõe a implementação de zonas **FIFO** (“*First In, First Out*”) entre processos desacoplados, criando uma ligação e um fluxo entre eles (Rother & Shook, 1999). Estas zonas têm, naturalmente, uma área limitada pelo que acumularão um nível de inventário também limitado. Quando a **FIFO Lane** atinge o seu limite, o processo que a abastece deve parar de produzir até existir mais espaço. Estas zonas devem estar claramente identificadas no chão de fábrica e, à medida que a empresa avança na sua transição para uma filosofia *JIT* a área ocupada por estas zonas deve ser reduzida.

A última ferramenta, que se apoia fortemente na *Gestão Visual*, é o sistema **Andon** (ou sinal luminoso em português). Esta é uma das principais ferramentas que permitiram o desenvolvimento do conceito da Autonomia no *TPS*.

Na sua forma mais simples é utilizado apenas para a sinalização de alguma necessidade que exista algures no chão de fábrica através, como o seu significado indica, de uma luz que se acende quando pressionado um interruptor. Com o desenvolvimento tecnológico e a digitalização da informação é possível uma implementação de **Quadros de Gestão Visual (dashboards)** aplicados à monitorização em tempo real do chão de fábrica, elevando o conceito *Andon*. Segundo (Subramaniam, Husin, Singh, & Hamidon, 2009), os sistemas de monitorização da produção em tempo real ajudam o Departamento de Gestão na recolha e distribuição de informação a todos os elementos no chão de fábrica, à medida que os eventos acontecem. Estes quadros devem ser personalizáveis e facilmente adaptáveis, para que sejam realmente úteis quando introduzidos em cada posto de trabalho (Parry & Turner, 2006). Para que sejam eficazes, ou seja, informar e alertar de problemas e anomalias que surjam, os seguintes pontos devem ser considerados (Janes, Sillitti, & Succi, 2013):

- O utilizador deve conseguir ver o *dashboard* sem qualquer esforço, ou seja, estes quadros devem estar à vista de todos;
- O utilizador não deve precisar de interagir com o *dashboard* para perceber os dados apresentados;
- Os dados devem ser apresentados de forma a minimizar o tempo necessário na consulta dos mesmos;
- Orientar a atenção do utilizador para a informação importante;
- Os *dashboards* devem ser apelativos visualmente.

A principal vantagem na adoção da *Gestão Visual*, seja nas ferramentas já descritas ou nas a apresentar posteriormente (como o *VSM* e os *5S*), encontra-se na otimização do fluxo de informação. Em (Koskela, Tezel, & Tzortzopoulos, 2018), o tempo despendido na comunicação e nas tomadas de decisão são definidas com um desperdício à Produção e ao adotar a *Gestão Visual*, o fluxo de informação pode ser simplificado e torná-la pronta a utilizar como defendido por (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016). Acrescentam ainda que a maior parte das iniciativas de *Gestão Visual* implementadas por empresas, falharam em fornecer o seu máximo benefício ao terem sido desenvolvidas como iniciativas independentes.

Para que se atinja o máximo potencial desta ferramenta, a mesma tem de fazer parte de um plano global da empresa, incorporando, por exemplo, uma gestão e monitorização de desempenho dos Colaboradores aliadas a programas de melhoria contínua.

2.3.2 VSM – Value Stream Mapping

A ferramenta *Value Stream Mapping* que em português significa Mapeamento da Cadeia de Valor, é considerada a ferramenta essencial para uma implementação *Lean* bem sucedida. É com esta ferramenta que se cumpre o segundo princípio *Lean* enunciado anteriormente, em que se identificam e localizam as diferentes categorias de desperdício e as etapas em que se acrescenta valor. Esta ferramenta baseia-se numa representação visual da cadeia de valor, pelo que se pode considerar uma ferramenta de Gestão Visual Informativa, definida em (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016).

No livro “*Learning to see: value-stream mapping to add value and eliminate MUDA*”, em (Rother & Shook, 1999), é apresentada uma metodologia para o mapeamento da cadeia de valor, após se ter sentido que existia essa lacuna no livro “*Lean Thinking*” de James Womack.

A cadeia de valor é o conjunto de todas as atividades realizadas desde o momento em que o cliente efetua o pedido até que os produtos lhe são entregues. Ao efetuar o seu mapeamento, a cadeia de valor é esquematizada, sob uma simbologia comum, facilitando a identificação das fontes de desperdício em todos os momentos da Produção. Com a visão do todo, evita-se que ferramentas *Lean* sejam implementadas isoladamente sem um objetivo global.

Em (Rother & Shook, 1999), é realçado ainda que o fluxo de Produção é composto pelo fluxo de Informação e pelo fluxo de Materiais, e que o *VSM* é a única ferramenta onde essa ligação é estabelecida. A metodologia da implementação desta ferramenta pode ser separada em 3 etapas:

1. Definir uma **família de produtos**, os quais devem ser sujeitos a etapas e postos de trabalho semelhantes. Esta etapa tem como objetivo evitar que o *VSM* seja demasiado complexo e disperso, o que o tornaria de difícil análise e, portanto, obsoleto.
2. Desenhar toda a sequência produtiva à medida que se caminha pelo chão de fábrica, registando todas as informações que se considerem essenciais. É importante ter em mente qual o estado desejado para o fluxo produtivo, pelo que, para além do esboço do **VSM do estado atual**, se deve considerar o *VSM* do estado futuro, o que irá permitir a recolha de informações que pudessem ser esquecidas.
3. Após a construção do *VSM* do estado atual, segundo a simbologia correta, devem ser identificados os desperdícios existentes e suas causas, para que se estabeleçam soluções de melhoria. Deve ser criado um **plano de ação e implementação** para o efeito.

Na Figura 2.3 é apresentada parte da simbologia utilizada na construção do *VSM*, estabelecendo uma linguagem comum de forma que exista uma homogeneidade na simbologia. Assim, permite-se que qualquer elemento familiarizado com a ferramenta seja capaz de compreender toda a cadeia de valor apresentada.

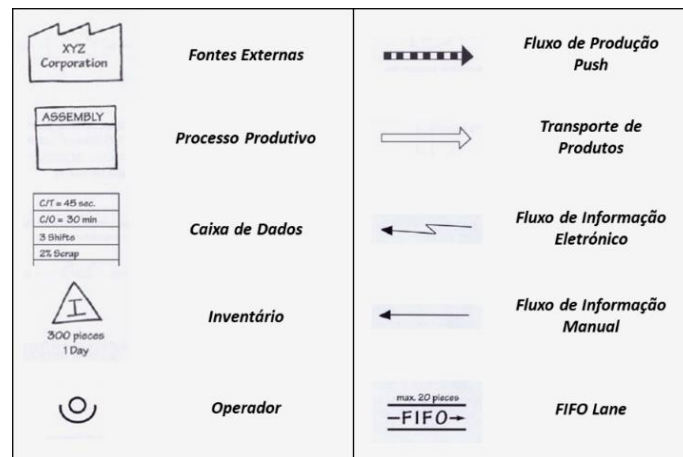


Figura 2.3 - Simbologia usada no VSM (Rother & Shook, 1999, Adaptado)

Esta ferramenta baseou-se na ferramenta *MIFC* (“*Material and Information Flow Chart*”) da *Toyota*, pelo que se pode considerar como a versão Ocidental desta última. Em (Chavez, Mokudai, & Uyama, 2018) é feita uma comparação das duas de modo a compreender em que é que divergem. Considera-se que a principal diferença encontrada foi que, na *MIFC*, não é necessária a definição de um estado futuro, dado que é um processo progressivo conseguido por pequenas e graduais melhorias determinadas pelos Operadores. As melhorias surgem quando existe uma compreensão completa do estado atual da cadeia de valor, já que se torna natural que os Operadores tomem as decisões corretas para atingir os objetivos pretendidos ao saberem onde se encontra o valor do seu trabalho.

2.3.3 Metodologia 5S

A metodologia 5S é das mais implementadas pelas empresas (Abu, Gholami, Saman, Zakuan, & Streimikiene, 2019), no momento de transição para a filosofia *Lean*. É diretamente importada do *TPS* tendo sofrido poucas ou nenhuma alteração. O especialista japonês na implementação *JIT*, no seu livro “*5 Pillars of the Visual Workplace*”, (Hirano, 1995), apresenta a metodologia 5S como a fundação necessária para uma correta implementação do pensamento *TPS*, e por sua vez, da filosofia *Lean*. Os 5S representam as iniciais das 5 palavras japonesas, traduzidas em inglês, e que estabelecem os 5 fundamentos da metodologia. A descrição de cada um, em (Hirano, 1995), é a seguinte:

1. **Seiri (ou Sort)** – Referente à organização como um todo. Não deve ser entendido como apenas alinhar ferramentas ou colocá-las com uma disposição agradável à vista. Deve ser feita uma clara distinção entre o que é necessário e que deve ser mantido e o que não o é e que deve ser removido. É sugerido pelo autor do livro que em caso de dúvida na distinção deve ser considerado desnecessário.
2. **Seiton (ou Set)** – Considerado como a atividade que sucede naturalmente o primeiro “S”. Após se manter apenas o que é necessário, os elementos devem ser dispostos de forma que qualquer pessoa os encontre e use facilmente.
3. **Seiso (ou Shine)** – Referente à limpeza. A limpeza deve ser regular e integrada como atividade de manutenção diária. Permite que haja uma deteção de anomalias no posto de trabalho, e desta forma, garantindo a qualidade dos produtos.

4. **Seiketsu (ou Standardize)** – Separa-se dos primeiros três “S” no sentido em que se refere a um estado, em vez de ações. Deve ser considerado como forma de garantir que **Seiri, Seiton e Seiso** são mantidos, segundo um padrão estabelecido.
5. **Shitsuke (ou Sustain)** – Sem este fundamento todos os esforços na implementação serão em vão. É necessário uma disciplina, para que as condições criadas sejam mantidas. A disciplina apenas é conseguida quando ensinada através do exemplo, ou seja, é da responsabilidade do Chefe e dos elementos de Gestão esta transmissão.

Hirano refere que esta metodologia não deve ser aplicada apenas aos postos de trabalho individualmente, mas também à fábrica como um todo. Em (Ghodrati & Zulkifli, 2012) são estabelecidas três barreiras importantes na implementação dos 5S: falhas de comunicação, resistência à mudança e a separação entre os elementos dos diferentes níveis da organização. O aspeto chave para o sucesso da metodologia apresentada é o desenvolvimento de programas de treino regulares, aplicado a todos os membros da organização.

2.3.4 SMED

Com o aumento da necessidade de personalização dos produtos, as fábricas foram forçadas a reduzir os seus lotes de Produção e aumentar a variedade de produtos. Como referido em (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007), a capacidade de resposta na transição de Ordens de Produção é o foco da Produção moderna, ao se adotar o modelo de “Individualização em Massa”.

A adoção deste modelo induz um elevado número de *Setups* diários e, para que a Produção não seja prejudicada grandemente, é necessário implementar uma metodologia que reduza o tempo consumido nessa atividade. O método adotado na filosofia *Lean*, visto como a técnica chave para o cumprimento do seu 3º Princípio (Womack & Jones, 2003) e como uma ferramenta eficaz na redução do tempo consumido numa atividade sem valor acrescentado mas necessária (Womack, Jones, & Roos, 1990), foi desenvolvido por Shigeo Shingo. A metodologia *SMED* (“*Single Minute Exchange of Dies*”) teve origem com a tarefa atribuída a Shingo, na fábrica da empresa *Mazda*, de eliminar os *bottlenecks* na sua Produção (Shingo, 1985). Da análise, verificou que a sua causa se encontrava no tempo consumido pelos *Setups*. Ao longo da passagem por diversas fábricas de diferentes empresas, incluindo a *Toyota*, aprimorou a metodologia e em 1985 apresentou-a ao mundo Ocidental, com a publicação do livro “*A Revolution in Manufacturing: The SMED System*”. O objetivo último é a redução temporal de qualquer atividade de *Setup*, de modo a que, como o nome indica, a sua duração seja de apenas um dígito (*Single Minute*).

Segundo (Shingo, 1985), são definidas 3 fases conceptuais na sua implementação, precedidas de uma fase preliminar:

- **Fase 0** – Fase preliminar em que se observam os *Setups*, filmando e cronometrando a duração das suas diferentes etapas ou operações;
- **Fase 1** – Considerada a fase mais importante na implementação em que se faz uma distinção das atividades Externas e Internas. Para a classificação das mesmas, em (Peças, Morgado, Jorge, & Henriques, 2012) é proposta uma metodologia para o efeito. As atividades externas são as que são possíveis de realizar com a máquina em funcionamento, como a preparação das ferramentas. Ao

conseguir-se que as atividades consideradas Externas, sejam realizadas com a máquina ainda em funcionamento, estima-se que haja uma redução do tempo de *Setup* entre os 30% e os 50%, sem qualquer custo financeiro. É recomendada a criação de *checklists* dos passos necessários à operação, definindo se devem ser realizados internamente ou externamente, para reduzir a probabilidade de esquecimentos e erros consumidores de tempo;

- **Fase 2** – Após a separação das atividades, e para atingir o objetivo do *SMED*, é necessário converter as atividades internas em externas. Esta fase envolve a adoção de uma perspectiva renovada ao efetuar uma reavaliação destas atividades. Deve-se questionar se são realmente internas e de que maneira podem ser convertidas para atividades externas;
- **Fase 3** – Esta última fase abrange os dois tipos de atividades, em que se deve analisar cada etapa individualmente e tentar reduzir a sua duração ao máximo, de forma “radical”. Nas atividades externas, uma renovação ao armazenamento e transporte de ferramentas, através da metodologia 5S terá um impacto positivo (Pellegrini, Shetty, & Manzione, 2012). Relativamente às atividades internas, a melhoria pretendida pode ser alcançada ao tornar operações paralelas ou ao eliminar ajustes desnecessários.

Na Figura 2.4 é apresentada a esquematização das fases descritas, com as diversas técnicas sugeridas em (Shingo, 1985) para o sucesso de cada uma.

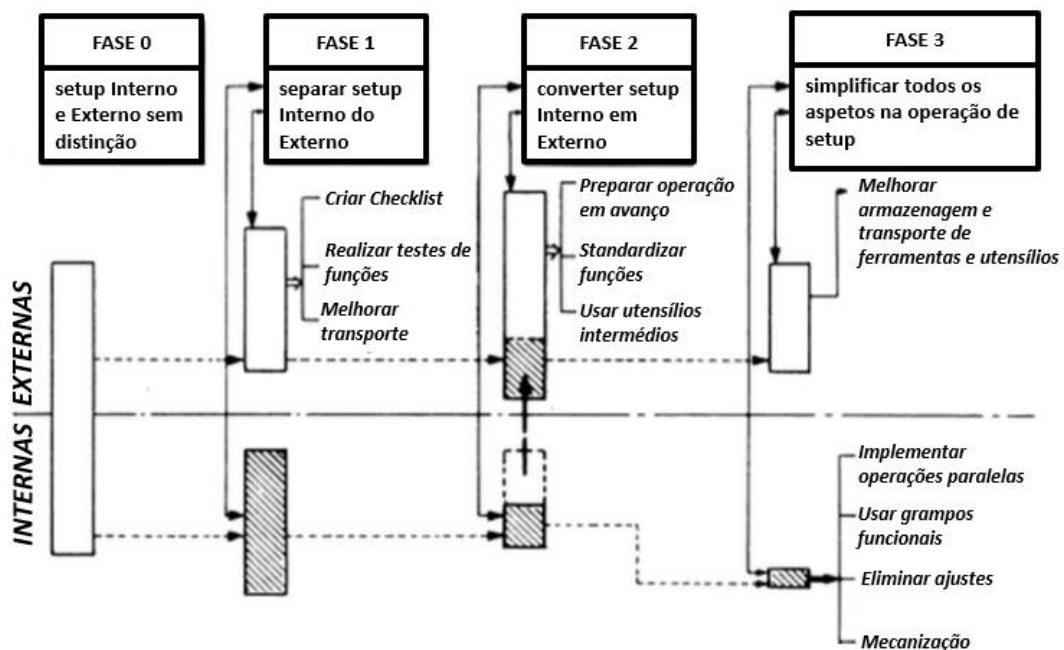


Figura 2.4 - As diferentes fases da metodologia *SMED* (Pellegrini, Shetty, & Manzione, 2012, Adaptado)

Em (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2000) é considerado pelos autores que com uma adoção da metodologia *SMED* sob a forma de uma sequência inflexível retira a liberdade, a quem a implementa, de desenvolver outras opções de melhoria importantes. Concluem que é dado pouco ênfase a medidas que envolvam uma alteração de design. Estas medidas que alteram profundamente a natureza das tarefas,

reduzindo a sua duração ou até eliminando por completo as mesmas, são consideradas de grande importância. Seria útil estas serem incluídas numa fase mais inicial da implementação, em vez de na última fase, como estabelecido em (Shingo, 1985).

É proposto em (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007) uma reestruturação da metodologia. A nova metodologia, esquematizada na Figura 2.5, é composta por apenas uma fase de implementação que sucede a fase preliminar de observação dos *Setups*.

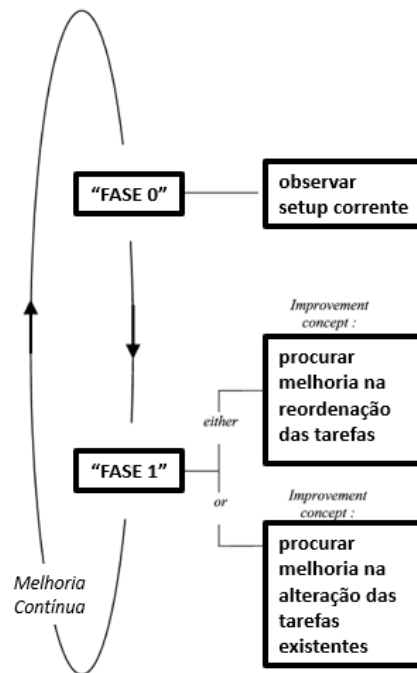


Figura 2.5 - Nova metodologia de SMED proposta (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007, Adaptado)

Os autores propõem que as 3 fases definidas em (Shingo, 1985) sejam implementadas paralelamente. A junção das fases permite uma maior flexibilidade na implementação das diferentes técnicas apresentadas por Shingo. No entanto, os autores em (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007) reconhecem que nesta reinterpretação a metodologia torna-se mais complexa, dada a simultaneidade proposta das diferentes tarefas.

2.4 LEAN na indústria do mobiliário

A produção de mobília é das indústrias mais antigas, mas foi no século XIV que esta teve um crescimento real na sua procura. Ao longo dos tempos sofreu diversas transformações, consoante os desafios e necessidades da altura e o desenvolvimento de diferentes técnicas de Produção (Hayward, 2001). A indústria do mobiliário atualmente, na sua maioria, aplica um sistema de produção empurrada e com o incremento da necessidade de diversificação dos produtos, os níveis de *stock* e de *WIP* também aumentam.

Considera-se que a implementação da filosofia *Lean* seria extremamente benéfica na indústria, mas na pesquisa de bibliografia científica, de modelos e técnicas específicas para este setor, os resultados foram escassos. Em (Heno, Sarache, & Gómez, 2018), os autores indicam que dos 679 artigos *Lean* revistos, apenas 3% se focam na indústria do mobiliário. Adicionalmente, em (Sabri & Shayan, 2004) é referido que na maioria da bibliografia científica de implementação *Lean*, até à data da publicação do artigo referido, são discutidos

casos com poucas famílias de produtos e com elevado volume de Produção. É enunciado que a aplicabilidade das recomendações nestes casos não são facilmente aplicáveis quando existe uma produção de milhares de elementos em lotes reduzidos, como é o caso da Indústria do Mobiliário. No entanto, o autor reconhece os benefícios da filosofia *Lean* e propõe uma metodologia para a sua implementação, focada na redução do transporte e movimento de material, considerado como o aspeto crítico na Produção.

Em (Abu, Gholami, Saman, Zakuan, & Streimikiene, 2019) é feita uma revisão da bibliografia existente para definir quais os motivos, barreiras e desafios na adoção do *Lean Production*, tentando posteriormente estabelecer quais são relacionáveis com a Indústria do Mobiliário. Na Tabela 2.2 são apresentados os aspetos principais da pesquisa bibliográfica efetuada.

Tabela 2.2 - Motivos, Barreiras e Desafios na implementação *Lean*

Motivos	Barreiras	Desafios
Melhorar Qualidade	Resistência à mudança dos diferentes níveis organizacionais	Falta de empenho e apoio da Gestão
Facilitar <i>JIT</i> (reduzir tempos de ciclo e <i>lead time</i>)	Falta de conhecimento teórico-prático para implementação	Falta de resultados tangíveis
Reduzir custos de Produção	Falta de capital para investimento	Retorno aos hábitos produtivos anteriores
Melhorar fluxo de informação	Não se adequa à cultura da empresa	Falta de treino/formação
	Sem perceção dos seus benefícios	Alta variabilidade dos processos

Da tabela, observa-se que as barreiras à implementação da filosofia *Lean* apresentadas, apesar de aplicáveis, não são únicas à indústria do mobiliário, e que se baseiam sobretudo, numa falta de conhecimento real da filosofia. Em (Liker, 2004), o autor refere que a maior parte das empresas não obtêm os resultados esperados com a implementação da filosofia *Lean* por não terem um sistema de controlo fiável na monitorização e supervisão do chão de fábrica. O principal desafio para a sua implementação que pode ser considerado como característico na indústria é a alta variabilidade, já documentada como uma limitação do próprio *TPS* em (Cusumano, 1994), dos processos produtivos e dos produtos. A Indústria do Mobiliário caracteriza-se por ter uma produção em lotes pequenos com uma baixa repetibilidade. Em (Hines, Holweg, & Rich, 2004) é reconhecido que o *Lean Production*, quando aplicado a setores sem um ambiente repetitivo e de alto volume de produção, é limitado na resposta à variabilidade, volatilidade e variedade dos seus sistemas produtivos. No entanto, os autores referem que a integração de outras metodologias ou ferramentas que combatam estes aspetos, e que não prejudiquem o principal objetivo da filosofia *Lean*, é recomendada.

A adoção do pensamento *Lean* na Indústria do Mobiliário, apesar de pouco documentada, considera-se de elevada importância. Com o desenvolvimento da tecnologia, integrada nas ferramentas *Lean* já existentes, os ganhos possíveis são de extrema relevância para uma empresa neste setor que se queira manter competitiva. A emergência da chamada Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, visa atribuir uma maior flexibilidade à Produção (Wang, He, & Xu, 2017), da qual a Indústria do Mobiliário pode beneficiar grandemente.

2.5 LEAN e a Indústria 4.0

Com o aumento da digitalização, a capacidade de manufatura personalizada de produtos é a chave para o sucesso das empresas atualmente. As expectativas elevadas dos clientes levou a um aumento da diversidade dos produtos e, conseqüentemente, da complexidade no ambiente produtivo (Mayr, et al., 2018). Em 2011, surge publicamente a expressão “Indústria 4.0” aliada a uma iniciativa apoiada pelo governo Alemão, tendo como objetivo reforçar a competitividade da Indústria de Transformação Alemã (Hermann, Penteck, & Otto, 2015). A nova tendência proveniente deste conceito, referida como a 4ª Revolução Industrial em (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013), visa transformar a Indústria de Transformação numa indústria inteligente melhorando a sua flexibilidade produtiva (Wang, He, & Xu, 2017). Em (Mayr, et al., 2018) é referido que a Indústria 4.0 tem como objetivo o aumento de transparência através da ligação digital de cada elemento envolvido na Produção. Os autores em (Hermann, Penteck, & Otto, 2015) identificam, fora do contexto Alemão, ideias semelhantes à Indústria 4.0 sob designações diferentes, como “Internet Industrial”, “Indústria Integrada”, “Indústria Inteligente” ou “Produção Inteligente”.

Em (Hermann, Penteck, & Otto, 2015) são identificados os elementos chave para a Indústria 4.0:

- **Sistemas Ciber-Físicos** (*Cyber-Physical Systems* ou **CPS**): Sistemas em que há uma integração de processos computacionais em processos físicos. A incorporação de computadores e dispositivos nos postos de trabalho e máquinas, monitorizam os processos físicos e ainda, segundo (Mayr, et al., 2018), podem organizar o processo de criação de valor autonomamente.
- **Internet das Coisas** (*Internet of Things* ou **IoT**) e **Internet dos Serviços** (*Internet of Services* ou **IoS**): A criação de um rede entre todos os aparelhos e que permite a interação entre estes dispositivos inteligentes para atingir um objetivo comum e global. Em (Mayr, et al., 2018) e (Wang, He, & Xu, 2017) este elemento combinado com os **CPS**, é considerado como a característica fundamental para o sucesso da Indústria 4.0. Os autores alemães, em (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013), definem que a Indústria 4.0 vai envolver a integração de **CPS** na Produção e na Logística e o uso de **IoT** e **IoS** nos processos industriais.
- **Fábrica Inteligente** (*Smart Factory*): A estrutura fabril, através de sistemas a funcionar em segundo plano, visa auxiliar as pessoas e máquinas na execução de tarefas e na comunicação Homem-Máquina (*Man to Machine* ou **M2M**). Estes sistemas, referidos como sistemas “calmos” baseiam-se na informação recolhida, comunicando e interagindo com o seu meio ambiente, como representado na Figura 2.6.

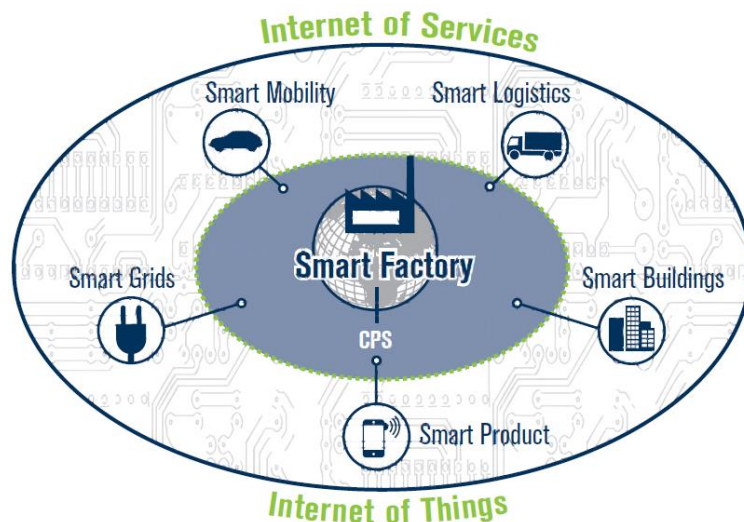


Figura 2.6 - Interligação dos elementos fundamentais na Indústria 4.0 (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013)

Em (Mayr, et al., 2018) é estudada a compatibilidade da Indústria 4.0 com a Filosofia *Lean*, apresentando as suas semelhanças e ainda a viabilidade da integração dos “componentes 4.0” nas ferramentas *Lean*. Foram estabelecidos e esquematizados os aspetos comuns destes conceitos, como representado na Figura 2.7.

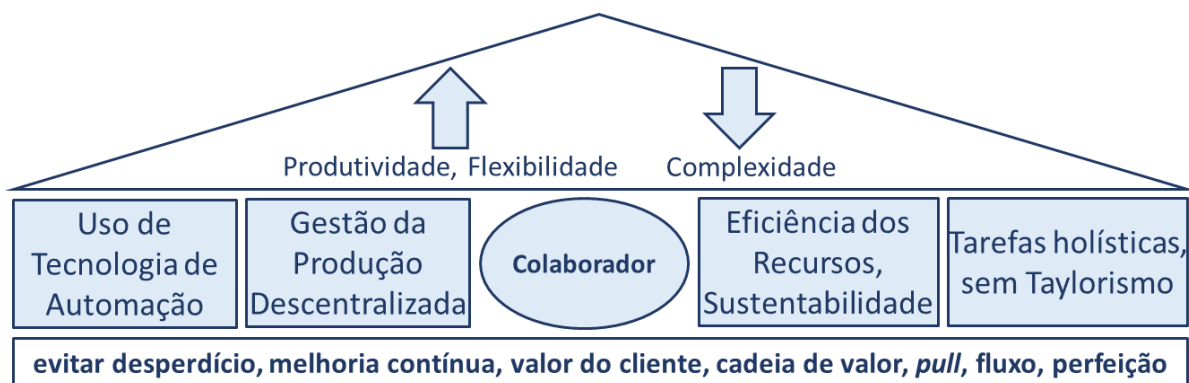


Figura 2.7 - Aspetos comuns na Indústria 4.0 e a filosofia *Lean* (Mayr, et al., 2018, Adaptado)

Como é possível observar, o aumento da produtividade e da flexibilidade e a redução da complexidade dos processos, são ambos objetivos comuns aos dois conceitos. Os autores em (Mayr, et al., 2018) estabelecem que a base da Indústria 4.0 deve assentar nos princípios *Lean*, com o foco central nos colaboradores. Pode ser então interpretado que o sucesso na transição para a Indústria 4.0 necessita da pré-existência da Filosofia *Lean* no ambiente produtivo da empresa.

Diversas ferramentas *Lean* podem beneficiar grandemente com a incorporação de “componentes 4.0”. Em (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016) é referida a integração de sistemas de comunicação e informação na ferramenta *Kanban*. A sua implementação em sistemas produtivos de alta volatilidade e de grande diversidade de produtos torna-se viável dado que a sua complexidade passa a ser gerida de forma informática. São também exploradas outras ferramentas como a metodologia *SMED* em (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016) e (Mayr, et al., 2018) e o *VSM* em (Hartmann, Meudt, Seifermann, & Metternich, 2018) e (Mayr, et al., 2018). Apesar de uma verdadeira potencialidade de melhoria de diversas ferramentas *Lean*,

considera-se que o aspeto mais crucial na 4ª Revolução Industrial se encontra no aumento substancial da capacidade de controlo e monitorização.

Esta vantagem vem atuar na principal razão para o insucesso das empresas na implementação da filosofia *Lean*, identificada em (Liker, 2004). Esta refere-se à falta de um sistema de controlo e de monitorização fiável para o chão de fábrica. Deste modo, a Indústria 4.0 vem não só elevar a capacidade das ferramentas *Lean*, como também resolver os problemas na implementação do *Lean Production* (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

Uma transição para a Indústria 4.0 tendo por base uma filosofia *Lean* deve focar-se, como referido em (Hermann, Pentek, & Otto, 2015), na Interoperabilidade de sistemas, na Virtualização dos processos físicos, na Descentralização do controlo dos sistemas dada a diversidade de produtos, e numa capacidade em tempo real na recolha e tratamento de dados.

Com a aplicação de sistemas de informação e comunicação, todo o ambiente fabril se torna Inteligente o que permite, não só um controlo eficaz da Produção, como também uma maior flexibilidade produtiva. Possibilita, portanto a adoção da tendência crescente da “Individualização em Massa” (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016).

Os fluxos de informação criados com estes sistemas, como referido em (Hartmann, Meudt, Seifermann, & Metternich, 2018), têm de ser precisos, atualizados (em tempo real) e com uma utilidade definida para evitar que material fique à espera enquanto não há informação disponível.

Em (Mayr, et al., 2018) é referido que dentro destes sistemas, devem ser considerados os de identificação automática como cruciais na monitorização em tempo real e na localização de forma precisa de material na cadeia de valor. O material referido envolve o stock de material em *WIP* ou em Inventário, permitindo a comparação entre os objetivos e o estado atual para que se elimine o stock desnecessário. Um exemplo de identificação automática, são os sistemas **RFID (Radio Frequency Identification)**. A sua tecnologia de comunicação com os produtos, explicada em (Fescioglu-Unver, Choi, Sheen, & Kumara, 2014), permite que a informação relativa aos produtos seja armazenada em etiquetas *RFID* acopladas e, posteriormente transmitida via ondas rádio aos leitores do sistema. Assim é conseguida a monitorização e análise detalhada da informação em tempo real.

A **interconexão** entre dispositivos e a **integração** de equipamentos inteligentes estabelecem uma ligação entre todos baseada na **IoT**. Esta constante comunicação, no entanto, vai aumentar o nível de informação e de dados gerados, chamado de “**Big Data**”. Segundo (Wang, He, & Xu, 2017), a *Big Data* é um dos principais aspetos da Indústria 4.0, sendo por isso necessário efetuar a recolha dos dados, tratá-los e apresentá-los a todos os aspetos da Produção. Como referido em (Jorge & Peças, 2018), a disponibilidade de tal nível de informação, sem que seja tratada ou analisada, tornará a sua gestão caótica. Considera-se, por essa razão, que a **Gestão Visual** se torna de extrema importância com o surgimento da *Big Data*. Na ferramenta *Andon*, concretamente nos quadros de Gestão Visual, a Indústria 4.0 atribui-lhe um enorme valor. Segundo (Mayr, et al., 2018), a digitalização destes quadros, ou seja, a criação de **dashboards digitais** em que os dados são atualizados em

tempo real, permite que informação relevante seja disponibilizada simultaneamente em diferentes dispositivos, independentemente da sua localização e de forma intuitiva e clara.

Com a Gestão Visual digital aliada a sistemas de informação e comunicação, como os sistemas *RFID*, o controlo e monitorização do sistema produtivo é otimizado. Esta otimização, segundo (Sanders, Elangeswaran, & Wulfsberg, 2016), vai permitir atingir e manter um nível baixo de stock, reduzir interrupções e esperas nas linhas produtivas, reduzir atrasos no planeamento de Produção e atribuir uma maior flexibilidade a todo o sistema. Em (Mayr, et al., 2018) é ainda acrescentado que o controlo e monitorização eficaz e em tempo real, resulta na redução do tempo de procura de material, no aumento da transparência dos processos e num maior nível de conhecimento dos parâmetros da Produção entre todos os membros da empresa. A integração da informação numa fase preliminar à Produção, segundo (Jorge & Peças, 2018) vai permitir que os Chefes de Produção tomem decisões de planeamento mais informadas e que contribuam para um aumento da eficiência de todo o sistema produtivo.

Conclui-se que a utilização e integração da tecnologia no contexto Industrial, resultante do movimento da Indústria 4.0, vem atribuir uma robustez à filosofia *Lean*, ao diminuir a complexidade da sua implementação em ambientes caracterizados por uma elevada variedade de produtos e de difícil monitorização e ao aumentar as vantagens inerentes na implementação de certas ferramentas, como a Gestão Visual.

3 Caso de Estudo e Metodologia Aplicada

Neste capítulo é feita a apresentação do caso de estudo e da metodologia aplicada neste trabalho, cada um atribuído a um subcapítulo distinto.

No subcapítulo dedicado ao caso de estudo, é feita uma breve caracterização da empresa e de seguida são apresentadas as zonas da sua fábrica, em que foi desenvolvida a presente dissertação, bem como, as diferentes famílias de produtos existentes na mesma. No fim, é definido o foco deste estudo.

O subcapítulo referente à metodologia aplicada é separado na metodologia no diagnóstico e na metodologia nas soluções. É descrita a lógica seguida no documento, bem como, as ferramentas *Lean* aplicadas ao longo do trabalho.

3.1 Caso de estudo

3.1.1 Caracterização da Empresa

A empresa **Temahome**, sediada em França, é o resultado da aquisição em 2018 por parte da empresa francesa **Symbiosis SAS** da empresa portuguesa **Temahome, S.A.**. A empresa **Temahome, S.A.**, fundada em 1981, tem sede em Lisboa e uma única fábrica no distrito de Santarém, na Figura 3.1, na qual foi desenvolvida a presente dissertação.



Figura 3.1 - Fábrica no distrito de Santarém, (Temahome, 2020)

A sua principal atividade é a produção e comercialização de mobiliário contemporâneo para sala, quarto e escritório, tendo-se especializado em painéis de construção oca e em materiais e processos ambientalmente sustentáveis. Entre os escritórios de Lisboa e a fábrica em Santarém, a **Temahome, S.A.** emprega atualmente cerca de 200 pessoas e faz a exportação de produtos para mais de 50 países, em todo o Mundo.

3.1.2 Zonas da fábrica e famílias de produtos

Na fábrica localizada em Santarém é produzida uma extensa panóplia de produtos, cerca de **651 diferentes**, que por sua vez têm diferentes peças produzidas em lotes variados consoante a ordem de produção. As ordens de produção são, portanto, relativas às partes constituintes do produto final, referidos como elementos ao longo deste documento. A fábrica pode ser dividida em 7 zonas distintas: **Stock**, **Produção**, **Pintura**, **Embalagem**, **Expedição** e **Escolha e Qualidade** (Figura 3.2).

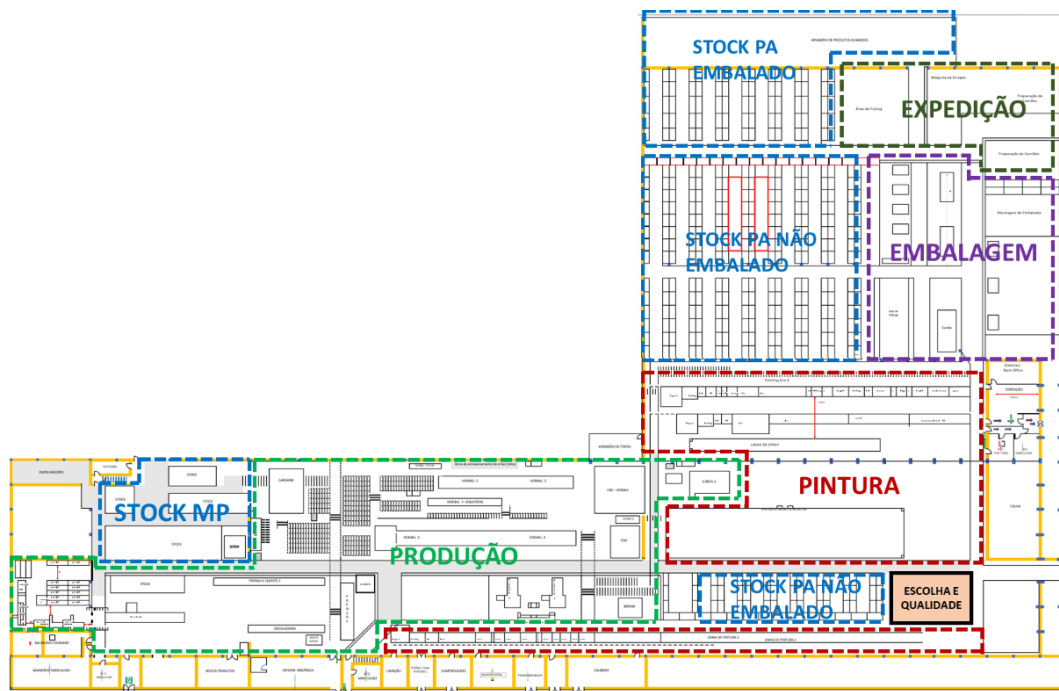


Figura 3.2 - Layout da fábrica dividido em zonas de atividade

A zona de Stock é ainda subdividida na zona de receção e armazenamento de matéria-prima (**Stock MP**), na zona de produto acabado, mas não embalado (**Stock PA não embalado**) e, por fim, na zona de produto acabado e embalado, pronto para expedição (**Stock PA embalado**). É também importante notar que na zona de **Escolha e Qualidade**, é feito o Controlo de Qualidade do produto após a sua pintura.

Dada a elevada variedade de produtos existentes, existem produtos compostos integralmente por elementos do mesmo material e outros compostos por elementos de materiais diferentes. Por esta razão, a categorização foi efetuada por elementos e não por produtos, tendo por base o tipo de matéria-prima.

As partes constituintes dos produtos inserem-se numa de quatro famílias: “**MDF**”, “**Aglomerados**”, “**Platex**” e “**Melaminas**”.

As “**Melaminas**” têm a particularidade de não precisarem de aplicação de revestimento, pelo que iniciam logo a etapa de Produção (ou Maquinagem). Após maquinados, os elementos podem, ou não, ser sujeitos a pintura. Na Figura 3.3 é apresentado o seu fluxo típico de materiais dos elementos desta família

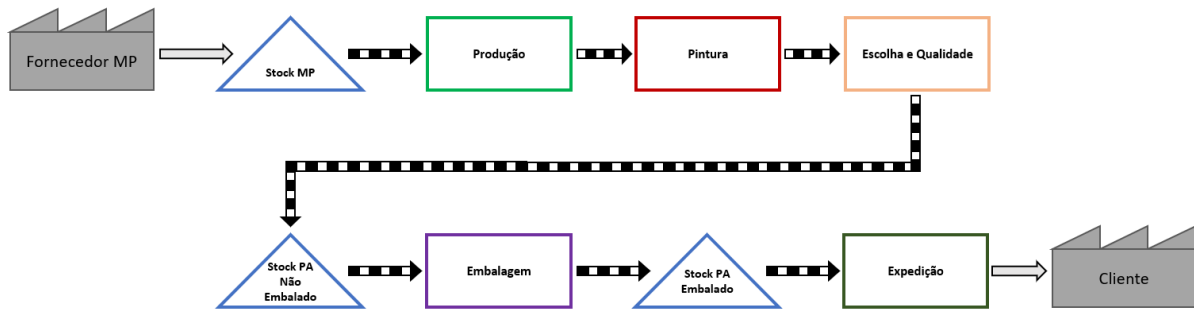


Figura 3.3 - Fluxo de material típico dos elementos de "Melaminas"

Este estudo incide na família das "Melaminas", na identificação e redução/eliminação de desperdícios na sua etapa de **Produção**, de modo a reduzir o seu custo unitário de produção e criar uma vantagem competitiva no mercado, em linha com a visão e objetivo do Diretor de Fábrica. As "Melaminas" compreendem 460 elementos distintos de um total de 2336 e 30,5% do Volume Total de Produção no ano de 2019 da Fábrica.

3.2 Metodologia Aplicada

Para a realização deste estudo foi estabelecida uma metodologia a aplicar que se foi adaptando consoante as limitações temporais, impostas tanto pela empresa, como pelos prazos para o desenvolvimento do estudo. Determinados os elementos em estudo, procedeu-se à recolha de dados através do software *ERP (Enterprise Resource Planning)* da empresa e, simultaneamente, efetuou-se a observação e cronometragem dos tempos dos processos nos postos de trabalho. Após o tratamento dos dados provenientes das duas fontes procedeu-se à construção dos *VSM's*, um para cada elemento em estudo. Da análise de resultados dos *VSM's* são diagnosticados os problemas e aspetos críticos à Produção de "Melaminas". Determinadas as suas causas raiz, é feita uma separação das propostas de melhoria em áreas de ação.

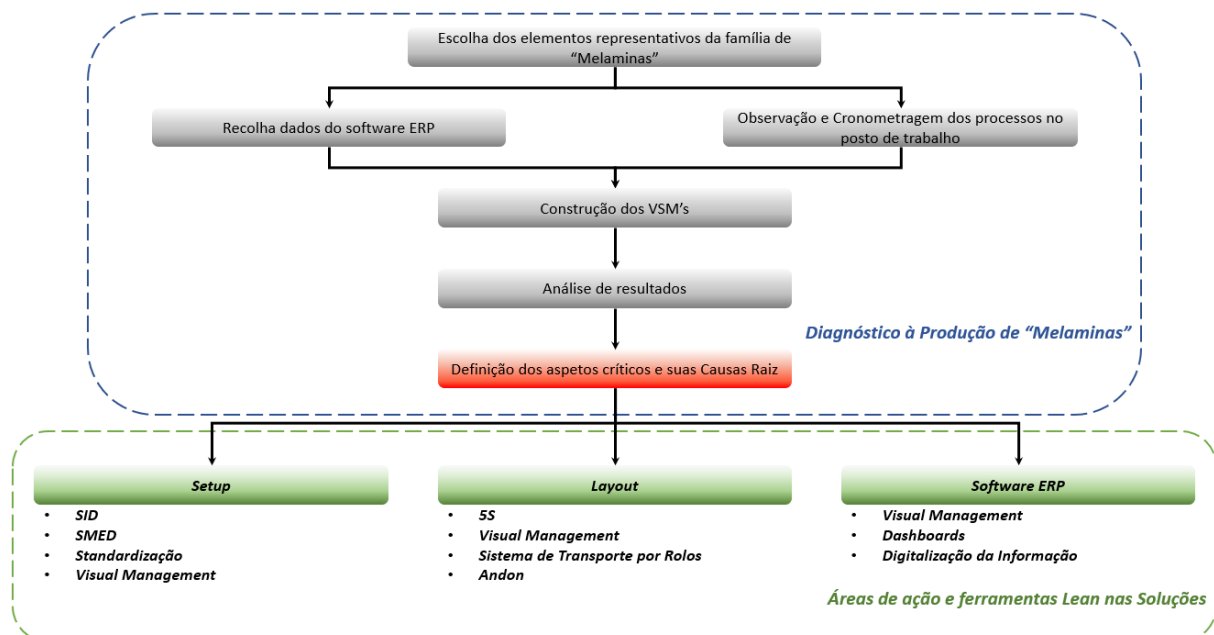


Figura 3.4 – Representação da Metodologia aplicada

3.2.1 Metodologia no diagnóstico

A filosofia *LEAN* assenta na premissa que apenas se consegue ter uma gestão e resolução de problemas eficazes aquando da permanência no chão de fábrica, no *Gemba*. Só se consegue ter o verdadeiro conhecimento do funcionamento da produção quando se está envolvido no mesmo, ou seja, os Operadores e Chefes de Produção serão os portadores da melhor informação sobre o estado atual da fábrica. Desta forma, a primeira abordagem para o desenvolvimento do diagnóstico foi estabelecer contacto com os Responsáveis de Produção e os Operadores. Assim, foi possível compreender o funcionamento da zona e dos postos de trabalho em estudo.

Dado o elevado número de elementos pertencentes às “**Melaminas**” foi necessário isolar os elementos mais representativos da família em estudo. A representatividade foi definida com base no volume de produção e nas etapas necessárias ao seu fabrico. Juntamente com o Departamento de Planeamento de Produção e os Chefes de Produção, foram definidos **dois** elementos para efetuar o estudo.

A recolha de dados do software *ERP*, não só permitiu fazer o cruzamento de valores com as medições efetuadas na observação das atividades de *Setup* e de Produção, como também a determinação do tempo despendido entre processos, *WIP (Work in Process)*. A observação e cronometragem dos processos no posto de trabalho permitiu a determinação das etapas necessárias à produção de **uma** peça. Para o efeito foi criada uma folha de medições de tempos destas etapas, Anexo 1, na qual são calculadas a média dos tempos de duração de cada etapa e a sua variação. Como a Produção é efetuada por **lotes** de peças, com a observação e cronometragem da resposta a uma Ordem de Produção nos postos de trabalho e o registo da quantidade de peças produzidas durante o tempo observado, foram determinados/calculados para os diversos postos de trabalho os tempos de *Setup*, tempos de ciclo, tempo de valor acrescentado, tempo para expedição e a taxa de utilização da máquina.

Dos dados obtidos, tanto da observação como do software interno, foram construídos os dois *VSM's*, um para cada elemento da família, de modo a mapear o fluxo total da sua produção. O fluxo de informação foi separado do fluxo de materiais de modo a facilitar a análise de ambos, sendo primeiro descrito o fluxo de informação e depois o fluxo de materiais de cada elemento. Da análise dos resultados dos *VSM's*, definiram-se quais os processos que representavam um *bottleneck* à produção do lote característico e quais os aspetos considerados críticos. À medida que são apresentados os aspetos críticos são determinadas as suas causas raiz com a aplicação da metodologia *5 Whys*. A fase de diagnóstico termina com a agregação das várias causas raiz em áreas de ação e a proposta de soluções de melhoria *Lean*.

3.2.2 Metodologia nas soluções

As áreas de ação definidas foram o ***Setup***, ***Layout*** e o ***Software ERP***.

No momento de ação no ***Setup*** do *bottleneck* de Produção, em que o objetivo é a redução do tempo consumido nessa atividade, foi necessário efetuar uma análise mais aprofundada ao mesmo. Para tal, recorreu-se à ferramenta *SID*, apresentada em (Peças, Morgado, Jorge, & Henriques, 2012), em que é efetuada uma agregação do elevado número de pequenas etapas características das atividades de *Setup* em diferentes categorias. O número de categorias criadas é bastante mais reduzido do de etapas no *Setup*, facilitando desta

forma a sua análise e permitindo a definição da solução de melhoria mais adequada. Foram efetuadas 3 observações (registadas em vídeo) do mesmo *Setup* no posto em que era verificado o *bottleneck* num dos *VSM's* realizados no diagnóstico. Com a categorização dos registos temporais das várias etapas, em que o seu número varia entre 93 e 137 etapas diferentes, foi possível reduzir para apenas 7 categorias distintas.

A análise de resultados permitiu perceber que a aplicação da ferramenta *SMED* teria bastante valor como solução de melhoria. Esta ferramenta permite efetuar a separação das etapas, neste caso das categorias definidas com a ferramenta *SID*, e caracterizá-las em atividades Externas ou Internas. Determinou-se que a maior parte das etapas pertencentes a categorias consideradas como tipicamente Externas, eram realizadas internamente e que tinham um contribuição elevada no tempo consumido em toda a atividade. Através de um *Kaizen Event* com os Operadores do posto e Chefes de Produção os resultados da análise foram apresentados e foi definido um procedimento *Standard*, em que é feita uma externalização de diversas etapas e definida uma sequência geral das mesmas, validadas e aceites pelos Operadores do posto. Este procedimento *Standard*, juntamente com uma Gestão Visual, ou *Visual Management*, permite cumprir o objetivo estabelecido.

Na abordagem ao *Layout*, de modo a combater as causas raiz diagnosticadas, foi promovido pelo autor um *Kaizen Event* com elementos de diferentes departamentos na Fábrica, em que foram discutidas diversas propostas de alteração de *Layout* em diferentes zonas. As soluções definidas, aprovadas pelo Diretor de Fábrica, incidem essencialmente na ferramenta *5S* e *Visual Management*. Foi ainda proposto uma implementação de sistemas de transporte de produtos para que não fosse necessário o uso de máquinas Empilhadoras para o efeito. No caso da sua necessidade em certos postos, foi proposta a implementação de sistema *Andon* para alertar os Empilhadores das necessidades.

A última área definida para o desenvolvimento de soluções de melhoria incide no *software ERP* já implementado na Fábrica. Um dos aspetos críticos diagnosticados foi a subutilização dos registos diários feitos pelos Operadores derivada de uma baixa fiabilidade dos mesmos. Para a sua resolução foi proposto que se realizasse a monitorização dos registos e o tratamento e apresentação dos dados num conceito de *Visual Management* digital através de *dashboards*. Desta forma é aplicado o conceito da digitalização de informação e o tratamento dos dados na Produção para um controlo ativo diário da mesma, introduzindo a integração do conceito Indústria 4.0 na filosofia *Lean*.

4 Diagnóstico

4.1 Descrição do sistema produtivo em estudo

Este estudo foca-se na produção das “Melaminas”, desde o momento em que saem de stock (*Stock MP*) até à chegada à zona de controlo de qualidade que antecede o eventual processo de pintura. Foi, portanto, estudado todo o processo de maquinagem das “Melaminas”.

4.1.1 Layout e fluxo de materiais genérico de Melaminas

Para o efeito foi necessária a compreensão dos diferentes setores da zona de Produção, identificada anteriormente na Figura 3.2, de modo a poder isolar quais as máquinas/postos de trabalho afetos à produção de “Melaminas”. Na Figura 4.1 é apresentado o layout da zona de Produção com a identificação dos diferentes setores integrantes e das máquinas necessárias à produção, conseguido com o auxílio dos Chefes de Produção e Operadores.

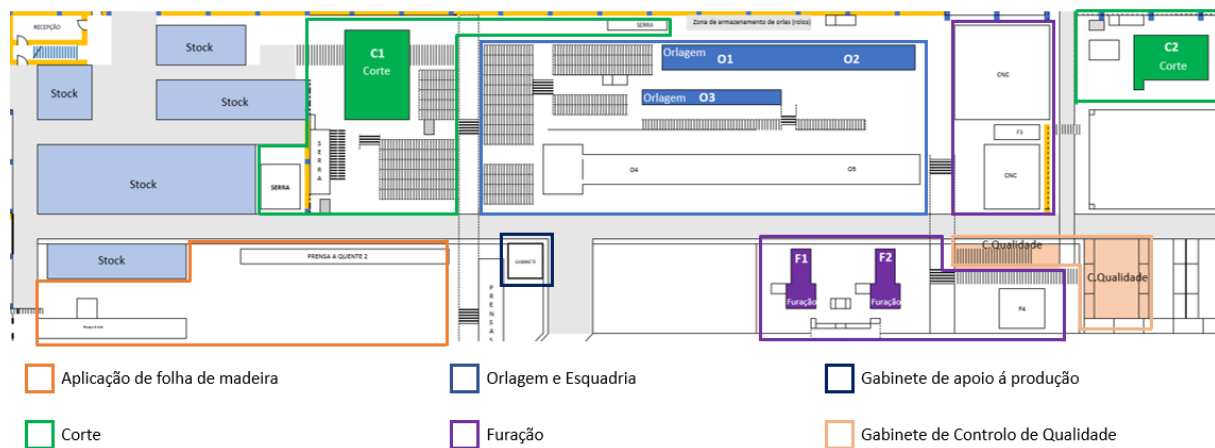


Figura 4.1 - Setores na zona de Produção com identificação das máquinas afetas à produção de “Melaminas”

Os dois gabinetes mais importantes para a Produção encontram-se no *Gemba*: Gabinete de apoio à Produção e Gabinete de Controlo de Qualidade. Os dois Chefes de Produção gerem e asseguram o planeamento semanal de produção da fábrica no gabinete de apoio para o efeito, separando as ordens e atribuindo-as para as diferentes máquinas de cada setor.

O gabinete de Controlo de Qualidade, composto por uma zona de secretárias e uma outra zona anexa, é responsável por garantir que os elementos cumprem os parâmetros estabelecidos ao longo das várias etapas de produção e no fim da mesma. Antes de se iniciar a produção é chamado um responsável para o controlo, para validar a primeira peça produzida após o *Setup* ser efetuado. A produção do lote não pode iniciar até a etapa de controlo de qualidade estar concluída, ou seja, até as primeiras peças cumprirem as medidas desejadas. No fim da Produção, o lote de produtos é sujeito a um controlo de qualidade pré-pintura, na zona anexa do Gabinete de Controlo de Qualidade.

Juntamente com a equipa de Produção e com o Departamento de Planeamento de Produção, foram definidos dois elementos que fossem representativos do conjunto de elementos das “Melaminas”, tanto a nível de volume de produção, como nas etapas necessárias à mesma. Foram então definidos os elementos: “Prateleiras

X e **Prateleiras Y**, sendo referidas ao longo do estudo também como **Prat. X** e **Prat. Y**, respetivamente. Para conhecimento da geometria de cada elemento e as operações necessárias à sua produção, os desenhos técnicos das **Prat. X** e das **Prat. Y** são apresentados em anexo, Anexo 2.A e Anexo 2.B, respetivamente. Estes dois elementos representam, em conjunto, 21,01% de todo o volume de produção de elementos pertencentes às **Melaminas**.

Escolhidos os elementos representativos, pode-se então definir os postos de trabalho de cada setor que estão envolvidas na produção destes elementos.

A zona referente à aplicação de folha de madeira não integra o fluxo de produção das **Melaminas**, visto ser um revestimento aplicado aos elementos pertencentes às outras categorias de produtos (**MDF**, **Platex** e **Aglomerados**). As **Melaminas** passam pelos setores de **Corte**, **Orlagem e Esquadria**, e, por fim, **Furação**.

Na Figura 4.2 é apresentado o fluxo genérico de materiais na produção dos elementos **Melamina** no qual são apresentados os postos de trabalho de cada setor e respetivas máquinas, realçadas anteriormente na Figura 4.1. Os nomes atribuídos aos postos de trabalho, servem o propósito de manter a confidencialidade das máquinas utilizadas nos processos. Os nomes são compostos por uma letra e um dígito. A letra é atribuída consoante a primeira letra do setor integrante da máquina e o dígito serve para a enumeração das máquinas. Como exemplo, o posto de trabalho **C1**, corresponde ao posto no setor de **Corte** com a **máquina 1**.

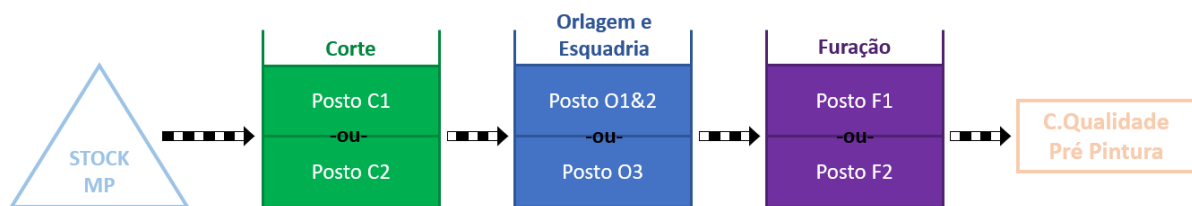


Figura 4.2 - Fluxo genérico de materiais de "Melaminas"

No subcapítulo seguinte, **4.1.2**, será descrito em maior detalhe o funcionamento de cada posto de trabalho através dos dados obtidos por observação e extraídos do *software ERP*. A descrição é dividida pelos três setores produtivos já referidos.

4.1.2 Tratamento e apresentação dos dados em cada setor

Da observação dos processos e sua cronometragem foi criado um *Template* para o registo das etapas necessárias à produção de uma peça e a sua duração, apresentado no Anexo 1. Deste registo consegue-se fazer a agregação em categorias, de modo a definir que etapas atribuem valor acrescentado à peça e que etapas constituem desperdício. No entanto, como as Ordens de Produção (OP) são em lotes de peças, foi necessário observar toda a resposta à ordem, de modo a poder fazer a correta alocação do tempo despendido na produção em cada posto de trabalho e determinar os seguintes indicadores de modo a possibilitar a construção dos *VSM's*:

- **T.Setup** – Tempo de *Setup*. Corresponde ao tempo gasto na preparação do posto de trabalho e da máquina para efetuar a produção do lote. É medido desde o momento em que inicia a resposta à ordem até a validação de todos os parâmetros por parte do Responsável de Controlo de Qualidade.

- **T.ExpPaleta** – Tempo para Expedição de 1 paleta. Corresponde ao tempo despendido na preparação e transporte do lote de produto acabado para a zona onde o empilhador o vai buscar. Este tempo tem um valor fixo por paleta de produtos. É tipicamente a última atividade do processo.
- **%T.V.A** – Percentagem de Tempo em Valor Acrescentado. Este indicador representa a porção do tempo registado em que se está a atribuir valor à peça, na perspetiva do cliente. Para o seu cálculo foi contabilizado o tempo de Produção excluindo o Tempo de *Setup* e o Tempo para Expedição.
- **Tx.Utiliz** – Taxa de Utilização da máquina. Para a determinação do tempo de utilização da máquina, calculou-se a diferença entre o tempo de Produção observado (sem Tempo de Setup e sem Tempo para Expedição) e o tempo em que a máquina esteve disponível e à espera de ordens. O tempo de utilização da máquina é então dividido pelo tempo de Produção, obtendo-se a taxa de Utilização da máquina.
- **T.Ciclo** – Tempo de Ciclo. É calculado sabendo a quantidade produzida e o tempo total gasto na sua produção excluindo as atividades de *Setup* e de expedição do lote. Como foram observadas diferentes ordens de produção dos elementos, abrangendo as suas diversas medidas, foi necessário efetuar o cálculo de modo a permitir a sua extrapolação no momento de construção dos *VSM's*. Por esta razão, o Tempo de Ciclo é apresentado em unidades diferentes para cada setor.

$$T. \text{Ciclo} = \begin{cases} \frac{\text{Tempo gasto na produção}}{N^{\circ} \text{de Peças} \times \text{Area de 1 peça}}, & \text{para Corte em [S/m}^2\text{]} \\ \frac{\text{Tempo gasto na produção}}{N^{\circ} \text{de Peças} \times \text{Comprimento Orlado de 1 peça}}, & \text{para Orlagem e Esquadria em [S/m]} \\ \frac{\text{Tempo gasto na produção}}{N^{\circ} \text{de Peças}}, & \text{para Furação em [S/peça]} \end{cases} \quad (1)$$

No processo de furação a observação incidu nos elementos em estudo pelo que o seu cálculo do Tempo de Ciclo já está adaptado para a construção dos *VSM's*.

É importante referir que a percentagem de Tempo de Valor Acrescentado não é necessariamente coincidente com o valor da Taxa de Utilização da máquina. Como exemplo, no caso de a máquina ser de alimentação automática, no momento de alimentação de peças a máquina está em utilização, mas sem acrescentar valor à peça, pelo que a taxa de Utilização da máquina é superior à percentagem de Tempo de Valor Acrescentado. Por outro lado, uma máquina pode ter a capacidade de atribuir valor a várias peças simultaneamente. Se um operador interromper a alimentação de peças a máquina ficará à espera e disponível, reduzindo a sua Taxa de Utilização. No entanto, desde que existam peças na máquina o tempo gasto é de valor acrescentado.

A determinação do tempo de Ciclo tem o propósito de permitir uma extrapolação para o tempo necessário à Produção do lote típico a definir dos elementos em estudo. Por esta razão, para o seu cálculo não é contabilizado o Tempo de *Setup* nem o Tempo para Expedição, visto estes apresentarem valores fixos, no caso da atividade de *Setup*, ou apenas dependentes do número de paletes, no caso da Expedição.

A utilidade do *Template* criado para o registo das etapas necessárias à produção de uma peça incide na determinação de outras atividades que apresentem algum tipo de desperdício, para além das atividades de

Setup e de Expedição em cada posto. Estas atividades serão posteriormente apresentadas no *VSM*, como uma única parcela.

Nesta fase, a obtenção dos dados através do *software ERP* serviu para o cruzamento e comparação do tempo de *Setup* e verificação do fluxo de material das “**Prat. X**” e das “**Prat. Y**”.

4.1.2.1 Corte

Neste setor são estudados dois postos de trabalho, correspondendo a duas máquinas de corte, sendo estas a máquina de corte **C1** e a máquina de corte **C2**. Na Figura 4.3 é apresentada apenas a máquina **C1**, dado que, devido à necessária confidencialidade, não é possível apresentar uma imagem da máquina **C2**. Nestes postos é feito o corte inicial a todos os elementos produzidos na fábrica, não sendo exceção as “**Melaminas**”.



Figura 4.3 - Máquina de Corte **C1**

Apesar de existir a preferência para que o corte, tanto das “**Prat. X**” como das “**Prat. Y**”, seja sempre efetuado na **C1**, acontece que quando esta tem atribuídas muitas ordens de produção, o Responsável de Produção redireciona a ordem seguinte para a máquina **C2**, de modo a equilibrar a carga de trabalho atribuída às duas máquinas. Esta situação confirmou-se na colheita de dados do *software ERP*, numa resposta a uma ordem de produção de prateleiras “**X**”.

É importante referir que as “**Prat. Y**” passam pelo setor de corte duas vezes. Cada peça produzida nesta primeira etapa será sujeita posteriormente a um segundo corte diagonal, transformando-se assim em duas peças “**Prat. Y**”. Este segundo corte é sempre efetuado no posto **C1**. Nas Figura 4.4 e Figura 4.5 estão representados os fluxos de materiais nos dois postos de trabalho.

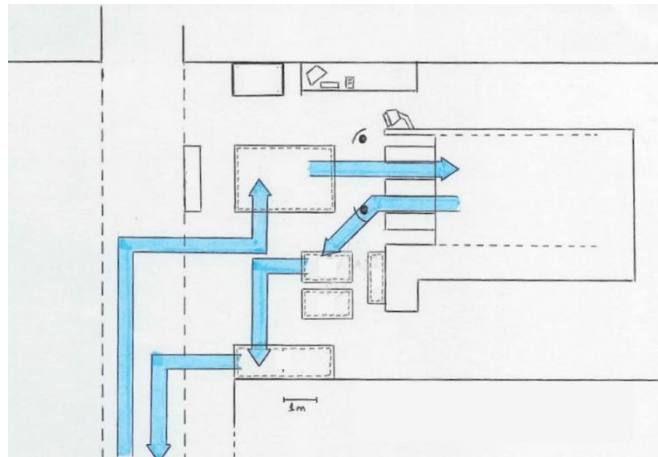


Figura 4.4- Fluxo de produto no posto de trabalho **C1**

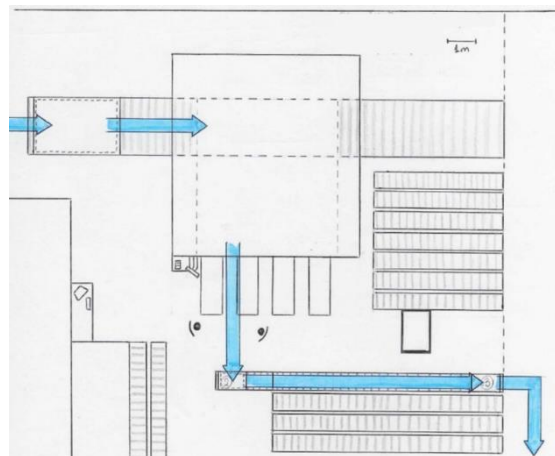


Figura 4.5 - Fluxo de produto no posto de trabalho **C2**

Dos fluxos apresentados compreende-se como é efetuado o transporte do produto acabado para a sua zona de expedição no posto. Em **C2** é utilizado um sistema de rolos para o efeito, no qual os Operadores largam o produto acabado da máquina e depois empurram o lote para a extremidade do sistema para que seja recolhido pelo Empilhador. No posto **C1** os Operadores necessitam de usar uma forquilha para a transição da zona de largada de produto acabado até à sua zona de expedição.

Outra característica que envolve desperdício, é a localização do posto **C1** no *layout* da Fábrica, que se pode observar na Figura 4.1 apresentada anteriormente. O posto **C1** encontra-se muito afastado da zona de *Stock* de matéria-prima, obrigando a uma elevada movimentação dos Empilhadores para o abastecimento de matéria-prima e posterior recolha de produto acabado, atravessando toda a zona de Produção na realização destas atividades.

A principal diferença nas características das máquinas de cada posto encontra-se na alimentação de matéria-prima. A máquina **C1** necessita que a alimentação seja feita manualmente, enquanto que na máquina **C2** a alimentação é automática. Como a matéria-prima para estes postos são placas de 2mx3m, a alimentação manual requer um maior esforço por parte dos Operadores no posto **C1**.

Na Tabela 4.1 são apresentados os dados obtidos da observação dos processos em cada posto de trabalho e do funcionamento da respetiva máquina.

Tabela 4.1 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos **C1** e **C2**

	Posto C1	Posto C2
Nº de Operadores	2	2
Alimentação de MP	manual	automática
T.Setup	5 min	5 min
T.ExpPalete	1,5 min	1 min
%T.V.A	38,62%	64,31%
Tx.Utiliz	38,62%	72,37%
T.Ciclo	39,248 s/m ²	29,690 s/m ²

Como referido, o Tempo de Ciclo apresentado contabiliza o tempo empregue na operação de corte, excluindo o tempo de *Setup* e o tempo de Expedição. O mesmo foi aplicado no registo do tempo de Valor Acrescentado, que constitui o tempo em que a máquina está efetivamente em corte.

Apesar de serem apresentadas como uma parcela única nos *VSM's*, interessa apresentar a distribuição do tempo gasto sem valor acrescentado, dado que neste setor a % Tempo de Valor Acrescentado é reduzida, principalmente no posto **C1**. Do *Template* criado e utilizado no registo das etapas foi possível fazer a separação deste tempo nas várias atividades sem valor acrescentado, excluindo o *Setup* e o tempo gasto para a expedição do lote, apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Duração das atividades sem valor acrescentado no setor de corte

	Posto C1		Posto C2	
	minutos	%	minutos	%
Tempo observado	38,07	100,00	58,33	100,00
Em Corte (tempo de valor acrescentado)	14,70	38,62	37,52	64,31
Espera de MP	5,82	15,28	0,00	0,00
Alimentação de MP	4,23	11,12	4,70	8,06
Orientação de peças	6,42	16,86	5,48	9,40
Remoção Produto Acabado	1,92	5,04	4,00	6,86
Remoção desperdício	4,98	13,09	6,63	11,37

Como é possível observar, relativamente ao posto **C1**, a espera de matéria-prima (*Espera de MP* na tabela) representa uma elevada porção do tempo despendido, criada pela localização do próprio posto e à elevada distância da zona de stock de matéria-prima. Esta situação considera-se ser o aspeto mais crítico que deve ser melhorado/eliminado. A remoção de desperdício é também um aspeto a considerar como oportunidade de melhoria, nos dois postos.

4.1.2.2 Orlagem e Esquadria

Os dois postos em estudo neste setor são o posto **01&2**, composto pelas máquinas **01** e **02**, e o posto **03**, composto pela máquina **03**. No posto **01&2** as máquinas estão colocadas em linha, nas quais as peças transitam da primeira para a segunda automaticamente, representadas nas Figura 4.6 e Figura 4.7.



Figura 4.6 - Alimentação de peças na máquina **O1** (à esquerda) e zona de saída de peças na máquina **O2** (à direita)



Figura 4.7 - Transição automática de peças de **O1** para **O2**

A máquina **O1**, na fase de diagnóstico deste estudo, encontrava-se em situação de avaria. Por esta razão, a observação do seu funcionamento na operação do posto **O1&2** não foi possível. No entanto, através dos dados obtidos do software interno e da comunicação com os Responsáveis de Produção foi possível apresentar os valores para alguns indicadores. Na Figura 4.8 é apresentada a máquina orladora do posto **O3**.



Figura 4.8 - Máquina orladora do posto **O3**

Idealmente as “Prat. X”, que obrigam às operações de orlagem e de abertura de chanfro (esquadria em ângulo), seriam efetuadas exclusivamente no posto **O1&2**, mas dada a avaria prolongada da máquina **O1** tal não acontece. As prateleiras passam primeiro pelo posto **O3** para o processo de orlagem, sendo posteriormente sujeitas à abertura de chanfro na máquina **O2**, que é a única máquina que consegue efetuar a operação de esquadria em ângulo.

As prateleiras “Y” apenas necessitam da aplicação de orla, pelo que geralmente todas as suas ordens de produção são atribuídas ao posto **03**. Na obtenção de dados do *software*, reparou-se que o posto **01&2** efetua as operações de orlagem na máquina **02**, na eventual sobrecarga de ordens atribuídas ao posto **03**. Verificou-se essa situação numa ordem de produção de prateleiras “Y”.

A observação foi efetuada às operações no posto **03** e no posto **01&2**, mas apenas da máquina **02**. Nas Figura 4.9 e Figura 4.10 estão representados os respetivos fluxos de materiais.

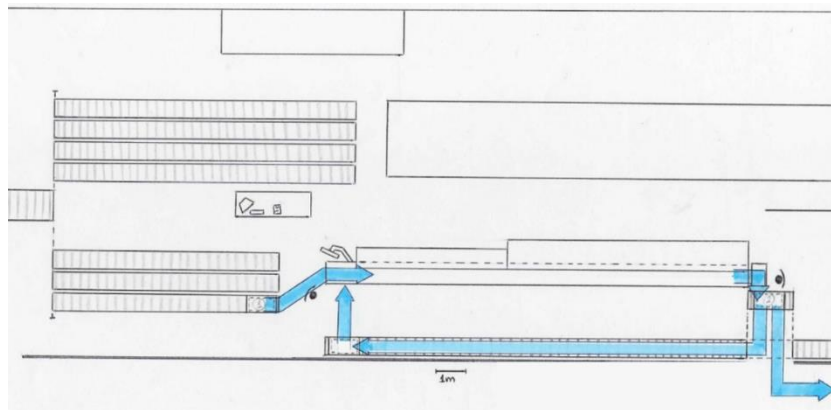


Figura 4.9 - Fluxo de produto no posto **03**

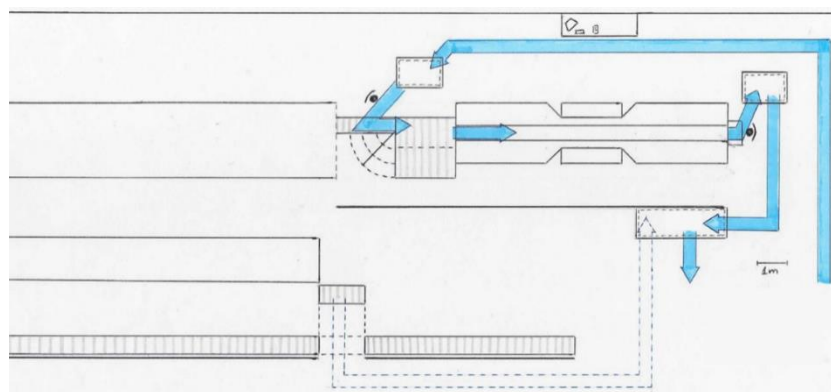


Figura 4.10 - Fluxo de produto na máquina orladora **02**

A máquina do posto **03** apenas efetua a aplicação de orla numa face, sendo uma orladora unilateral. Esta restrição obriga a que as peças passem na máquina um número de vezes igual ao número de faces a orlar. Tal situação está representada na Figura 4.9.

De notar que os dois postos são adjacentes, partilhando a mesma zona destinada à expedição do lote de produto acabado de cada posto, como mostrado na Figura 4.10 em que é representado todo o fluxo de materiais na operação da máquina **02** e ainda, a tracejado, parte do fluxo de materiais do posto **03**.

Na Tabela 4.3 são apresentados os valores dos dados obtidos na observação do funcionamento dos dois postos e ainda os dados obtidos do *software ERP* para o funcionamento do posto **01&2** com as duas máquinas operacionais.

Tabela 4.3 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos **O1&2** e **O3**

	Posto O3	Posto O1&2 (só O2)	Posto O1&2 (com O1 + O2)
Nº de Operadores	2	2	3
Nº lados a orlar em simultâneo	1	n/a	2
Alimentação de MP	manual	manual	automático
T.Setup	4 min	32 min	43 min
T.ExpPalete	3,3 min	2 min	2 min
% T.V.A	~100%	93,59%	s/ info
Tx.Utiliz	87,22%	85,90%	s/info
T.Ciclo	14,46 s/m	36,61 s/m	53,80 s/m

No posto **O3** apenas o tempo gasto no *Setup* e para Expedição é que constituem desperdício, dado que existem sempre peças na máquina às quais está a ser atribuído valor. No entanto, a alimentação de peças é interrompida em alguns momentos para verificação e limpeza de excesso de cola no exterior da máquina, afetando assim a sua taxa de utilização. A máquina tem a capacidade de atribuir valor a três peças em simultâneo.

No posto **O1&2**, com apenas a máquina **O2** operacional, foi observado que quase todo o tempo considerado, ou seja, excluindo *Setup* e Expedição, é de valor acrescentado, excluindo os momentos em que o Operador faz o ajuste das peças da palete de matéria-prima para facilitar a sua alimentação.

4.1.2.3 Furação

A furação é o último processo pelo qual as “**Melaminas**” passam antes de serem sujeitas ao Controlo de Qualidade Pré-Pintura. O estudo acaba no momento de largada do produto acabado na área destinada ao controlo de qualidade pré-pintura. Os postos definidos para a furação das “**Prat. X**” e das “**Prat. Y**” são, respetivamente, os postos **F1** e **F2** que são apresentadas conjuntamente, nas Figura 4.11 e Figura 4.12.



Figura 4.11 -Posto **F1** (à direita) e **F2** (à esquerda)



Figura 4.12 - Posto **F1** em maior detalhe

Como se pode observar, estes postos operam “lado a lado” e são bastante semelhantes. No entanto, o modo de funcionamento das máquinas é algo diferente. Uma grande diferença é a capacidade da furadora **F2** de operar em *double-stop*. Como o próprio nome indica há duas paragens da peça na máquina, concretamente, dois momentos de furação distintos e intervalados por um ajuste de posição da peça. Este ajuste de posição é necessário nos casos em que os furos de um mesmo lado, sejam laterais ou na base, se encontram a uma distância que não seja um múltiplo de 32 milímetros. Este valor representa a distância fixa entre os vários casquilhos onde são inseridas as brocas para a furação, tanto na furadora **F1** como na **F2**.

Na Figura 4.13 são apresentados, em conjunto, os fluxos de materiais em cada posto durante a sua operação.

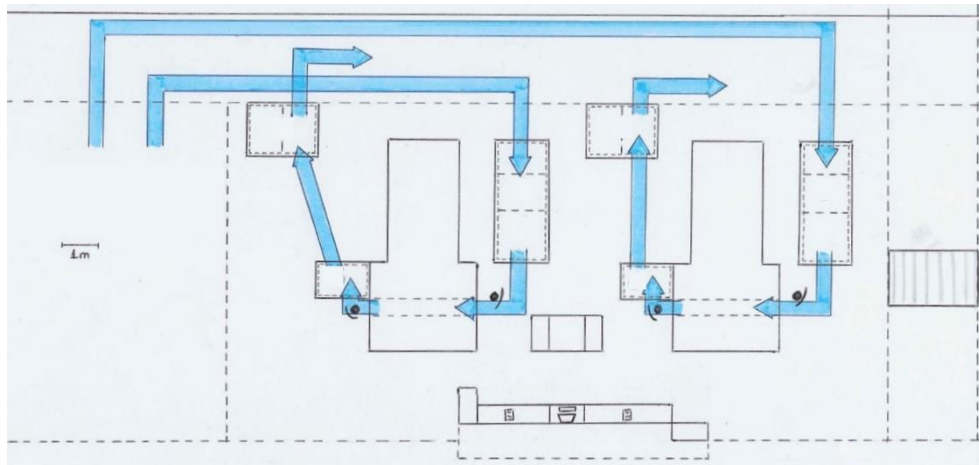


Figura 4.13 - Fluxo de produtos nos postos **F1** (à esquerda) e **F2** (à direita)

O funcionamento em *double-stop* foi observado na furação das prateleiras “Y”, razão pela qual todas as suas ordens de produção são atribuídas ao posto **F2**. Todas as ordens de prateleiras “X” são efetuadas no posto **F1**. Na Tabela 4.4 são apresentados os dados obtidos na observação da resposta às ordens de produção de “Prat. X” e de “Prat. Y”, nos postos **F1** e **F2**, respetivamente.

Tabela 4.4 - Tabela dos dados obtidos na observação dos postos **F1** e **F2**

	Posto F1	Posto F2
Nº de Operadores	2	2
Alimentação de MP	manual	manual
T.Setup	27,5 min	77 min
T.ExpPalete	2 min	2 min
% T.V.A	86,91%	100%
Tx.Utiliz	79,64%	100%
T.Ciclo	10,06 s/peça	16,91 s/peça

Dado que o funcionamento da máquina em *double-stop* no posto **F2** é bastante demorado existe sempre uma peça em *buffer* na máquina enquanto outra é furada, ou seja, na qual é atribuído valor. Operando neste modo, a máquina encontra-se na sua capacidade máxima de produção.

No posto **F1** o Operador faz a recolha de um conjunto de peças de matéria-prima para o seu banco de apoio, para efetuar uma limação de aresta antes de alimentar a máquina com as peças a furar. Esta atividade, consumidora de tempo de produção não atribui valor à peça, prejudicando assim a taxa de utilização da máquina e a sua percentagem de tempo utilizado a acrescentar valor.

Ao falar com os Responsáveis de Produção e o Diretor de Fábrica foi-me dito que este setor, ou seja, os postos de furação, seriam os *bottleneck* à produção das “Melaminas”. No subcapítulo seguinte é efetuada a Construção e Análise dos *VSM's* do estado atual na produção de prateleiras “**X**” e de prateleiras “**Y**”, um *VSM* para cada elemento em estudo.

4.2 *VSM's* do estado atual

Neste subcapítulo é apresentada a construção de dois *VSM's*, referentes a cada um dos elementos. Tanto para as prateleiras “**X**”, como para as prateleiras “**Y**”, foi estabelecido um lote típico de produção das peças. Dos dados existentes no *software* verificou-se qual a moda da quantidade de peças num lote destes elementos, ao longo de 1 mês. Após validação com os Chefes de Produção ficaram então definidos os lotes típicos de Produção. Determinou-se ainda qual o número de paletes necessário ao transporte dos lotes, sabendo que uma paleta transporta 200 peças “**Prat. X**” ou 300 peças “**Prat. Y**”. Na Tabela 4.5 são apresentadas as informações de cada lote típico determinado para cada elemento.

Tabela 4.5 - Elemento, lote típico e número de paletes

Elemento	Prateleira X 500x298x19 (mm3)	Prateleira Y 340x337/267x19 (mm3)
Lote típico	150 peças	500 peças
Nº paletes	1	2

Relativamente à estrutura, é primeiro apresentado a **nomenclatura e simbologia**, 4.2.1, utilizada nos *VSM's*, tanto na sua representação esquemática como no layout fabril. É apresentado a **construção e análise** dos *VSM's* no subcapítulo 4.2.2, no qual se separou o fluxo de informação do de materiais de modo a facilitar a sua análise. São definidas as operações consideradas como *bottleneck* de produção e ainda uma eventual necessidade de diagnóstico focalizado.

4.2.1 Nomenclatura e Simbologia

De modo a possibilitar a compreensão dos VSM's a construir, neste subcapítulo será apresentada e explicada a simbologia utilizada. Primeiro na construção esquemática do fluxo de materiais dos VSM's e, de seguida, na sua representação no layout da fábrica.

Na Figura 4.14 está representada, de forma genérica, a sua composição. Esta pode ser dividida em três componentes diferentes: na ficha VSM do processo em cada posto, identificados anteriormente; no transporte de peças para/de as zonas de inventário entre processos; e na zona de inventário ou *WIP*.

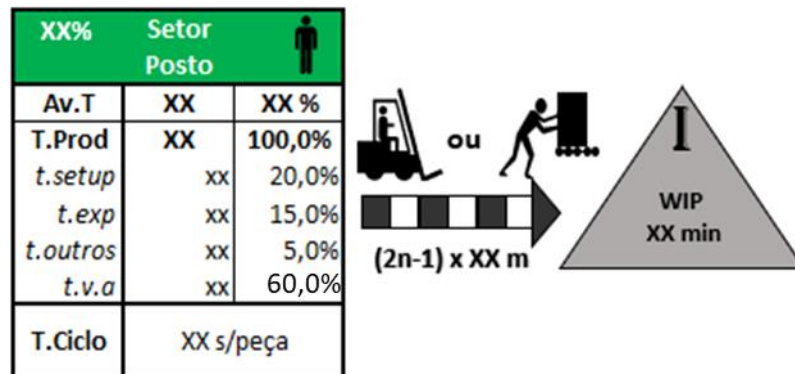


Figura 4.14 - Composição esquemática genérica dos VSM

Relativamente à ficha VSM, em concreto ao seu cabeçalho, é utilizado o código de cores apresentado ao longo deste trabalho de modo a identificar o setor produtivo em que a operação se insere, sendo que a primeira linha reforça esse aspeto. Na segunda linha do cabeçalho é identificada o posto que realiza a operação. Na zona esquerda do cabeçalho pode também ser apresentado o valor percentual do fluxo de produtos, apenas no caso de a mesma operação ter sido realizada num posto diferente do habitual. Esta situação, como explicado anteriormente, resulta de uma eventual sobrecarga de ordens de produção no posto pré-definido. À direita, ainda no cabeçalho, a figura apresentada é referente ao número de Operadores destacados para a máquina. O número de figuras representa o número de Operadores.

Os indicadores apresentados na ficha VSM foram determinados através dos dados apresentados no subcapítulo anterior contabilizando as dimensões de cada elemento. Na primeira coluna da ficha VSM são identificados os seguintes tempos, todos em **minutos** com exceção do T.Ciclo, em $\frac{s}{peça}$:

- **Av.T** – *Available Time* ou Tempo disponível. Corresponde ao tempo em que a máquina do posto de trabalho está disponível, mas sem estar a efetuar qualquer operação durante o tempo de Produção excluindo o tempo de *Setup*.

$$Av.T = (T.Prod - t.setup) - Tx.Utiliz \times (t.v.a + t.outros) \quad (2)$$

- **T.Prod** – Tempo em Produção. Corresponde ao tempo necessário à realização da operação no posto de trabalho para concluir a Ordem de Produção.

$$T.Prod = t.setup + t.exp + t.v.a + t.outros \quad (3)$$

- **t.setup** – Tempo em *Setup*. Corresponde a T.Setup definido anteriormente para cada posto de trabalho.

$$t.setup = T.Setup \quad (4)$$

- **t.exp** – Tempo para expedição. Corresponde ao tempo gasto em cada posto na preparação e transporte de todas as paletes de produtos do lote de Produção.

$$t.exp = T.ExpPalete \times N^{\circ}paletes \quad (5)$$

- **t.outros** – Tempo gasto em outras atividades em cada posto que não acrescentam valor à peça.
- **t.v.a** – Tempo de Valor Acrescentado. Corresponde ao tempo gasto na realização da operação em que é atribuído valor à peça na perspectiva do cliente.

$$t.outros + t.v.a = \begin{cases} \frac{T.Ciclo \times \text{ÁreaPeça} \times N^{\circ}Peças}{60}, \text{ para Corte} \\ \frac{T.Ciclo \times \text{ComprimentoMaquinado} \times N^{\circ}Peças}{60}, \text{ para Orlagem} \\ \frac{T.Ciclo \times N^{\circ}Peças}{60}, \text{ para Furação} \end{cases} \quad (6)$$

$$t.v.a = \frac{\%T.V.A}{100} \times (t.outros + t.v.a) \quad (7)$$

- **T.Ciclo** – Tempo de Ciclo. Corresponde ao tempo despendido por peça durante a operação no posto de trabalho.

$$T.Ciclo = \frac{T.Prod \times 60}{N^{\circ}Peças} \quad (8)$$

No segundo componente mencionado da Figura 4.14, relativo ao transporte de peças das zonas de expedição de cada máquina para as zonas de *WIP*, ou das zonas de *WIP* para as zonas de *M.P.* das máquinas, existem dois aspetos a salientar. O primeiro é no seu **modo de transporte**, que pode ser através de **empilhadora**, apresentado em detalhe na Figura 4.15, na qual se tem um Operador dedicado à mesma, ou, no caso da zona de *WIP* o permitir, pode ser um Operador da máquina que efetua esse transporte, empurrando **as paletes sobre um sistema de rolos**, representado na Figura 4.16.



Figura 4.15 - Transporte por empilhadora



Figura 4.16 - Transporte por sistema de rolos

O segundo aspeto é relativo à distância percorrida, que é dependente não só do *layout* da fábrica, como também do número de paletes do lote em questão. Quanto mais paletes se tiver, maior será o número de viagens do empilhador, ou do Operador. Com uma paleta, o empilhador, por exemplo, apenas terá de fazer uma viagem (uma ida), enquanto que tendo duas paletes no lote será necessário efetuar três viagens (duas idas e uma de volta entre cada ida). Esta relação corresponde a uma progressão aritmética, definida pela equação $2n-1$, em que n corresponde ao **número de paletes** do lote a produzir. A distância, D , é então calculada através de (9), em que ***dist.*** corresponde à distância percorrida numa viagem, em **metros**.

$$D = (2n - 1) \times dist. \quad (9)$$

Na componente de Inventário entre processos, ou seja, de **WIP**, é apresentado o tempo médio, em **minutos**, obtido através da recolha de dados do *software ERP*. Este valor é referente ao tempo produtivo pelo que apenas contabiliza o tempo em que os produtos se encontram em *WIP* durante as **8 horas** diárias de produção e na **semana útil** de trabalho (5 dias).

A representação do fluxo de materiais no *layout* da fábrica, ou seja, no mapeamento da cadeia de valor no *layout*, está em anexo, sendo que para as "**Prat. X**" corresponde o Anexo 3.A e para as "**Prat. Y**", o Anexo 3.B. Nestes foram identificadas as máquinas destinadas à produção utilizando o mesmo esquema de cores aplicado ao longo deste estudo. Foram também realçadas as zonas de *WIP* e separadas em duas categorias: **WIP do posto de trabalho** e **WIP entre processos**. O fluxo de produtos foi dividido em **movimentos de empilhadora** e **manuseamento por parte dos Operadores** das máquinas. Na Figura 4.17 é apresentado um exemplo da representação, cobrindo toda a simbologia utilizada.

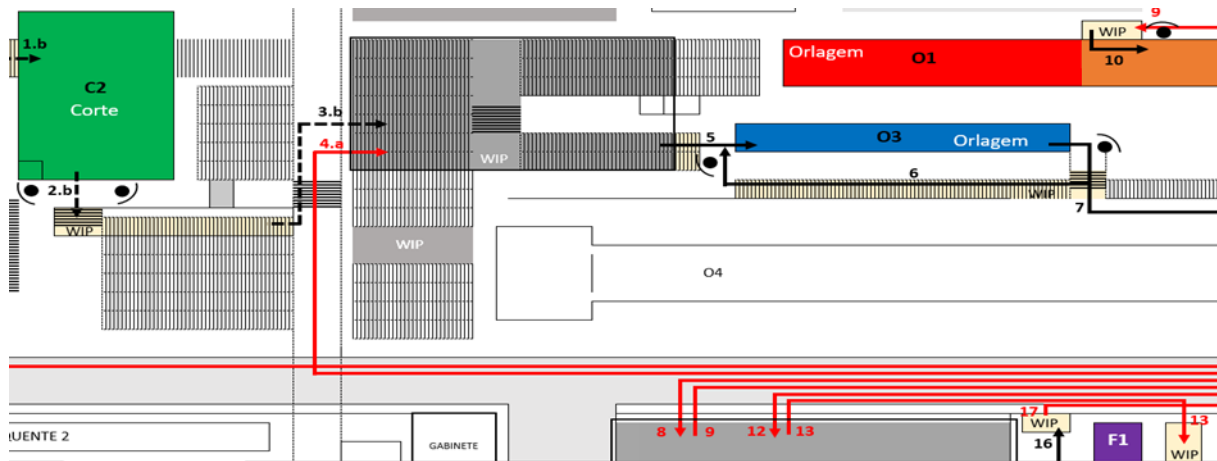


Figura 4.17 – Exemplo da representação do fluxo de materiais no layout fabril

Nas figuras seguintes, Figura 4.18 a Figura 4.20, a simbologia relativa ao **fluxo dos produtos** encontra-se apresentada em detalhe. A numeração em cada símbolo de fluxo tem como objetivo facilitar o seguimento do fluxo do produto em toda a cadeia.

Na primeira, Figura 4.18, a simbologia apresentada é utilizada quando **não existe registo da repartição** de fluxo, daí a sua numeração ser de apenas um nível (**1, 2, 3, etc.**). Existindo **separação de fluxo** de produtos numa determinada fase da produção, a sua representação é efetuada como mostrado nas Figura 4.19 e Figura 4.20. No segundo nível da numeração efetuada, a letra **(a)** **identifica o fluxo principal**, ou seja, o pré-definido, e a letra **(b)** **o secundário**, ou seja, a(s) situação(ões) registada(s) de necessidade de desviar uma ordem para outra máquina que não a usual.

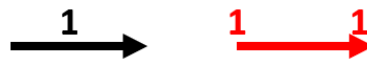


Figura 4.18 - Fluxo de produto sem repartição com manuseamento por parte dos Operadores (à esquerda) e por parte de Empilhadores (à direita)



Figura 4.19 - Fluxo de produto com manuseamento por parte dos Operadores principal (à esquerda) e secundário (à direita)



Figura 4.20 - Fluxo de produto por parte dos Empilhadores principal (à esquerda) e secundário (à direita)

De notar, ainda relativo à simbologia utilizada no fluxo de produtos, que a numeração é apresentada no início e no fim da seta de fluxo, quando é um transporte por empilhadora. No caso do manuseamento por parte dos Operadores é apenas apresentada uma vez. Esta distinção foi criada de modo a facilitar o seguimento do fluxo de produtos, dado que tipicamente o transporte por empilhadora corresponde a uma maior distância.

Nas figuras seguintes, Figura 4.21 a Figura 4.23, são isolados os restantes elementos da simbologia utilizada na construção do VSM no *layout* da fábrica.



Figura 4.21 - Zona de *WIP* do posto de trabalho (à esquerda) e *WIP* entre processos (à direita)



Figura 4.22 - Representação de um operador

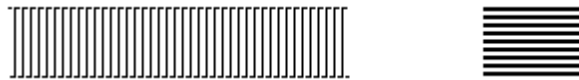


Figura 4.23 - Sistema de rolos estático (à esquerda) e móvel/carrinho de rolos (à direita)

No subcapítulo seguinte, **4.2.2**, são efetuados os dois mapeamentos *VSM*, para as prateleiras “**X**” e para as prateleiras “**Y**”.

4.2.2 Construção e Análise dos *VSM*'s

Na construção dos *VSM*'s o fluxo de informação foi separado do fluxo de materiais de modo a facilitar a leitura e análise de cada um. Dado que o fluxo de informação é comum aos dois elementos em estudo, este é apresentado primeiro, no subcapítulo **4.2.2.1**. É feita a sua descrição e análise de modo a identificar as possibilidades de melhoria e redução de desperdício. É apresentado de seguida o fluxo de materiais, referenciado como *VSM de materiais*, para as “**Prat. X**” no subcapítulo **4.2.2.2** e para as “**Prat. Y**” no subcapítulo **4.2.2.3**. A sua análise e respetivos cálculos são relativos ao fluxo principal de produção dos elementos. A repartição do fluxo é apresentada, mas não é contabilizada para os cálculos realizados através das equações (2) a (9). Os valores apresentados para o tempo em inventário entre processos, em *WIP*, foram obtidos através do *software ERP*.

4.2.2.1 Fluxo de informação e software de controlo de Produção

Como referido, a estrutura do fluxo de informação é comum aos dois *VSM*'s apresentados. A sua estrutura é apresentada na Figura 4.24, na qual se encontram numeradas as etapas descritas de seguida na Tabela 4.6.

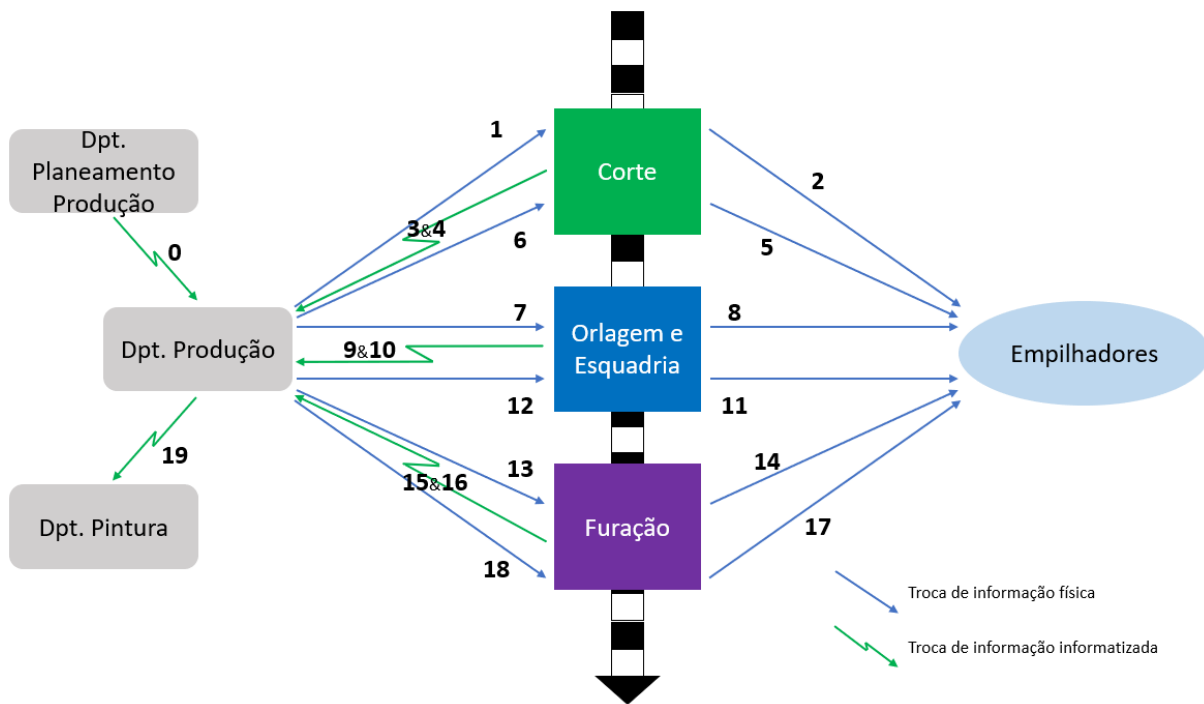


Figura 4.24 - Fluxo de informação na produção de "Melaminas"

Tabela 4.6 - Descrição das etapas apresentadas na estrutura do fluxo de informação

Nº da etapa	Descrição da etapa	Troca de Informação
0	Planeamento de Produção semanal	<i>software</i> interno ERP
1	Entrega de OP no estado 0	Chefes de Produção – Operadores
2	Pedido de entrega de MP (estado 0)	Operadores – Empilhadores
3	Início de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
4	Fim de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
5	Pedido de recolha do produto no estado 1	Operadores – Empilhadores
6	Recolha de OP no estado 1	Chefes de Produção – Operadores
7	Entrega de OP no estado 1	Chefes de Produção – Operadores
8	Pedido de entrega do produto no estado 1	Operadores – Empilhadores
9	Início de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
10	Fim de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
11	Pedido de recolha do produto no estado 2	Operadores – Empilhadores
12	Recolha de OP no estado 2	Chefes de Produção – Operadores
13	Entrega de OP no estado 2	Chefes de Produção – Operadores
14	Pedido de entrega do produto no estado 2	Operadores – Empilhadores
15	Início de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
16	Fim de resposta a OP	<i>software</i> interno ERP
17	Pedido de recolha do produto acabado (estado 3)	Operadores – Empilhadores
18	Recolha de OP finalizada	Chefes de Produção – Operadores
19	OP finalizada	<i>software</i> interno ERP

As diversas interações podem ser divididas essencialmente em três grupos de grande intensidade de troca de informação: Troca de informação via **software ERP interno**; Interação física **Chefes de Produção – Operadores**; Interação física **Operadores – Empilhadores**.

Software ERP interno: O *software* interno implementado em toda a fábrica é um **sistema ERP** e que ao longo deste trabalho foi referido diversas vezes referente à recolha de dados efetuada. Através deste sistema os vários departamentos comunicam e têm acesso a todos os dados das diversas áreas. O planeamento semanal é determinado através do *software* no Departamento de Planeamento de Produção e enviado para o Departamento de Produção (etapa 0 na Figura 4.24). Quando uma Ordem de Produção (OP) é finalizada, esta é atualizada no software pelos Chefes de Produção e comunicada ao Departamento de Pintura (etapa 19 na Figura 4.24).

As restantes interações via **software ERP** apresentadas (etapas 3,4,9,10,15 e 16 na Figura 4.24) são relativas aos registos efetuados pelos Operadores referentes ao estado da Ordem de Produção (início e fim). Os Operadores devem registar os seguintes momentos: Início de *Setup*; Início de Produção; Fim de Produção com nº de peças produzidas. Idealmente, todas as paragens efetuadas ao longo da Produção devem ser registadas, mas nem todas o são, pelo que se percebeu ao falar com os Operadores.

Foi observado ao longo deste estudo a existência de um elevado número de incongruências nos momentos de registo, particularmente na diferenciação dos momentos de **Início de Setup** e **Início de Produção**. Estas irregularidades prejudicam a fiabilidade dos dados apresentados pelo *software* no controlo de Produção. Na Figura 4.25 é apresentado um exemplo de irregularidade encontrada.

Act.	Desc.	Artigo	Hora	Qtd.Ok	Qtd.NOk	Activid...
999	Fim de actividade		16:27	0	0	Actividade
998	Fecho OF		16:26	0	0	Actividade
OF-FAB20P0302	Ordem de produção	2123.768	16:26	600	0	Reg.quant
OF-FAB20P0302	Ordem de produção	2123.768	13:53	0	0	Produção
000	Inicio Setup / Muda		13:32	0	0	Actividade
998	Fecho OF		13:32	0	0	Actividade
OF-FAB20P0236	Ordem de produção	2123.766	13:32	306	0	Reg.quant
OF-FAB20P0236	Ordem de produção	2123.766	11:44	0	0	Produção
000	Inicio Setup / Muda		11:41	0	0	Actividade
OF-FAB20P0436	Ordem de produção	2124.698	07:45	0	0	Produção
000	Inicio Setup / Muda		07:35	0	0	Actividade

Figura 4.25 - Irregularidade no registo do tempo de *Setup* na furadora **F2** e na produção de “Prat. Y”

Os Chefes de Produção para terem o conhecimento do estado da Ordem de Produção têm de selecionar a máquina na qual a ordem em questão está a ser respondida e a respetiva data. Após a seleção é apresentado o registo diário de todas as ordens efetuadas, pelo que os Chefes de Produção têm de encontrar o número identificador da ordem. Não conseguem fazer a pesquisa do número identificador para que sejam apresentadas todas as etapas e processos pelos quais os produtos foram sujeitos, impedindo o conhecimento imediato do tempo que um produto demorou ou está a demorar na sua produção. Para além desta dificuldade,

e interrogando os Chefes de Produção e o Diretor de Fábrica, todos os registos mencionados não são utilizados para integração em indicadores relativos à Produção.

Chefes de Produção – Operadores: As Ordens de Produção, na Figura 4.26, são impressas e cabe ao **Chefe de Produção** de entregar e recolher dos vários processos (etapas 1,6,7,12,13 e 18 na Figura 4.24). À medida que os produtos vão avançado na sua cadeia produtiva a ordem é atualizada.

Figura 4.26 - Ordem de Produção impressa

Cabe aos **Operadores** registarem também na folha a data e a quantidade produzida na sua respetiva secção. Após o registo da ordem finalizada, o Chefe de Produção acede ao *software* através do número identificador da ordem (no canto superior direito da Figura 4.26 este número é 7123.210), obtém o conhecimento do estado da ordem e dirige-se fisicamente à secção correspondente e recolhe a folha.

Operadores – Empilhadores: O último tipo de troca de informação é relativo à interação entre os Operadores e os Empilhadores (etapas 2,5,8,11,14 e 17 na Figura 4.24). Os Operadores, após terem todos os produtos acabados, fazem a preparação e transporte das paletes para a zona de expedição. É da responsabilidade dos Empilhadores efetuarem o transporte das paletes destas zonas para as zonas de *WIP* entre processos. Os Empilhadores andam pelo chão de fábrica observando as necessidades de transporte de produtos, mas é comum não repararem atempadamente nas necessidades dos diversos processos. Por esta razão, geralmente os Operadores têm de se dirigir aos Empilhadores para que estes façam o abastecimento da matéria-prima do processo ou para que sejam notificados da existência de paletes na zona de expedição. A primeira necessidade referida considera-se a mais crítica visto afetar diretamente a produção das peças. A não existência de um sistema de alerta aos Empilhadores destas necessidades prejudica a produção e origina movimentações desnecessárias dos Empilhadores.

4.2.2.2 Prateleiras “X”

Recordando que o lote típico para a produção deste elemento é de **150 peças** correspondendo a apenas **uma palete** necessária para o seu transporte. As suas dimensões, em *mm*, são 500 de comprimento, 298 de largura e 19 de espessura. Na Figura 4.27 é efetuada a representação esquemática do seu *VSM* de materiais (sem o fluxo de informação).

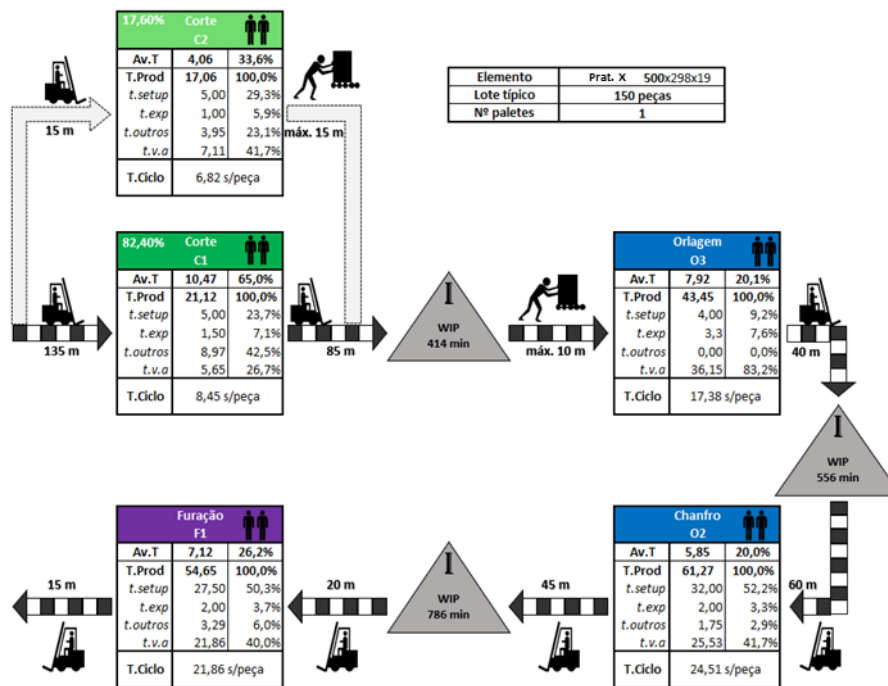


Figura 4.27 - VSM atual das prateleiras "X"

Na Tabela 4.7 são apresentados os valores do tempo despendido em cada atividade nos postos de trabalho, em **minutos**, sendo determinada a duração total de cada atividade em toda a cadeia de valor.

Tabela 4.7 - Tempo de cada atividade nos postos de trabalho na produção de "Prat. X"

	Posto C1	Posto O3	Posto O2	Posto F1	Total
<i>t.setup</i>	5,00	4,00	32,00	27,50	68,50
<i>t.exp</i>	1,50	3,30	2,00	2,00	8,80
<i>t.outros</i>	8,97	0,00	1,75	3,29	14,01
<i>t.v.a</i>	5,65	36,15	25,53	21,86	89,18
Tempo de Produção	21,12	43,45	61,27	54,65	180,49

Na Tabela 4.8 é então apresentado o resultado para o tempo total necessário à produção, ou seja, o **Lead Time Produtivo**, do lote típico das prateleiras "X". Os valores são apresentados em **minutos** e nos correspondentes **Dias Produtivos**.

Tabela 4.8 - Resultados do VSM atual das prateleiras "X"

	minutos	Dias Produtivos
Lead Time Produtivo	1936,49	4,034
em WIP	1756,00	3,658
em Produção	180,49	0,376
<i>t.setup</i>	68,50	0,143
<i>t.exp.</i>	8,80	0,018
<i>t.outros</i>	14,01	0,029
<i>t.v.a</i>	89,18	0,186

Adicionalmente aos resultados apresentados na Tabela 4.8, é importante também referir que no transporte de produtos, os **Empilhadores** percorrem uma distância total de **400 metros**, para a produção de apenas um lote de **150 prateleiras "X"**. O Tempo de Ciclo da produção de "**Prat. X**" é **12,91 minutos/peça**.

Efetuada o gráfico circular da distribuição do **Lead Time Produtivo** nas diversas atividades, apresentado na Figura 4.28, é realçada a porção de tempo em que o lote de peças se encontra em **WIP** entre processos.

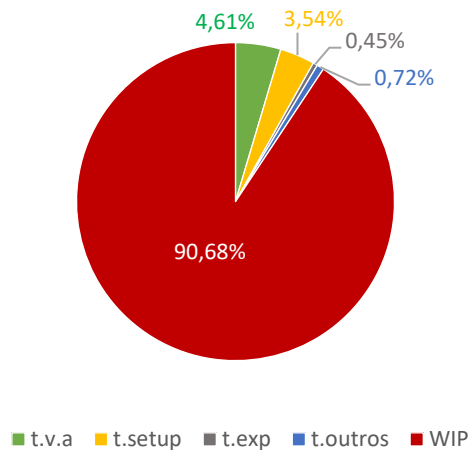


Figura 4.28 - Distribuição do *Lead Time* Produtivo das prateleiras "X"

Removendo a parcela de **WIP**, facilita-se a análise da distribuição do tempo em que as peças estão realmente **em Produção**. Os seus resultados são apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Distribuição do tempo em Produção das prateleiras "X"

	minutos	Dias Produtivos	%
em Produção	180,49	0,376	100,00%
<i>t.setup</i>	68,50	0,143	37,95%
<i>t.exp</i>	8,80	0,018	4,88%
<i>t.outros</i>	14,01	0,029	7,76%
<i>t.v.a</i>	89,18	0,186	49,41%

Do tempo gasto em Produção, o tempo de valor acrescentado, **t.v.a**, representa apenas **49%**. Os restantes 51% dividem-se em aproximadamente **38%** em atividades de *Setup*, **t.setup**, **5%** na preparação das paletes para expedição, **t.exp**, e os restantes **7%** em outras atividades, **t.outros**, sem valor acrescentado como por exemplo na alimentação e manuseamento de peças. A percentagem tão elevada de tempo dedicado ao *Setup* é um indicador de alarme, dado que, pensando globalmente na Produção da Fábrica, esta atividade é realizada várias vezes por dia e em todos os postos de trabalho.

Na Produção das "**Prat. X**", é relevante analisar a distribuição do tempo em Produção do lote nos postos. Esta distribuição é apresentada no histograma da Figura 4.29.

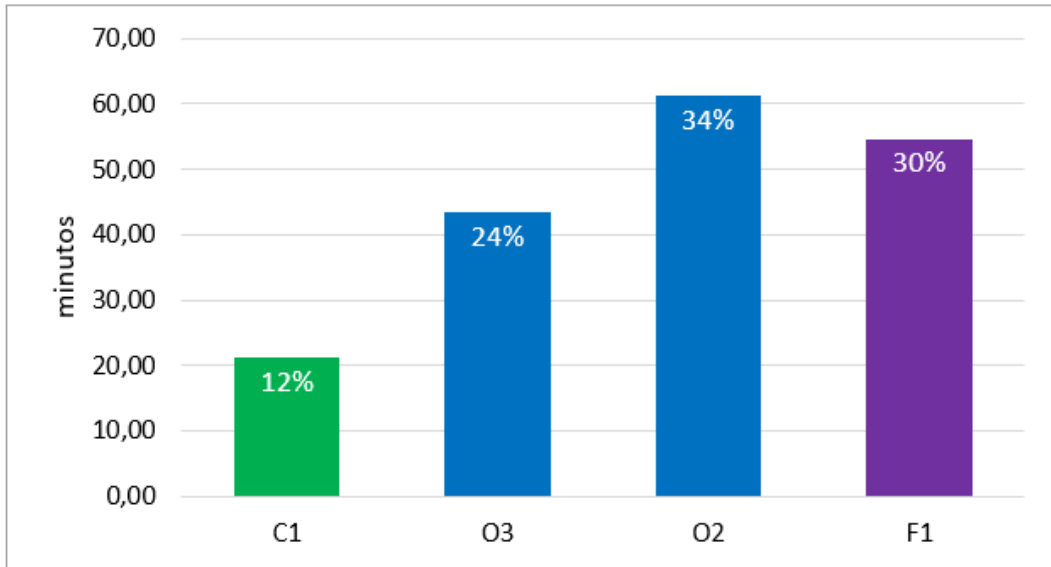


Figura 4.29 - Distribuição do tempo em Produção de "Prat. X" nos postos

O histograma apresentado traduz a distribuição do tempo total em Produção pelos vários processos a que o lote de prateleiras "X" é sujeito. Deste consegue-se determinar qual o **bottleneck** do VSM construído, sendo esse o processo no posto **O2**, representando **34%** do tempo gasto, seguindo-se o processo de furação no posto **F1** com um peso de **30%**. A orlagem no posto **O3** tem um peso de **24%** enquanto que o corte no posto **C1** representa apenas **12%**. Destes valores percebe-se que a distribuição do tempo em produção não se encontra nivelada, em que a abertura de chanfro, na máquina **O2**, constitui um **bottleneck** à Produção.

De modo a aprofundar a análise, é necessário definir também em que atividades é que o tempo é distribuído dentro dos vários postos. Na Figura 4.30 é representada esta separação da distribuição do tempo de Produção.

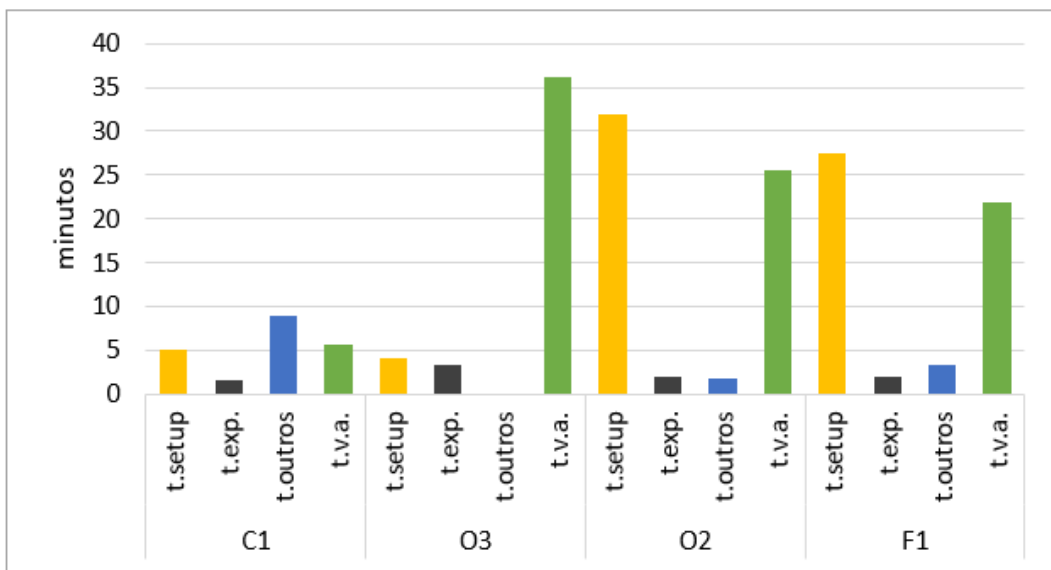


Figura 4.30 - Distribuição de tempo em Produção de "Prat. X" em atividades nos postos

Com o histograma da figura compreende-se como é distribuído o tempo pelas várias atividades e processos, revelando as fragilidades do sistema produtivo em estudo. Tanto no **bottleneck** encontrado, em **O2**, como no posto **F1**, o tempo gasto em *Setup*, **t.setup**, é superior ao tempo em que é acrescentado valor à peça, **t.v.a**. Por contraste, focando na orladora **O3**, o seu **t.v.a** representa aproximadamente **83%** e o tempo gasto em *Setup* corresponde apenas a cerca de **9%**. No entanto, nesta máquina o tempo gasto na preparação para expedição das paletes de produtos, **t.exp**, é o mais elevado comparando com os restantes processos e cujo peso é semelhante ao de **t.setup**, sendo cerca de **8%**.

Com enfoque no posto **C1**, apesar de ser o processo que ocupa menos tempo, apresenta também certos aspetos que podem ser melhorados. Neste processo a parcela **t.outros** é superior ao tempo de valor acrescentado, **t.v.a**, em que cada um representa, respetivamente, cerca de **42%** e **27%**. Esta parcela de várias atividades sem valor acrescentado engloba, entre outros, a espera de matéria-prima, a remoção de desperdício e o manuseamento de peças para recorte.

4.2.2.3 Prateleiras “Y”

O lote típico de produção deste elemento é de **500** peças necessitando de **2 paletes** para o seu transporte entre processos. A sua geometria é trapezoidal, sendo que as suas dimensões, em *mm*, são 340 por 337/267, e uma espessura de 19. A segunda passagem das peças pelo setor de corte é para realizar o corte diagonal, sendo que inicialmente são produzidas 250 peças com as medidas, em *mm*, de 340 por 604 e espessura de 19. O *VSM* do estado atual da sua produção é representado na Figura 4.31.

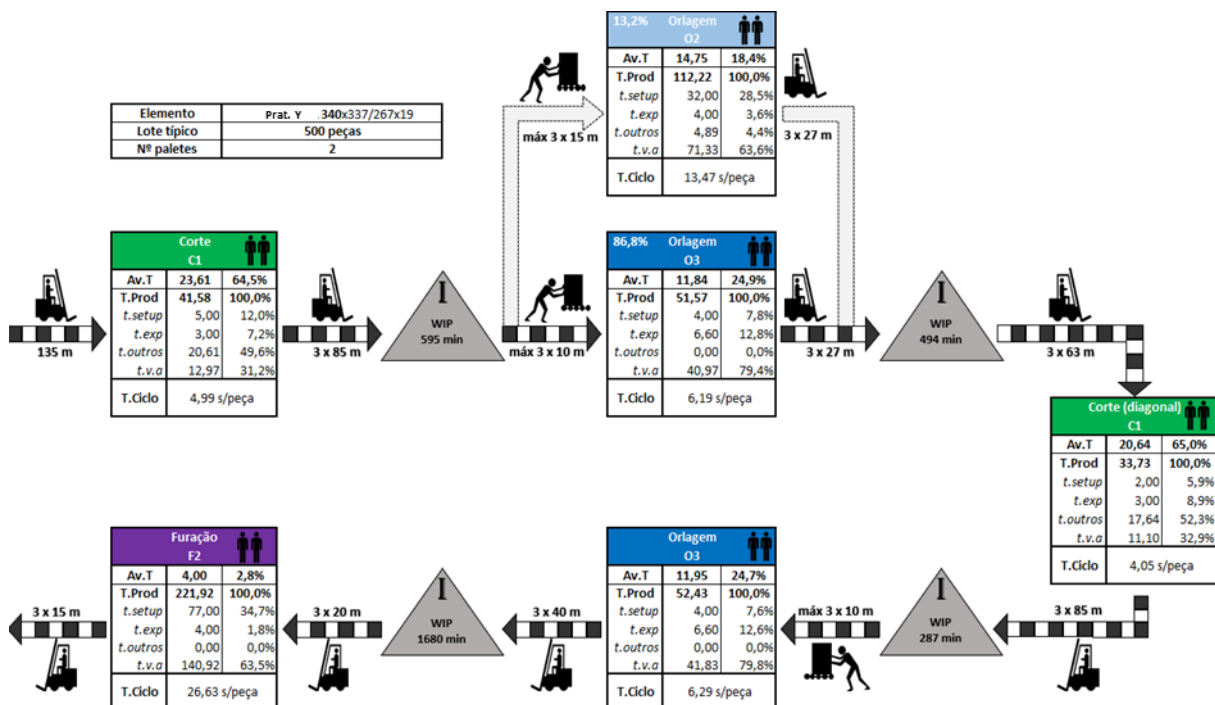


Figura 4.31 - VSM atual das prateleiras "Y"

Na Tabela 4.10 são apresentados os valores da duração de cada atividade, em minutos, determinando o tempo total gasto em cada atividade na produção de prateleiras “Y”.

Tabela 4.10 - Tempo de cada atividade nos postos de trabalho na produção de "Prat. Y"

	C1 1ª	O3 1ª	C1 2ª	O3 2ª	F1	Total
<i>t.setup</i>	5,00	4,00	2,00	4,00	77,00	92,00
<i>t.exp</i>	3,00	6,60	3,00	6,60	4,00	23,20
<i>t.outros</i>	20,61	0,00	17,64	0,00	0,00	38,25
<i>t.v.a</i>	12,97	40,97	11,10	41,83	140,92	247,78
Tempo de Produção	41,58	51,57	33,73	52,43	221,92	401,23

Analogamente ao apresentado para as prateleiras "X", na Tabela 4.11 são apresentados os resultados do VSM construído para as prateleiras "Y".

Tabela 4.11 - Resultados do VSM atual das prateleiras "Y"

	minutos	Dias Produtivos
Lead Time Produtivo	3457,23	7,203
em WIP	3056,00	6,367
em Produção	401,23	0,836
<i>t.setup</i>	92,00	0,192
<i>t.exp.</i>	23,20	0,048
<i>t.outros</i>	38,25	0,080
<i>t.v.a</i>	247,78	0,516

Derivado da necessidade de um maior número de paletes para o transporte do lote de Produção, **duas** paletes, a distância percorrida pelos **Empilhadores** é significativamente maior que na produção das "Prat. X". O seu valor é de **1140** metros. O **Tempo de Ciclo** na produção do lote típico de prateleiras "Y" é de **6,91 minutos/peça**. Na Figura 4.32 é apresentado o gráfico circular para a visualização da distribuição do *Lead Time* Produtivo nas diversas atividades.

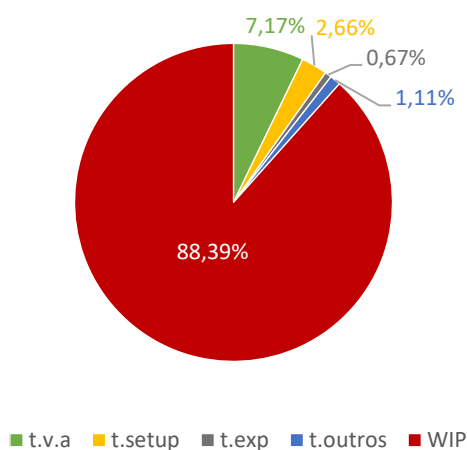


Figura 4.32 - Distribuição do *Lead Time* Produtivo das Prateleiras "Y"

Mais uma vez, a parcela de *WIP* ocupa a maior parte do tempo necessário à Produção. Removendo esta parcela, é possível efetuar uma melhor análise da distribuição do tempo nas restantes atividades. Esta distribuição é apresentada na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Distribuição do tempo em Produção das prateleiras "Y"

	minutos	Dias Produtivos	%
em Produção	401,23	6,367	100,00
<i>t.setup</i>	92,00	0,836	22,93
<i>t.exp</i>	23,20	0,192	5,78
<i>t.outros</i>	38,25	0,048	9,53
<i>t.v.a</i>	247,78	0,080	61,76

Da análise à Tabela 4.12 conclui-se que o tempo traduzido em valor acrescentado, *t.v.a.*, é aproximadamente **62%**. A atividade de *Setup*, *t.setup*, ocupa cerca de **23%** do tempo em Produção, que apesar de ser a atividade que constitui o maior desperdício de tempo, é consideravelmente menor do que na produção de "Prat. X". As diferenças destes valores são consequência direta da diferença da quantidade de peças em cada lote de Produção.

$\uparrow Qtd. Peças no lote \Rightarrow t.setup \text{ constante e } \uparrow t.v.a \Rightarrow \%t.setup \downarrow \text{ e } \%t.v.a \uparrow$

De modo a aprofundar a análise, interessa perceber como é feita a distribuição do tempo em Produção nos diversos postos de trabalho. No histograma da Figura 4.33 é apresentada a sua distribuição.

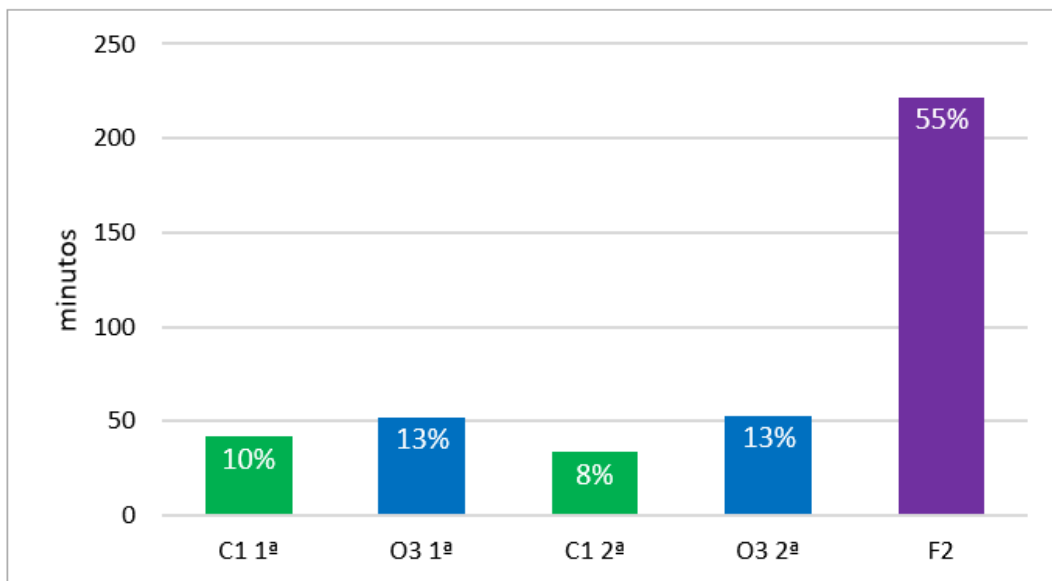


Figura 4.33 - Histograma da distribuição do tempo em Produção de "Prat. Y" nos processos

Com o gráfico é confirmada a existência clara de um **bottleneck** à Produção no processo de furação no posto **F2**, como previsto anteriormente e referido pelos Operadores. O processo de furação representa **55%** do tempo em Produção, sendo pelo menos **4 vezes superior** aos restantes quatro processos pelos quais os produtos são sujeitos. Estes últimos encontram-se relativamente nivelados quanto ao tempo de Produção

consumido. No gráfico da Figura 4.34 é aprofundada a análise da distribuição do tempo nas atividades realizadas dentro de cada posto.

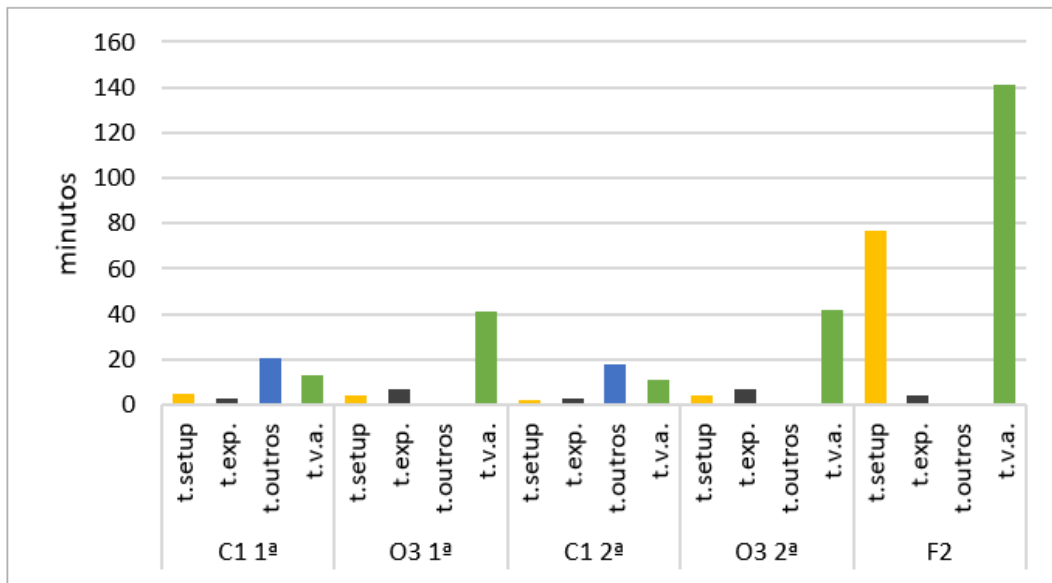


Figura 4.34 – Histograma da distribuição de tempo em Produção de “Prat. Y” nos processos e em atividades

Tendo como foco o **bottleneck** da cadeia de valor da Produção das prateleiras “Y”, determina-se que o tempo gasto na atribuição de valor à peça, **t.v.a.**, ocupa grande parte do tempo, consequência do modo de funcionamento necessário da máquina em *double-stop*. No entanto, o tempo alocado no *Setup*, **t.setup**, é muito elevado ocupando mais tempo à Produção do que qualquer outra atividade nos outros postos de trabalho.

Relativamente aos restantes postos, a sua análise e conclusões são semelhantes às apresentadas na produção de prateleiras “X” para os respetivos postos.

No subcapítulo seguinte, subcapítulo 4.3, são apresentados os aspetos considerados críticos no sistema produtivo atual da empresa que derivam da análise realizada aos *VSM's* e da observação e permanência no chão de fábrica. Para cada um é aplicada a metodologia *5 Whys* para a determinação das suas causas raiz. Os aspetos críticos são:

- Elevado tempo em *WIP*
- Elevada movimentação dos Empilhadores
- Tempos de espera de MP

4.3 Aspectos Críticos e Causas Raiz

Neste subcapítulo são definidos os aspectos considerados críticos, determinados ao longo do diagnóstico, para os quais são definidas as suas causas raiz através da utilização da metodologia *5 Whys*. Na sua essência este método consiste em repetir 5 vezes a pergunta *porquê?* (*why?*) à medida que se chega a uma possível causa, ou causas, do problema a solucionar. O número de vezes para se efetuar a pergunta *porquê?* não tem de ser invariavelmente 5, sendo que o objetivo deste número serve para reiterar o objetivo de se chegar à raiz do problema. Evita, portanto, que se fique pela causa aparente e superficial do problema (Carreira, 2004).

Os aspectos críticos encontrados neste diagnóstico, constituem, isoladamente, pelo menos uma categoria de desperdício. Os aspectos críticos e respetiva determinação das suas causas raiz encontram-se descritas de seguida.

Elevado tempo em *WIP* – Este é a epítome da categoria de desperdício **Inventário**. Dos *VSM*'s e da permanência em chão de fábrica foi possível observar esta situação. Na análise aos *VSM*'s foi determinada que do *Lead Time* Produtivo, tanto na produção das prateleiras “*X*” como das prateleiras “*Y*”, a parcela de *WIP* representa cerca de 90% em ambas. Este valor indica que os produtos se encontram parados e a ocupar espaço no chão de fábrica 90% do tempo. As “**Prat. X**”, por exemplo, poderiam ser produzidas em 0,376 Dias Produtivos, ou seja, em apenas cerca de 3 horas, *versus* os 4,034 Dias atuais. É, por isso, fulcral determinar as várias causas possíveis, de modo a poder minimizar este tempo e custo associado. De modo a facilitar a leitura do esquema da metodologia *5 Whys* realizada, esta foi separada e é apresentada nas Figura 4.35 e Figura 4.36.

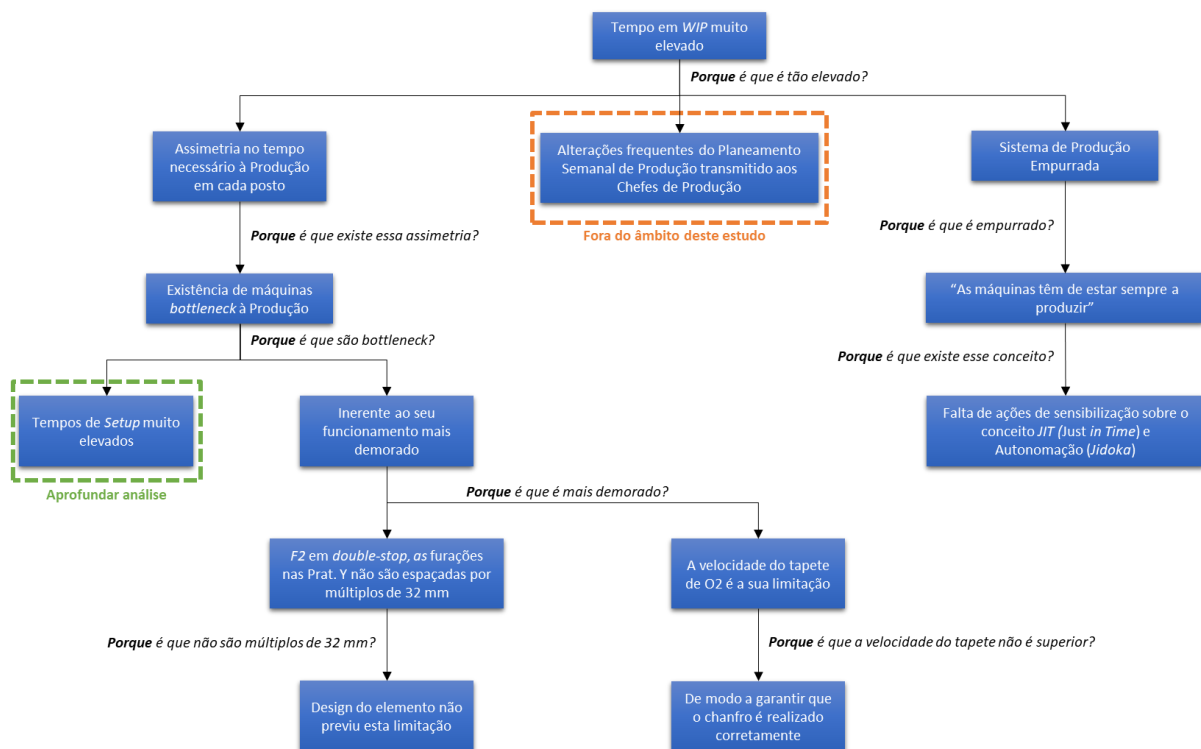


Figura 4.35 – 1ª *5 Whys* para “Elevado tempo em *WIP*”

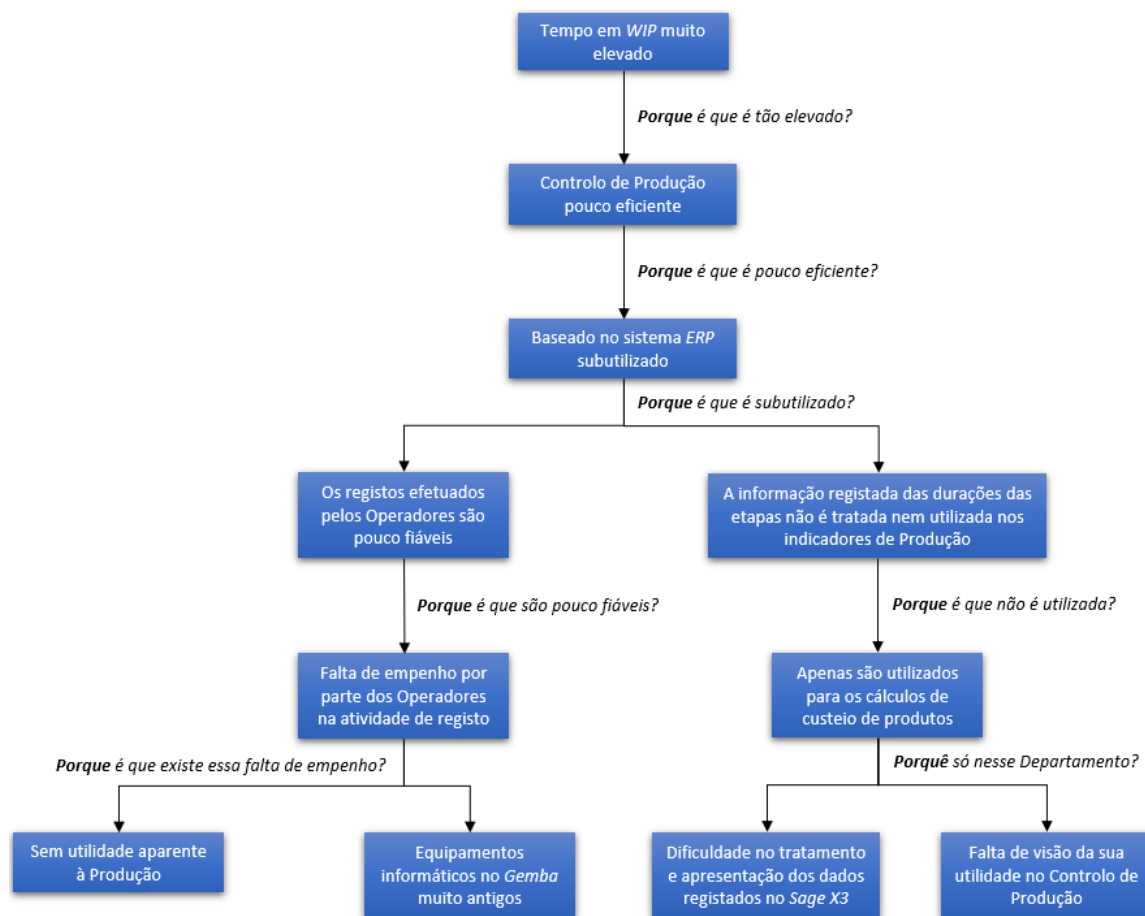


Figura 4.36 – 2ª 5 Whys para “Elevado tempo em WIP”

É importante referir que um fator importante para este problema de Inventário são as alterações frequentes do **Planeamento de Produção semanal** que os Chefes de Produção recebem no início da semana, apresentado na Figura 4.35. O aparecimento de ordens de Produção que se tornaram urgentes implicam que outras ficam em *standby*, pelo que o produto associado a estas últimas ficará em WIP. Apesar da sua elevada importância e influência no aspeto crítico do elevado tempo em WIP, o seu estudo e possíveis ações corretivas não integram o âmbito deste estudo.

No *bottleneck* à Produção de cada elemento em estudo, a atividade de *Setup* é a principal atividade sem valor acrescentado, como determinado na análise aos VSM's efetuados. Esta é definida como uma das causas para o elevado tempo em WIP dos produtos, requerendo uma análise suplementar para a determinação das suas causas e posterior implementação de soluções de melhoria.

Elevada movimentação dos Empilhadores – Este aspeto crítico engloba duas categorias de desperdício, a de **Transporte** e a de **Movimentação Desnecessária**. É um aspeto crítico, não só devido ao desperdício associado, mas também considerando a segurança dos Operadores no chão de fábrica. No chão de fábrica é necessário ter uma constante perceção da localização dos Empilhadores, de modo a garantir a própria segurança. Na construção dos VSM's é determinada a distância total percorrida, sendo esta diretamente influenciada pelo número de paletes necessárias na Produção de um lote. A distância percorrida apresenta um custo associado elevado, na utilização das máquinas Empilhadoras e a sua manutenção, sem atribuir qualquer valor aos produtos nem gerando qualquer tipo de receita à empresa. Sendo uma fonte de desperdício puro, interessa minimizar a sua existência. Para o efeito é realizada a análise das suas possíveis causas raiz nas Figura 4.37 e Figura 4.38.

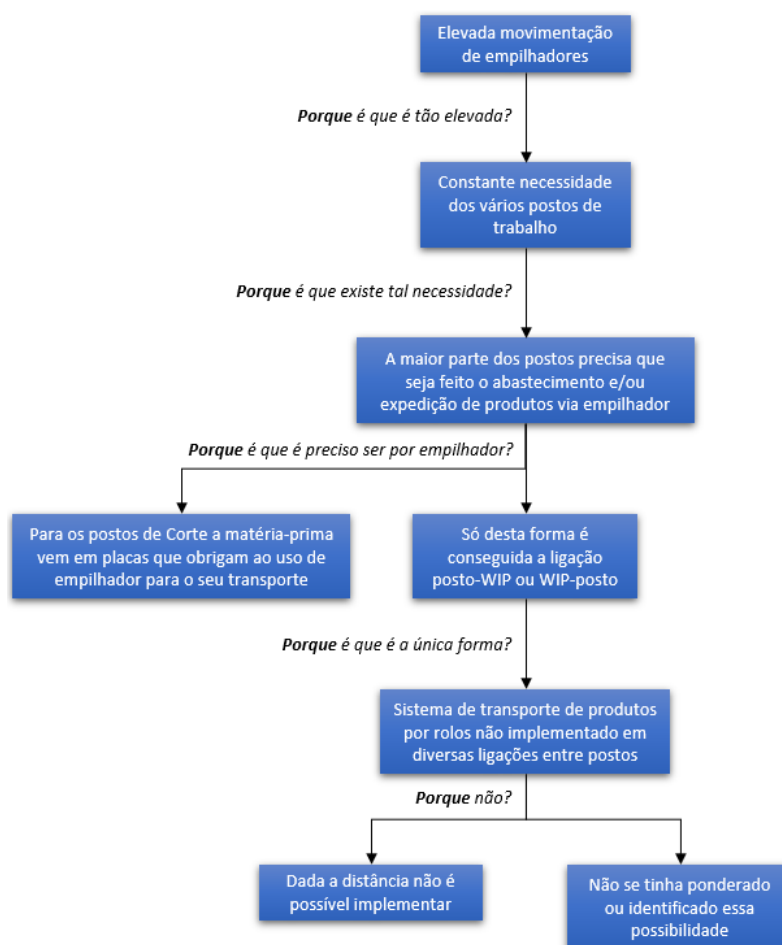


Figura 4.37 – 1ª 5 Whys para “Elevada movimentação dos Empilhadores”

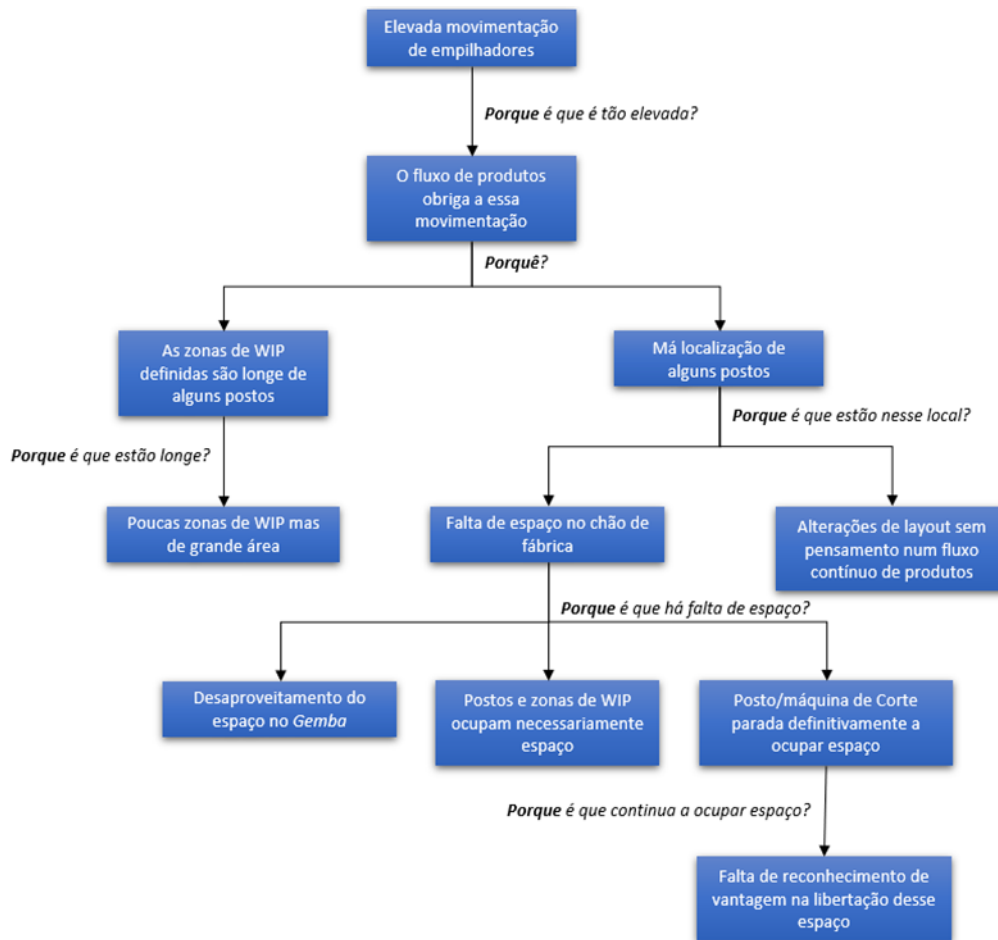


Figura 4.38 – 2ª 5 Whys para “Elevada movimentação dos Empilhadores”

Tempos de espera de MP – Este aspeto está diretamente relacionado com a categoria de desperdício, a de **Espera**. Afeta diretamente o *Lead Time* Produtivo, dado que eliminando este desperdício se diminui o tempo necessário à Produção de qualquer elemento, ou produto. Da observação nos postos de trabalho e da interrogação feita aos Operadores, compreendeu-se que nos postos em que o *Setup* é célere, muitas vezes este desperdício é verificado. Interessa, por isso, encontrar as causas raiz deste e eliminá-las ou minimizar a sua ocorrência. Desta forma, o impacto da redução dos tempos de *Setup* não será ofuscado pelo aparecimento de tempos de espera de matéria-prima nos postos. Na Figura 4.39 é feita a análise 5 Whys a este aspeto crítico.

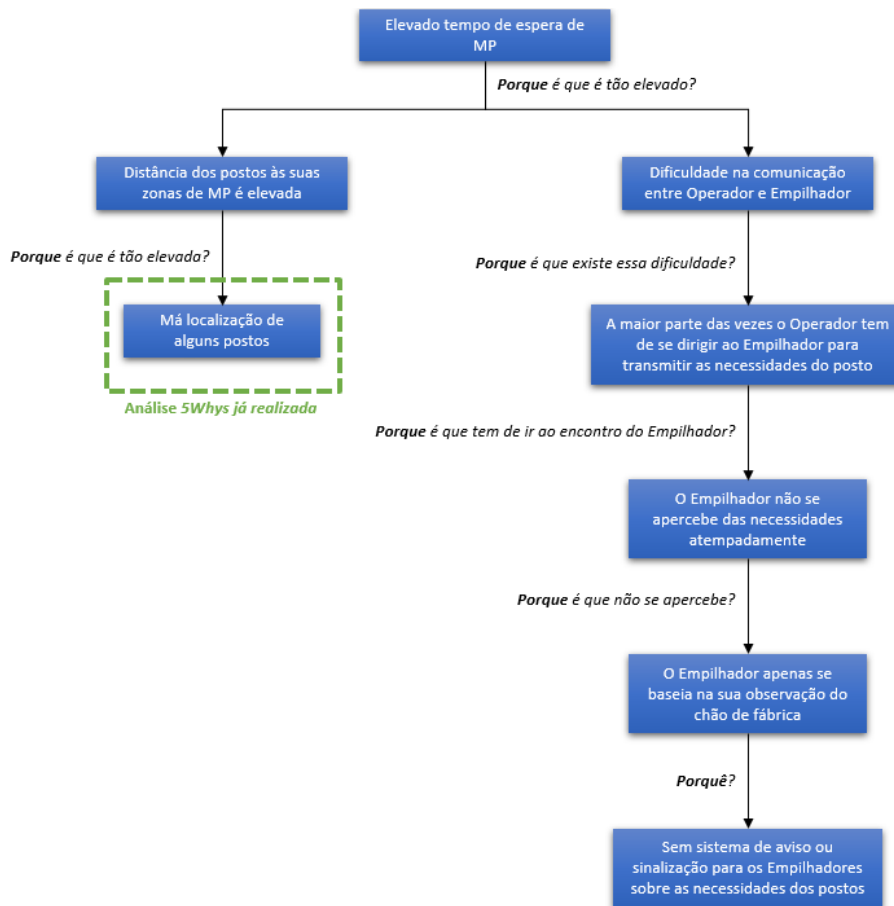


Figura 4.39 - 5 Whys para "Tempos de espera de MP"

Na tabela seguinte, Tabela 4.13, é apresentado o resumo das diversas causas raiz para os aspetos críticos encontrados ao longo da realização do diagnóstico ao sistema produtivo das prateleiras "X" e "Y".

Tabela 4.13 - Tabela resumo dos Aspetos Críticos e suas Causas Raiz

Aspetos Críticos	Possíveis Causas Raiz
<i>Elevado tempo de WIP</i>	Alterações frequentes no Planeamento Semanal de Produção Falta de ações de sensibilização sobre <i>JIT</i> e <i>Autonomia</i> Equipamentos informáticos no <i>Gemba</i> muito antigos Dificuldade no tratamento e apresentação dos dados registados no <i>ERP</i> Tempos de <i>Setup</i> elevados nas máquinas bottleneck
<i>Elevada movimentação dos Empilhadores</i>	Desaproveitamento de espaço no <i>Gemba</i> Posto/máquina de Corte parada definitivamente a ocupar espaço Sistema de transporte de produtos por rolos não implementado em diversas ligações entre postos
<i>Tempos de espera de MP</i>	Desaproveitamento de espaço no <i>Gemba</i> Posto/máquina de Corte parada definitivamente a ocupar espaço Sem sistema de aviso ou sinalização para os Empilhadores sobre as necessidades dos postos

4.4 Conclusão do diagnóstico

Com o objetivo de terminar a fase de Diagnóstico deste trabalho, as possíveis causas raiz a abordar foram associadas a diferentes áreas de ação, de modo a estruturar o desenvolvimento de soluções de melhoria na tabela resumo, Tabela 4.14. Foram então definidas as seguintes três áreas de ação:

- **Setup**
- **Layout**
- **Software ERP**

Tabela 4.14 - Áreas de Ação, Causas Raiz e Soluções *Lean*

Áreas de Ação	Causas Raiz Associadas	Soluções <i>Lean</i>
Setup	- Requer uma análise suplementar focalizada	- A definir após análise focalizada
Layout	- Desaproveitamento de espaço no <i>Gemba</i> - Posto/máquina de Corte parada definitivamente a ocupar espaço - Sistema de transporte de produtos por rolos não implementado em diversas ligações entre postos - Sem sistema de aviso ou sinalização para os Empilhadores sobre as necessidades dos postos	- <i>5S</i> e <i>Visual Management</i> no <i>Gemba</i> - Realocação de máquinas/postos - Reestruturação <i>layout</i> dos postos de furação - Reestruturação de fluxo - Implementação de sistema de rolos e <i>FIFO Lanes</i> - Implementação de <i>Andon</i> para sinalização
Software ERP	- Equipamentos informáticos no <i>Gemba</i> muito antigos - Dificuldade no tratamento e apresentação dos dados registados no sistema	- Utilização dos registos efetuados para <i>Visual Management</i> eficaz - Digitalização

O capítulo seguinte dedicado às soluções de melhoria, capítulo 5, é dividido em subcapítulos, cada um dedicado a cada área de ação referida.

O primeiro subcapítulo é dedicado à análise e ação focalizada no **Setup**. Considerou-se necessário efetuar uma análise suplementar focalizada para se estabelecer quais as soluções que melhor se adequam. A análise será efetuada ao *bottleneck* da produção de “Prat. Y”, ou seja, ao *Setup* no posto **F2**. Serão determinadas as causas raiz com a aplicação da ferramenta *SID*, e, consoante as causas, definida a solução que se considerar mais adequada. O principal objetivo será a diminuição do tempo consumido na atividade de *Setup* em estudo.

No subcapítulo 5.2, dedicado à área de ação do **Layout**, são enunciadas as principais propostas apresentadas e discutidas num *Kaizen Event* para o combate às causas raiz definidas. As soluções visam ter um impacto real na

Elevada movimentação dos Empilhadores e nos Tempos de Espera de MP. Estas passam primeiramente pela aplicação dos **5S**, principalmente a aplicação do 1º S, **Seiri**. Também o 2º S, **Seiton**, é aplicado, juntamente com o **Visual Management**, como ação a tomar nas zonas de *WIP*. É ainda feita uma reestruturação profunda do *Layout* nos postos de furação estudados de modo a minimizar a necessidade do uso de Empilhadores nestes postos. No fim do subcapítulo é apresentado o resultado de todas as alterações propostas no fluxo de materiais na produção dos dois elementos estudados, as prateleiras “X” e as prateleiras “Y”, com a estimativa do impacto na distância percorrida pelos Empilhadores no transporte dos produtos.

Quanto às medidas referentes ao **Software ERP**, no subcapítulo 5.3 serão propostas formas de utilização dos dados e de apresentação dos diversos registos efetuados diariamente, em *dashboards* a instalar dentro do Gabinete de Produção e nos postos, para que exista **Visual Management** eficaz e permitindo um controlo ativo da Produção. A integração da **digitalização** no tratamento e apresentação dos dados tem como objetivo primário facilitar tanto o trabalho dos Chefes de Produção, no planeamento e controlo diário da Produção, bem como o trabalho dos Operadores na preparação dos postos e máquinas para as ordens de Produção seguintes. No fim do subcapítulo é apresentada uma estimativa de impacto, determinada através de uma pesquisa bibliográfica e extrapolação para o caso em questão.

O capítulo é concluído com o resumo da estimativa de impacto das diversas propostas apresentadas, em que é demonstrada a sua interligação, reforçando a necessidade da adoção da filosofia *Lean* como mais do que um conjunto de ferramentas a aplicar separadamente.

5 Soluções de melhoria desenvolvidas

5.1 Análise e Ação focalizada aos *Setups*

Da análise efetuada aos dois *VSM's* foi determinado o *bottleneck* de cada um, dos quais se identificou que a atividade de *Setup* apresenta em ambos uma percentagem elevada do tempo. Esta é considerada a fonte principal de *Muda* (desperdício) nos *bottleneck* e uma das principais causas para um elevado tempo de *WIP* dos produtos no sistema produtivo atual.

Neste subcapítulo, será apenas efetuado o diagnóstico focalizado ao *Setup* no posto **F2**, correspondente ao *bottleneck* do fluxo produtivo de prateleiras “Y”, de modo a fazer a análise das suas causas raiz e permitir o desenvolvimento de soluções de melhoria. Foram efetuadas diversas observações desta atividade, registando cada etapa e a sua duração. Após o seu registo, as etapas foram ainda agregadas de modo a facilitar a sua análise ao reduzir o seu elevado número, bem como para se obter uma transversalidade nas categorias para comparação e análise das várias observações, estratégia adaptada da metodologia SID em (Peças, Morgado, Jorge, & Henriques, 2012). Foram então definidas as seguintes categorias:

- **Limpeza** – Tarefas de limpeza com jato de ar, vassoura ou aspiração. Inclui a preparação das zonas de MP e de receção de peças
- **Transporte** – Tarefas que envolvam a movimentação de ferramentas ou de peças. Inclui as tarefas de seleção
- **Movimentos de Operador** – Tarefas em que o Operador se desloca com as “mãos livres” (no alcance de ferramentas, da folha de informações ou na verificação dos parâmetros). Inclui as interações entre Operadores
- **Ajustes e Posicionamento** – Tarefas em que se efetua afinação, substituição e/ou colocação de batentes, fixadores, sensores e calços. Inclui os ajustes de abertura e altura das máquinas
- **Troca de Ferramenta** – Tarefas de substituição e/ou colocação das ferramentas características da operação (brocas de furação)
- **Programa** – Tarefas que envolvam a programação e ajustes de parâmetros e o modo de funcionamento da máquina
- **Verificações Finais** – Tarefas de verificação e medição das peças de teste, por parte do Operador ou do Responsável do Controlo de Qualidade. Inclui tarefas de ajuste fino de parâmetros e a retificação de erros cometidos que possam emergir no momento da verificação

Com esta abordagem ao diagnóstico focalizado nos *Setups*, sistematiza-se a análise permitindo que a mesma seja posteriormente aplicada às restantes atividades de *Setup*, concretamente no posto **O2**, *bottleneck* de Produção das prateleiras “X”. Tipicamente as atividades **Troca de Ferramenta** e **Ajustes e Posicionamento** são necessárias efetuar com a máquina do posto em questão desligada, pelo que se podem considerar como **Atividades Internas**. As atividades **Transporte** e **Movimentos de Operador** são geralmente atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, pelo que são consideradas **Atividades Externas**. No caso destas últimas serem realizadas como Atividades Internas e/ou ocuparem uma elevada porção do tempo

despendido no *Setup*, existe uma oportunidade de melhoria. As restantes atividades podem ser realizadas com a máquina parada ou em funcionamento, pelo que a sua análise deve ser adaptada a cada caso específico.

No Anexo 4, é apresentado o registo completo das várias etapas observadas e gravadas no *Setup* do posto **F2**, bem como a sua agregação nas atividades definidas com a ferramenta SID através de um código de cores. A Tabela 5.1 representa um excerto do registo das etapas de uma das observações com um propósito ilustrativo da sua categorização através do código de cores. A Tabela 5.2 é o resultado da agregação das atividades em categorias de uma observação efetuada, que visa permitir a associação de cada cor utilizada à categoria correspondente.

Tabela 5.1 - Excerto do registo de etapas e sua categorização por código de cores

2ª Observação [segundos]	
Remover brocas da ordem anterior	9
Ir buscar chave de desaperto	8
Trazer chave de desaperto	8
Remover brocas base da ordem anterior	9
Guardar brocas base da ordem anterior	27
Ir buscar dossier de folhas de posições das ordens	8
Selecionar folha da ordem corrente	32
Ir buscar ferramenta	6
Trazer ferramenta	6
Remover brocas lateral direita da ordem anterior	38
Pousar brocas lateral direita da ordem anterior	5
Selecionar brocas para a ordem corrente	21
Limpeza com jato de ar	10
Colocar brocas lateral direita para a ordem corrente	22
Limpeza com jato de ar	17
Ir buscar brocas da ordem corrente já selecionadas	8

Tabela 5.2 - Agregação das etapas realizadas em categorias

Categoria	[min]	%
Limpeza	1,93	7,10%
Transporte	5,88	21,62%
Movimentos de Operador	2,65	9,74%
Ajustes e Posicionamento	3,98	14,64%
Troca de Ferramenta	2,85	10,47%
Programa	1,23	4,53%
Verificações Finais	8,68	31,90%
Total	27,22	100,00%

5.1.1 Análise

Como referido foi observada a atividade de *Setup* no posto **F2**. Foram realizadas 3 observações às tarefas realizadas pelo Operador principal durante a atividade de *Setup*. As observações incidiram, propositadamente, na preparação do posto para a furação do mesmo elemento, de modo a que todos os parâmetros de furação e necessidades nesta atividade seriam os mesmos.

A única diferença encontra-se na última observação efetuada em relação às condições em que o *Setup* foi efetuado. Nesta, o Operador principal estava sozinho, pelo que teve de realizar todas as tarefas necessárias para preparar o posto para a ordem de Produção, sem o auxílio do segundo Operador. O segundo Operador, atua principalmente nas tarefas pertencentes à categoria definida como Ajustes e Posicionamento.

Desta forma, após o registo e análise dos resultados, seria de esperar que no caso de o processo estar otimizado:

1. A duração e distribuição do tempo nas diferentes categorias fossem semelhantes nas duas primeiras observações efetuadas, dado que as suas condições são as mesmas
2. O tempo total gasto no *Setup* fosse significativamente maior na terceira observação em relação às restantes, com um especial aumento no tempo despendido nas tarefas de Ajustes e Posicionamento

A Tabela 5.3 apresenta os resultados das 3 observações efetuadas, com o tempo total discriminado nas diferentes categorias.

Tabela 5.3 - Resultados das observações à atividade de *Setup* em F2

	1ª Observação		2ª Observação		3ª Observação	
	[min]	%	[min]	%	[min]	%
Limpeza	1,93	5,23%	1,93	7,10%	2,17	6,30%
Transporte	4,10	11,09%	5,88	21,62%	4,63	13,48%
Movimentos de Operador	6,53	17,67%	2,65	9,74%	5,30	15,42%
Ajustes e Posicionamento	7,32	19,78%	3,98	14,64%	13,27	38,60%
Troca de Ferramenta	1,23	3,33%	2,85	10,47%	1,33	3,88%
Programa	1,45	3,92%	1,23	4,53%	1,32	3,83%
Verificações Finais	14,42	38,98%	8,68	31,90%	6,35	18,48%
Tempo total	36,98	100,00%	27,22	100,00%	34,37	100,00%

Numa primeira análise, determina-se que os pressupostos enunciados não são coerentes com os resultados obtidos. Observou-se uma discrepância significativa relativamente à duração total da atividade nas duas primeiras observações efetuadas, concretamente uma diferença de 36% da primeira em relação à segunda. Esta diferença indica a falta de procedimentos standard no *Setup*. Ainda sobre a duração total, também o segundo pressuposto não correspondeu à realidade: a ausência do segundo Operador não afetou significativamente o tempo total do *Setup*, visto que o seu valor na terceira observação está entre os valores das outras duas. Esta última afirmação indica que existe um desnivelamento na carga de trabalho entre os dois Operadores na atividade de *Setup*.

De modo a facilitar a análise em relação à distribuição do tempo despendido nas diferentes categorias, os resultados são exibidos na Figura 5.1 sob a forma de um gráfico *Yamazumi*.

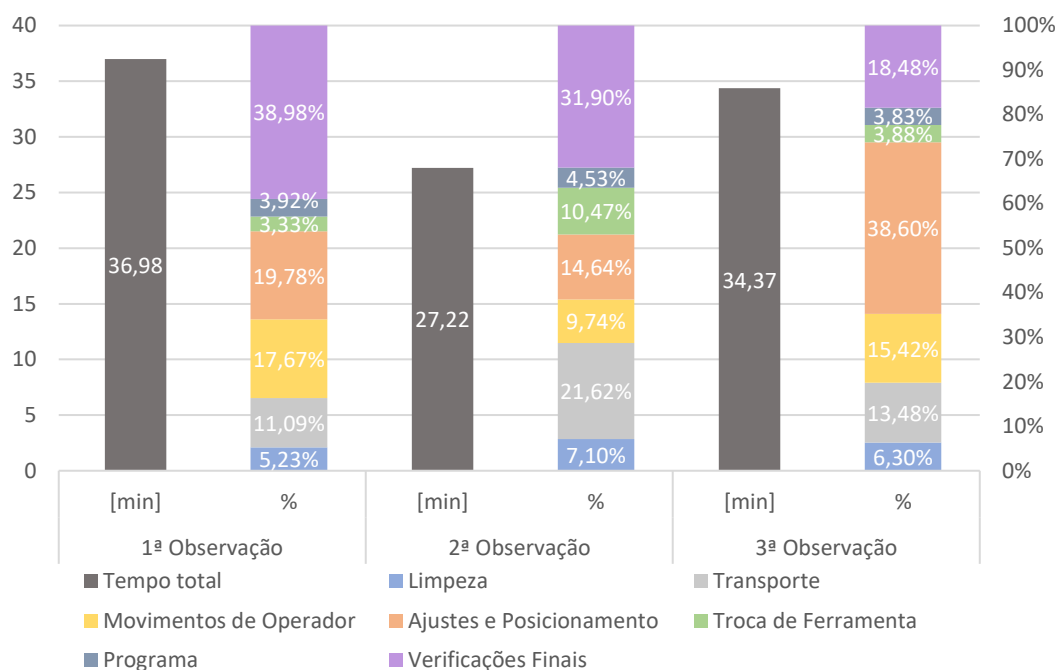


Figura 5.1 - Distribuição temporal das categorias de tarefas nas diferentes observações ao mesmo *Setup*

Da Figura 5.1 e com foco nas duas primeiras observações, torna-se claro que também existe uma discrepância na distribuição do tempo consumido das diferentes categorias dentro do mesmo *Setup*. No entanto, esta discrepância tornou-se expectável quando se observou a diferença no tempo total consumido. Seria improvável que todas as categorias tivessem a mesma variação, relativamente à variação observada no tempo total consumido no *Setup*. O expectável seria existir uma maior diferença em apenas algumas categorias. Verifica-se ainda que a categoria de Verificações Finais, tem um peso bastante elevado nas duas observações em questão. Observou-se que o Operador efetua tarefas de medição e de verificação dos parâmetros das furações da peça, levando a certos ajustes finos. O Operador, quando considera que a furação cumpre as especificações, chama o Responsável de Controlo de Qualidade, que efetua as medições e verificações dos mesmos parâmetros para poder dar o aval para o início da Produção. A duração desta categoria e das restantes será analisada em maior detalhe na Figura 5.2, onde se tentará definir e justificar as eventuais diferenças entre os valores em cada observação.

Relativamente à última observação, apenas se verificou o impacto da ausência do segundo Operador no incremento substancial do peso relativo das tarefas pertencentes a Ajustes e Posicionamento, em comparação com as duas observações anteriores.

Para se poder retirar conclusões acerca das diferenças entre as observações de um mesmo *Setup*, nomeadamente as causas para a discrepância no tempo total demorado nas duas primeiras e a ausência de um Operador na terceira não ter um impacto significativo no tempo total gasto, é necessário comparar a duração da mesma categoria de tarefas em cada observação efetuada. Na Figura 5.2, os resultados dos registos são apresentados de forma a permitir essa análise.

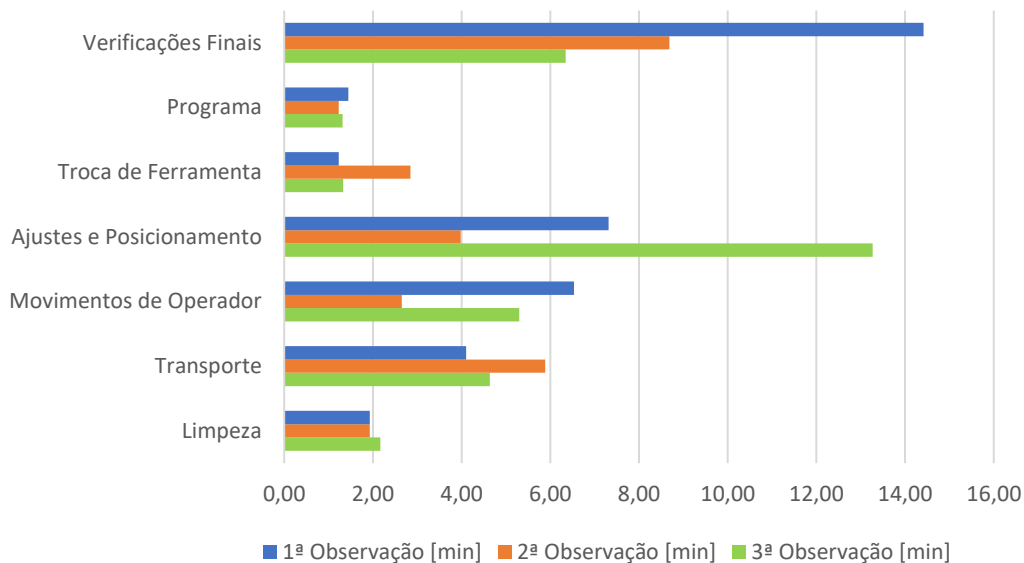


Figura 5.2 - Comparação da duração de cada categoria nas observações efetuadas

Apenas duas das sete categorias definidas é que apresentam uma consistência no tempo gasto ao longo das três observações. Estas são a categoria de Limpeza e a categoria de Programa. Este facto reforça a necessidade de um procedimento standard de modo a minimizar a variação nas restantes categorias.

A principal razão para a discrepância entre as observações é a própria diferença no tempo total gasto em tarefas da categoria Verificações Finais. Está diretamente relacionado com a obtenção (ou não) da furação com as medidas corretas à primeira. A 3ª observação foi a que apresentou o melhor resultado, dado que não envolveu um grande número de ajustes finos após a medição dos parâmetros da furação pelo próprio Operador e que foi imediatamente aprovada, após medição, pelo Responsável do Controlo de Qualidade. De um modo simples, o procedimento empírico efetuado envolve que sejam utilizadas 2 peças de teste (sem se tornarem desperdício) e a existência de 3 momentos distintos de furação. Na 1ª observação, por sua vez, registou-se a utilização de 5 peças de teste (1 tornando-se desperdício) e 8 momentos de furação. Este registo, justifica a diferença e o aumento substancial na duração total desta categoria.

Comparando com a 2ª observação, que registou o menor tempo total gasto no *Setup*, a 3ª observação apresenta uma diferença significativa nas categorias Ajustes e Posicionamento e Movimentos de Operador. Considera-se que a ausência do segundo Operador foi o principal fator para esta variação, dado que obrigou ao Operador principal a efetuar todos os ajustes de parâmetros, deslocando-se diversas vezes entre as zonas de entrada e de saída da máquina. A inexistência de um procedimento standard documentado também contribuiu para a movimentação elevada do Operador, na medida em que os diversos ajustes foram realizados à medida que o Operador se ia lembrando, tornando a sequência de tarefas mais desorganizada.

É importante referir que todas as tarefas observadas, com exceção das tarefas associadas aos momentos de furação (inseridos na categoria Verificações Finais) foram realizadas com a máquina parada, ou seja, como Atividades Internas. Permite concluir que não existe qualquer distinção atual entre Atividades Internas e Atividades Externas

Os aspetos críticos detetados como causas para o elevado tempo de *Setup* no posto **F2** podem ser resumidos da seguinte forma:

- Variação elevada na duração das categorias de tarefas
- Desnivelamento na distribuição de tarefas entre os Operadores
- Dificuldade no cumprimento dos parâmetros de furação na primeira tentativa
- A maioria das tarefas são realizadas com a máquina parada

Determina-se que a definição de um procedimento standard irá permitir não só uma maior consistência na duração da atividade de *Setup* mas principalmente uma redução do respetivo tempo.

5.1.2 Definição de um procedimento standard

O desenvolvimento desta solução tem como base a utilização da ferramenta SMED. A metodologia SID adotada na análise, pode ser considerada como uma parte integrante da ferramenta SMED, principalmente na 1ª fase desta última. A identificação e separação das categorias como Atividades Internas (em que a máquina é obrigada a estar parada para a sua realização) e Atividades Externas (que não obrigam à paragem da máquina) permite identificar o potencial de melhoria existente no processo. Como referido, algumas das categorias definidas inicialmente são tipicamente Atividades Internas (caso da Troca de Ferramenta e Ajustes e Posicionamento) ou Atividades Externas (caso da Transporte e Movimentos de Operador).

No entanto, foi necessário efetuar uma divisão em subcategorias para permitir a classificação adequada das restantes categorias que englobam tanto Atividades Internas como Externas. Na tabela seguinte, Tabela 5.4, é feita a classificação em Atividades Internas ou Externas das subcategorias referidas.

Tabela 5.4 - Classificação das Categorias como Atividades Internas ou Atividades Externas

Categoria Geral	Subcategorias	Tipo de Atividade
Limpeza	Utilizar jato de ar nos cabeçotes	Interna
	Aspirar aparas	Interna
	Colocar tubo de aspiração na zona de furação	Externa
	Preparar zona de paletes de MP e de PA	Externa
Transporte	Guardar e Trazer ferramentas de aperto	Externa
	Guardar, Selecionar e Trazer brocas de furação	Externa
	Selecionar folhas de desenhos técnicos e de posições da ordem corrente	Externa
	Inserir peças de teste na máquina	Externa
	Guardar cabeçotes, fixadores e/ou barras de apoio	Externa
Movimentos de Operador	Ir buscar brocas, ferramentas	Externa
	Dirigir-se à entrada, saída ou controlador da máquina	Externa
Ajustes e Posicionamento	Ajustar posição de cabeçotes, batentes ou fixadores	Interna
	Ajustar largura e altura do tapete de peças	Interna
	Posicionar sensor	Interna
	Substituir pastilhas dos batentes (manutenção)	Interna
Troca de Ferramenta	Remover brocas da ordem anterior	Interna
	Colocar brocas da ordem corrente	Interna
Programa	Ajustar largura tapete eletronicamente	Interna
	Subir e Descer fixadores superiores	Interna

	Programar tipo de furação	Interna
Verificações Finais	Esperar que seja efetuada a furação na peça de teste	Externa
	Medir e Verificar parâmetros da furação nas peças de teste	Externa
	Correções (Afinações e Ajustes) dos parâmetros	Interna

A distinção, definida na Tabela 5.4, entre os tipos de atividades deve ser contemplada no documento standard a criar para o procedimento de *Setup* de modo a ser uma solução eficaz. Deve existir um esforço para efetuar as tarefas consideradas como Atividades Externas com a máquina em funcionamento. A sua implementação bem sucedida permite reduções significativas no tempo de *Setup* e sem um custo adicional. Na Tabela 5.5 são apresentados os resultados que se podem atingir apenas com a separação entre atividades Internas e Externas.

Tabela 5.5 - Resultados a obter com a aplicação de SMED

	Inicial [min]	Fase 1 SMED [min]	Diferença [%]
1ª Observação	36,98	11,93	68%
2ª Observação	27,22	10,00	63%
3ª Observação	34,37	18,08	47%

Para atingir esta meta, um dos principais fatores condicionantes é conseguir que os parâmetros da furação sejam os corretos na primeira tentativa para que não sejam precisas as intervenções corretivas de afinação por parte do Operador que obrigam a que a máquina esteja parada. Desta forma as verificações podem ser efetuadas por parte do Responsável de Controlo de Qualidade com a máquina do posto já em funcionamento. A incorporação do documento de parâmetros, “Folha de Posições”, já utilizado pelos Operadores, é considerado fundamental para que os resultados desejados sejam atingidos com a criação do procedimento standard do *Setup*.

No entanto, através das interrogações aos Operadores no posto, percebeu-se que existe um constante desvio dos parâmetros da máquina ao longo do tempo derivado da senioridade da máquina, o que impede as medidas certas à primeira e que obriga à necessidade de se efetuar as correções e afinações dos mesmos. Por esta razão, deve-se adaptar a folha de posições para que se facilite uma atualização constante dos valores no documento. Esta atualização deve ser realizada externamente quando a máquina se encontra já em produção. Assim é possível minimizar, e no limite, eliminar, as tarefas de afinação dos parâmetros.

Da separação efetuada das atividades e dos resultados que podem ser atingidos, apresentados na tabela anterior, fica visível ainda o potencial de redução da variação entre as duas primeiras observações com esta ação.

$$\text{Variação Inicial} \quad \frac{1^{\text{a}} \text{ Obs.} - 2^{\text{a}} \text{ Obs.}}{1^{\text{a}} \text{ Obs.}} \times 100 = \frac{36,98 - 27,22}{36,98} \times 100 = 26,39\% \quad (10)$$

$$\text{Variação após Etapa 1} \quad \frac{1^{\text{a}} \text{ Obs.} - 2^{\text{a}} \text{ Obs.}}{1^{\text{a}} \text{ Obs.}} \times 100 = \frac{11,93 - 10,00}{11,93} \times 100 = 16,17\% \quad (11)$$

Foi então definido, juntamente com os Chefes de Produção e os Operadores do posto **F2**, o procedimento standard apresentado na Figura 5.3, com a separação das **Atividades Externas** e das **Atividades Internas**.

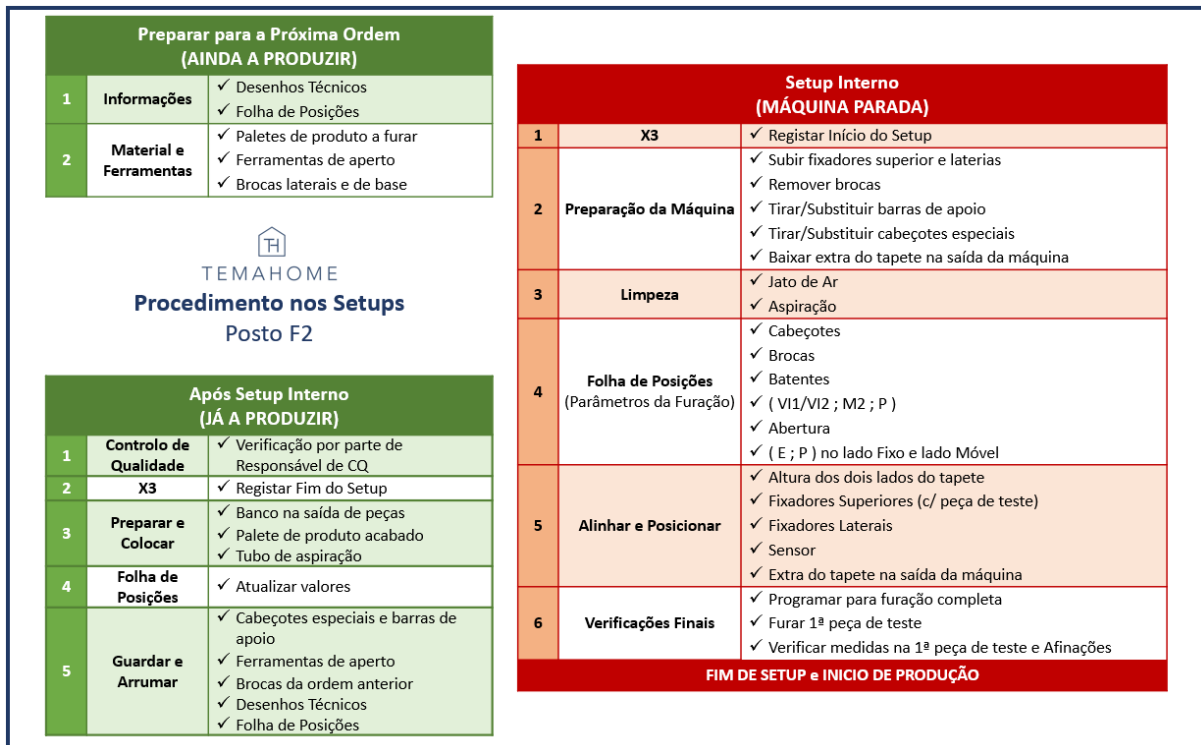


Figura 5.3 - Procedimento Standard para os Setups em **F2**

Como se percebe da análise à Figura 5.3, as próprias atividades a realizar externamente foram divididas consoante o seu momento de execução. Podem ser realizadas antes do *Setup* Interno, como preparação para a próxima Ordem de Produção, ou após, quando o posto já se encontra em produção. É importante referir que a etapa externa de **Guardar e Arrumar**, deve, se possível, convergir com as primeiras etapas externas a realizar no *Setup* seguinte, reduzindo o tempo despendido nestas.

Para além dos objetivos referidos anteriormente, a redução do tempo gasto em *Setup* e da sua variação atual, o procedimento criado visa abranger todos os *Setups* realizados no posto, ao serem apresentadas instruções genéricas nesta atividade. Para que seja realmente eficaz em todas as Ordens de Produção, é referida a utilização da Folha de Posições já criada pelos Operadores, onde são definidas as diferenças nos parâmetros e posições para cada elemento a produzir.

É definida uma nova etapa externa, a realizar após o *Setup* Interno, referente à atualização dos valores apresentados na Folha de Posições. Esta etapa é de extrema importância, dado que, com a atualização constante dos valores, os desvios regulares dos parâmetros são registados e assim minimiza-se a necessidade das afinações na etapa de **Verificações Finais**.

No caso de existirem dois Operadores a realizar a atividade de *Setup*, diferentes tarefas devem ser efetuadas paralelamente, preferivelmente dentro da mesma etapa definida. Devem contemplar que as tarefas a realizar paralelamente devem ser atribuídas de forma que haja o mínimo de movimento necessário dos Operadores.

Dadas as possibilidades determinadas na Tabela 5.5, é esperado que com este procedimento *standard* haja uma redução significativa na duração e variação do tempo em *Setup*, não só das prateleiras “Y”, mas em todas as Ordens de Produção. É importante lembrar que a solução de melhoria apresentada, corresponde apenas à 1ª fase de implementação da ferramenta *SMED*, de separação de atividades externas e internas. Deve existir um esforço por parte dos Operadores e Chefes de Produção, em implementar as fases seguintes. Seja na externalização de atividades internas ou numa redução da duração das tarefas individualmente, o Procedimento *Standard* deve ser atualizado ou redefinido consoante as mudanças efetuadas.

É importante também que o fluxo de informação seja otimizado. A transmissão das próximas Ordens de Produção deve ser o mais célere possível para que os Operadores possam realizar as tarefas externas do início do *Setup* seguinte em simultâneo com a última etapa externa do *Setup* em realização. É ainda necessário que os registos dos marcos temporais sejam realizados no momento certo, e que permitam aos Operadores saberem se cumpriram o tempo esperado para a duração do *Setup*.

5.2 Layout

Grande parte das causas raiz dos aspetos críticos diagnosticados, relacionam-se sob a mesma área de ação, a área de *Layout*. Relembrando as causas raiz:

- Desaproveitamento de espaço no Gemba
- Posto/máquina de Corte parada definitivamente a ocupar espaço
- Sistema de transporte de produtos por rolos não implementado em diversas ligações entre postos
- Sem sistema de aviso ou sinalização para os Empilhadores sobre as necessidades dos postos

As soluções propostas visam resolver estas causas raiz, tendo como objetivos principais a redução da distância percorrida no transporte de produtos por Empilhador e a redução dos tempos de espera de matéria-prima nos postos em que as suas ligações sejam efetuadas por Empilhador. Num ***Kaizen Event*** realizado através da plataforma *Microsoft Teams* foram apresentados os problemas e discutidas as propostas de alterações e introduzidas outras ideias de soluções.

Considerou-se que a eliminação da necessidade do serviço de Empilhadores no transporte de produtos em certos postos permitiria o cumprimento dos objetivos definidos. Para tal, é fundamental a otimização das áreas existentes com sistema de rolos e a implementação do mesmo sistema em outras zonas e postos.

Antes da implementação é necessário remover quaisquer máquinas ou artigos que não sejam utilizados e que ocupem espaço importante no chão de fábrica. De entre diversos artigos que não acrescentam valor no chão de fábrica, o elemento que se considerou crucial para um ganho relevante de área no chão de fábrica foi a máquina de corte parada considerada como uma das causas raiz.

A libertação deste espaço, dada a sua localização estratégica, permite que a última etapa na Produção, o Controlo de Qualidade Pré-Pintura, seja realizada neste sítio, Figura 5.4. Mesmo os produtos que não sejam sujeitos a pintura, devem ser submetidos ao Controlo de Qualidade no mesmo lugar e depois levados por Empilhador para a zona de stock destinada aos mesmos.

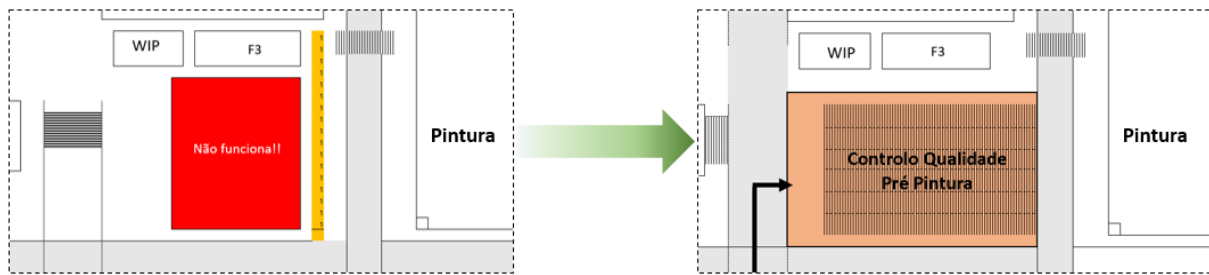


Figura 5.4 - Solução apresentada com a remoção da máquina de Corte parada

A instalação do sistema de rolos nesta área serve para facilitar não só a largada e manuseio das paletes de produtos, mas também para os produtos, sujeitos a pintura serem transportados utilizando o carrinho existente como ponte. Assim é eliminada uma necessidade de Empilhador para o efeito.

Durante o *Kaizen Event*, foi mencionado por parte do Diretor de Fábrica a futura recolocação do atual Gabinete de Controlo de Qualidade, de maneira a ter-se mais área útil de chão de fábrica. Com esta informação e com o conhecimento de que a maior zona de *WIP*, sem sistema de rolos, no chão de fábrica tem uma elevada ocupação de produtos destinados para Pintura, foi proposto que estes fossem definidos para a localização atual do Gabinete de Controlo de Qualidade. Desta forma, os produtos ficam mais próximos das duas zonas de Pintura existentes, Figura 5.5.

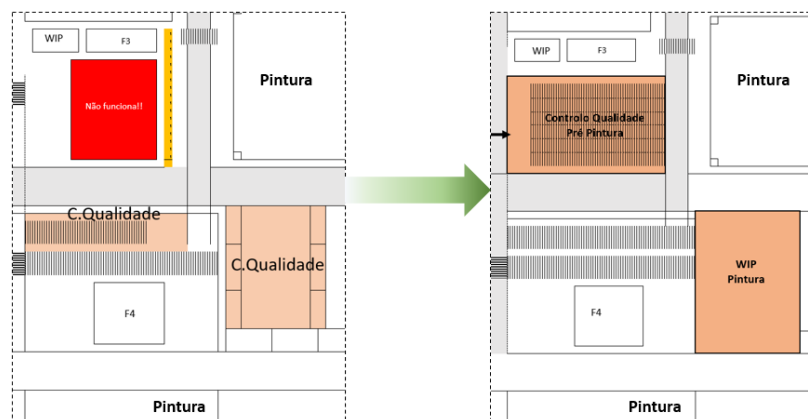


Figura 5.5 - Definição de zona de *WIP* para Pintura

Propôs-se que se efetuasse uma separação e definição visível, ou seja, a aplicação de **Visual Management das zonas de *WIP*** no chão de fábrica, em que seja identificado qual o destino a jusante dos produtos largados nessas zonas. Por exemplo, numa certa zona definida, todos os produtos largados serão sujeitos à operação de orlagem no posto *O3*. Esta identificação deve ser interpretada como a criação de uma **FIFO Lane**, permitindo a introdução do sistema *Pull* na Produção. Se estas zonas estiverem com a ocupação máxima a produção a montante deve interromper, para que não haja uma Sobreprodução.

Na Figura 5.6 é apresentada esta ideia no *Layout*, mas em que as áreas não são necessariamente as que devem ser estabelecidas.

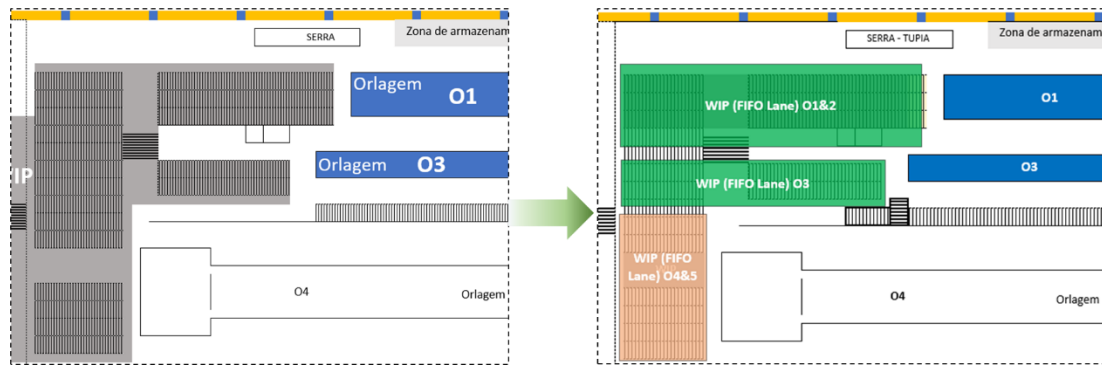


Figura 5.6 - Definição e Identificação das zonas de WIP, como **FIFO Lanes**

Após ter as zonas de WIP bem definidas, o objetivo deverá ser o de gradualmente ir reduzindo a área necessária à medida que a sua ocupação desce. Este deve ser o resultado das soluções de melhoria a implementar nesse sentido, sejam as apresentadas neste trabalho, como outras implementações posteriores por parte da Empresa, por exemplo, a integração da filosofia *JIT* na Produção.

Outra alteração proposta, foi relativa à localização do posto de corte **C1**. Propôs-se que esta seja colocada numa zona mais próxima da zona de Stock de Matéria-Prima, dado que o seu abastecimento obriga ao uso de Empilhador. A nova localização foi discutida e definida no *Kaizen Event*, sendo que esta é apresentada na Figura 5.7.

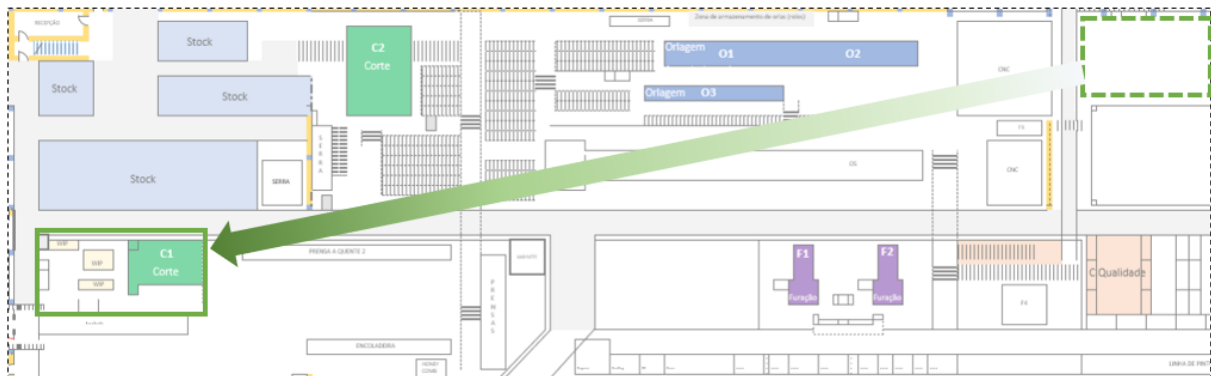


Figura 5.7 - Nova localização do posto de corte **C1**

Neste posto de corte, o tempo de espera atual de matéria-prima é bastante elevado e determinou-se que a principal razão era a sua distância à zona de Stock de Matéria-Prima aliada à dificuldade na resposta atempada por parte dos Empilhadores. De modo a intervir neste último, deve ser implementado um **sistema Andon** no posto com o único objetivo de fazer a sinalização da necessidade de abastecimento de matéria-prima. Com a sua implementação num local de boa visibilidade permite-se que o Empilhador repare e abasteça o posto com uma maior celeridade.

A última alteração ao *Layout* proposta é também a alteração mais profunda e incide na zona dos postos de furação **F1** e **F2**. Nesta proposta o principal objetivo foi a minimização da necessidade de Empilhadores e para tal foi pensada uma implementação de sistema de rolos juntamente com a alteração do fluxo de materiais nesta zona. Na reunião, foi referido por parte do Diretor de Fábrica a compra de uma nova máquina de furação

pelo que existia agora a necessidade de criar um posto e definir a sua localização. As características da nova máquina são bastante semelhantes à do posto **F2**. Na Figura 5.8 é apresentada a transformação proposta ao *Layout* e fluxo de materiais da zona dos postos **F1** e **F2**, com a incorporação do novo posto, chamado **F5**.

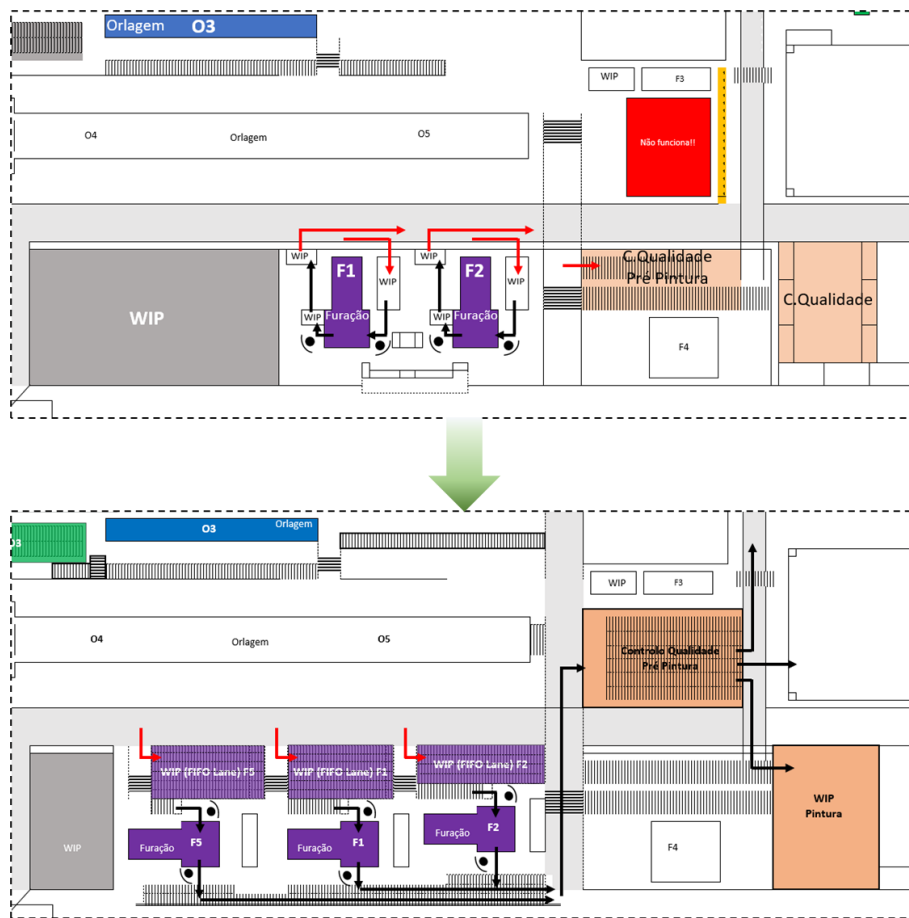


Figura 5.8 - Reestruturação de *Layout* na zona dos postos de furação **F1** e **F2**, com novo **F5**

Nesta reestruturação é feita uma separação das zonas de *WIP*, cada uma destinada a cada posto e funcionando como uma **FIFO Lane**, nas quais é implementado o sistema de rolos de forma a permitir o manuseamento das paletes de produtos deixando de ser necessário recorrer aos Empilhadores ou a porta-paletes. Os produtos, ou as paletes de produtos estão constantemente sobre rolos quando estes não estão em furação. As paletes de produto acabado ficam também em rolos à espera que o **Responsável do Controlo de Qualidade** as transporte para a nova zona estabelecida para o controlo, através de um carrinho.

A área libertada pela mudança da zona de *WIP* de Pintura, permite a incorporação do novo posto de furação com a mesma organização e *Layout* dos outros dois postos. Com estas alterações profundas, o único momento em que há o uso de Empilhador é quando este transporta as paletes de produtos para as zonas de *WIP* de cada posto de furação.

Finalmente, foi proposta uma alteração na atribuição de postos para o primeiro momento de corte de Melaminas. A nova localização do posto **C1**, torna-se mais adequada à realização do corte de produtos destinados à aplicação de folha de madeira. Desta forma, o posto **C2** deve ficar dedicado ao corte de produtos da família de Melaminas, o que por sua vez também reduz a necessidade do uso de Empilhadores. A existência

de um extenso sistema de rolos nessa zona permite a ligação do posto de corte com os postos de orlagem e as suas zonas de *WIP* definidas.

Na Figura 5.9, é apresentado o novo fluxo de materiais na Produção de Melaminas, em concreto de prateleiras “X”, conseguido com as alterações enunciadas neste subcapítulo. A imagem apresentada tem como único objetivo, a demonstração da redução visível na movimentação de Empilhadores. Em anexo, Anexo 5.A e Anexo 5.B, são fornecidos os fluxos de materiais de “Prat. X” e “Prat. Y”, respetivamente, com maior definição.

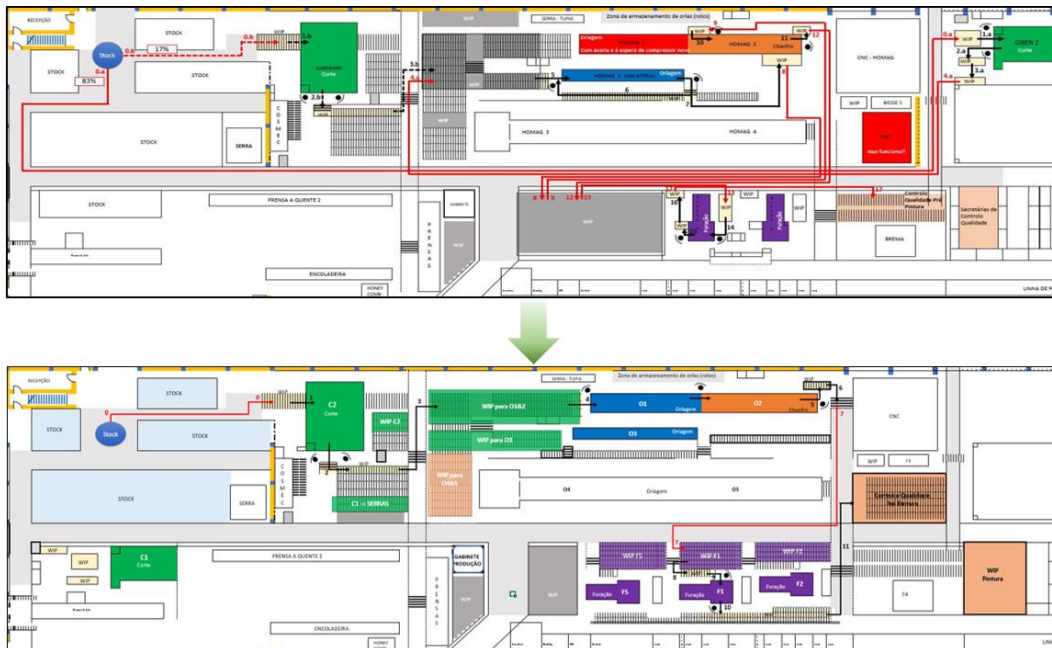


Figura 5.9 - Minimização da movimentação de Empilhadores no fluxo produtivo de "Prat. X"

Todas as propostas enunciadas foram aceites e validadas pela Empresa, e a sua implementação será realizada de forma gradual para que não haja uma disrupção abrupta da Produção. Como é demonstrado pela figura acima, é conseguido uma redução importante na movimentação dos Empilhadores no chão de Fábrica. Na Tabela 5.6 são apresentadas as reduções na distância percorrida pelos Empilhadores, considerando os mesmos lotes de peças utilizados nos *VSM's* criados para a produção de prateleiras “X” e “Y”.

Tabela 5.6 - Resultados possíveis na distância percorrida pelos Empilhadores

	“Prat. X”	“Prat. Y”
Atual [m]	400	1140
Com Soluções propostas [m]	44	309
Redução Estimada	89%	73%

Esta redução é conseguida ao eliminar a necessidade dos postos em serem abastecidos por Empilhador. Eliminando essa necessidade, é também eliminada os tempos de espera para o abastecimento de matéria-prima, uma vez que, nesses postos torna-se a responsabilidade dos Operadores. Por esta razão, é importante a existência da clara definição, através da Gestão Visual, das zonas de *WIP* para que os Operadores percam o mínimo de tempo na busca das paletes dos produtos pretendidos. Tendo essa zona próxima do posto, definida como uma *FIFO Lane*, o tempo gasto nessa nova atividade será minimizado.

5.3 Software ERP

Com o diagnóstico efetuado neste trabalho concluiu-se que existia uma subutilização dos dados registados pelos Operadores no software *ERP*. Esta subutilização dos registos, resultante de uma **dificuldade no seu tratamento e apresentação**, origina uma série de problemas identificados ao longo do estudo, sendo que o principal era a sua contribuição para um elevado tempo em *WIP* dos produtos, considerado o principal aspeto crítico.

Verificou-se também que existe uma **baixa fiabilidade dos dados inseridos**, o que leva à subutilização referida por parte dos elementos de Gestão da empresa. Por outro lado, esta subutilização e a aparente não utilização dos dados no dia-a-dia, aliada aos **equipamentos no chão de fábrica serem antigos**, criou um sentimento antagónico quanto à necessidade de efetuar corretamente os registos por parte dos Operadores.

Considera-se que o tratamento dos dados de modo a se apresentar o estado de Produção nos diferentes postos em tempo real melhorará a monitorização e controlo por parte dos Responsáveis de Produção. Ao adotar uma Gestão Visual digital para o controlo diário da Produção é possível estabelecer um planeamento diário da Produção mais flexível e efetuar uma nivelção da carga de trabalho dos diferentes postos em cada setor de Produção, ou seja, é possível atingir o conceito *Heijunka* na Produção. A própria **digitalização da informação** otimizará o seu fluxo, na medida em que as transmissões das Ordens de Produção aos postos de trabalho serão informatizadas, Figura 5.10, eliminando a necessidade dos Chefes de Produção se deslocarem aos mesmos.

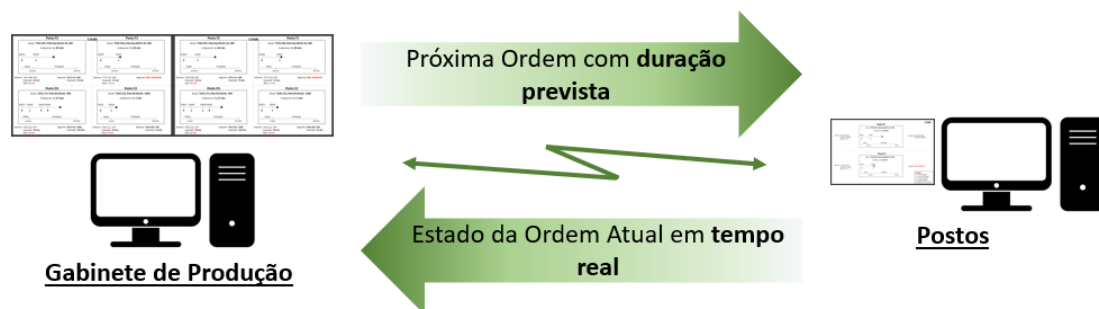


Figura 5.10 - Troca de informação entre Responsáveis de Produção e Operadores

Esta solução envolve a instalação de monitores no gabinete de Produção para que as várias ordens nos diferentes postos sejam apresentadas, ou seja, sob a forma de *dashboards*, permitindo a Gestão Visual digital pretendida. É também importante a presença destes painéis de controlo nos próprios postos de trabalho, sejam em monitores dedicados para o efeito ou no próprio monitor utilizado para o registo diário. Desta forma, os Operadores têm acesso à monitorização feita no seu posto, demonstrando que os registos efetuados diariamente têm um propósito e que é importante que estes sejam realizados corretamente e nos momentos certos.

Para o desenvolvimento desta solução é necessário conhecer os diferentes registos que são efetuados pelos Operadores e armazenados na base de dados criada pelo *software*. São efetuados os seguintes registos no sistema:

- Início do Setup, com identificação do elemento e quantidade de peças a produzir

- Início da Produção
- Paragem da máquina para intervenção do Operador e Retoma da Produção
- Fim da Produção, com quantidade de peças produzidas

Os dados referidos permitem o cálculo de uma panóplia de diferentes indicadores. Para o principal objetivo em causa, o controlo diário da Produção, foi definido o indicador mais relevante com os Chefes de Produção:

Tempo Total de Produção esperado de cada Ordem de Produção. Com esta informação, conseguem fazer a comparação do estado atual da ordem (o tempo decorrido) com a duração esperada. Desta forma, não só permite que haja uma estimativa do seu fim, mas também um conhecimento imediato de eventuais atrasos e irregularidades nos diferentes postos. Na Figura 5.11 é apresentado o aspeto proposto e validado pelos Responsáveis de Produção e pelo Diretor de Fábrica, dos *dashboards* num dos monitores.

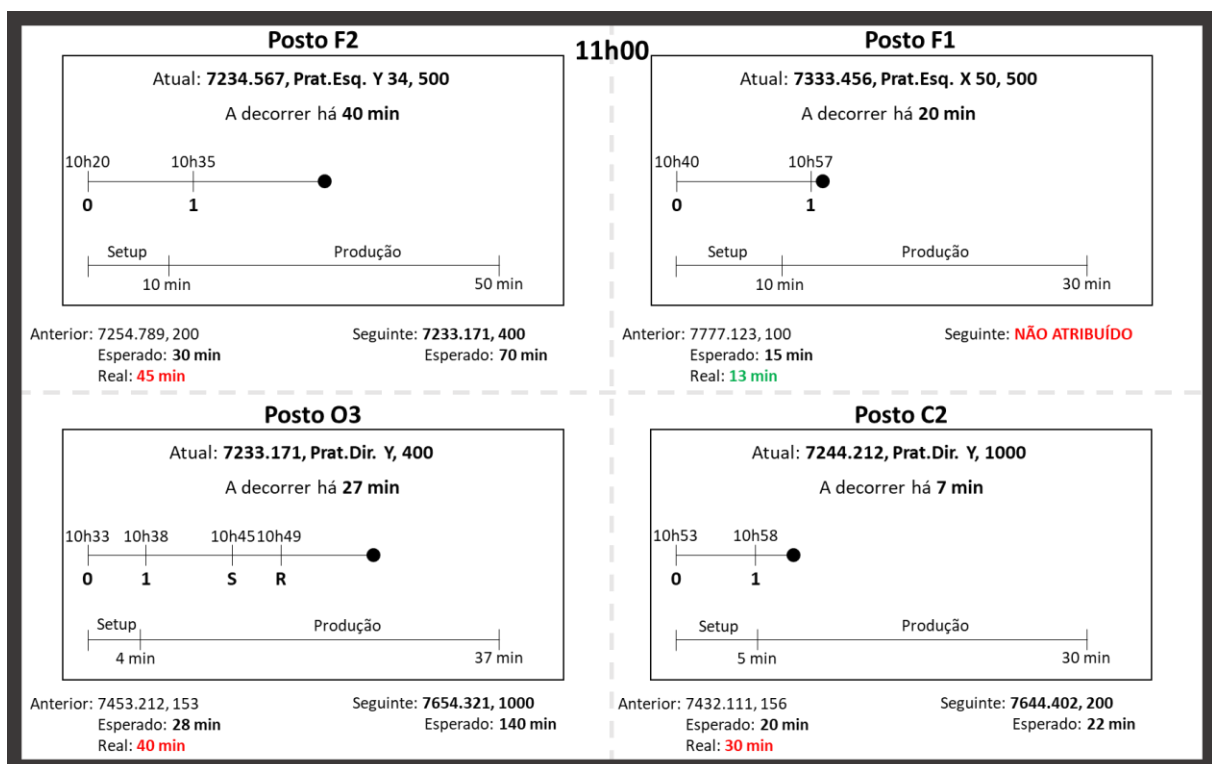


Figura 5.11 - Dashboards num monitor para Gestão Visual do estado da Produção diário

Como se observa na Figura 5.11, um monitor divide-se em quatro *dashboards*, um para cada posto. Em destaque é apresentada a Ordem de Produção em resposta, que é monitorizada em tempo real, com identificação da sua descrição, quantidade de peças a produzir e o tempo já consumido. Na Figura 5.12 é feita a identificação e descrição dos diferentes elementos no *dashboard*, com um propósito de facilitar a sua compreensão.

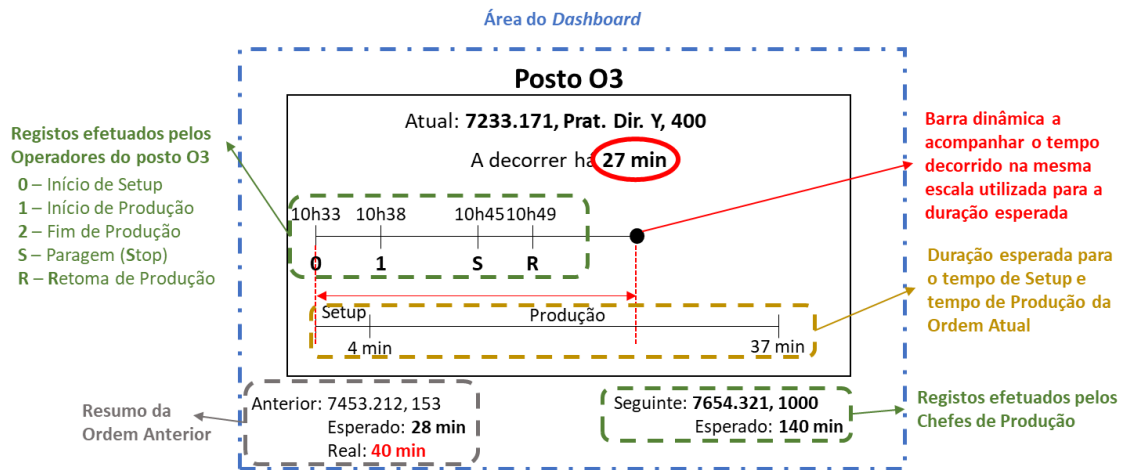


Figura 5.12 - Descrição dos elementos constituintes no dashboard

Os registos efetuados pelos Operadores serão utilizados para a determinação da duração esperada da próxima Ordem de um mesmo elemento no posto atribuído. É aqui que entra o tratamento dos dados introduzidos diariamente, é necessário ter uma base de dados dividida por postos e por elementos. À medida que os Operadores terminam a produção de um certo elemento, os dados dessa ordem são introduzidos e armazenados na base de dados do *software* existente. No momento da implementação, deve ser verificada como está organizada esta base de dados, para se determinar se é possível realizar os cálculos necessários ou se é preciso exportar estes registos para uma base de dados preparada para o efeito. Na Tabela 5.7 é apresentado um exemplo de uma possível estrutura de dados que permite efetuar os cálculos para a determinação dos tempos esperados para uma próxima Ordem. São utilizados como exemplo os dados obtidos do *software ERP*, dos registos feitos no **posto F1** relativos a 4 Ordens de Produção de **Prateleiras X Esquerda/Direita 354,5x298x19**.

Tabela 5.7 – Exemplo de tratamento dos registos diários de Produção

					Média
Nº de Peças Produzidas	119	119	209	300	186,75
Tempo de <i>Setup</i> [min]	14	14	51	24	25,75
Tempo de Produção [min]	50	47	53	74	-
Tempo de Ciclo (sem Setup) [seg/peça]	25,21	23,70	15,22	14,8	19,73

A dinâmica pensada para esta solução é, que após a conclusão de uma Ordem de Produção no posto, os seus registos entram sob a forma de uma nova coluna anterior à última da tabela. Desta forma os valores médios são atualizados com esta nova entrada, atualizando por sua vez os valores esperados da duração da próxima Ordem de Produção. Na última linha de cada coluna respetiva aos registos, é feito o cálculo do Tempo de Ciclo sem considerar o Tempo de *Setup*. O seu cálculo é simples e a sua fórmula está apresentada em (12).

$$\text{Tempo de Ciclo} = \frac{\text{Tempo de Produção} \times 60}{\text{N}^\circ \text{ de Peças Produzidas}} \quad (12)$$

Este tempo é obtido em segundos por peça, e a sua função é permitir o cálculo posterior para o Tempo de Produção Esperado pelo que, não deve ser contabilizado o Tempo de *Setup*.

Na última coluna da tabela são determinados os valores médios dos diferentes dados presentes em cada linha. O valor médio do Nº de Peças Produzidas poderá ter interesse para se saber quantas peças são, em média, produzidas numa única Ordem de Produção. O valor médio do Tempo de *Setup* vai corresponder ao **Tempo de Setup Esperado**, visto este tempo não ser dependente da quantidade de peças que se quer produzir. Como o Tempo de Produção, por sua vez, é dependente do número de peças, o cálculo do seu valor médio não tem utilidade para a determinação do Tempo Esperado pelo que não deve ser determinado, podendo apenas criar confusão. Será a média do Tempo de Ciclo (sem *Setup*) que será utilizada para a determinação do **Tempo de Produção Esperado**, juntamente com a quantidade de peças da próxima Ordem de Produção. A fórmula para o seu cálculo é apresentada em (13), em que *Nº de Peças* representa a quantidade de peças da próxima ordem.

$$\text{Tempo de Produção Esperado} = \frac{\overline{\text{Tempo de Ciclo}} \times \text{Nº de Peças}}{60} \quad (13)$$

$$\text{Tempo de Setup Esperado} = \overline{\text{Tempo de Setup}} \quad (14)$$

Deste modo, juntamente com o **Tempo de Setup Esperado**, em (14), é possível criar a escala apresentada na Figura 5.12 para a duração esperada para o Tempo de *Setup* e Tempo de Produção da Ordem atual. Quando os Responsáveis de Produção atribuem uma Ordem de Produção a um certo posto, é feito o cálculo da duração esperada da mesma, como apresentado em (15).

$$\text{Duração Esperada de OP} = \text{Tempo de Produção Esperado} + \text{Tempo de Setup Esperado} \quad (15)$$

Tendo o tratamento dos dados definido, é necessário considerar como estes serão transmitidos para um monitor de modo a ter um *dashboard* com o aspeto desejado, como proposto na Figura 5.11. Numa fase preliminar considera-se que o **software Power BI** fornecido pela empresa *Microsoft* seja o indicado. Permite uma alta personalização na visualização de *dashboards* com os dados importados, da ferramenta *Excel* do *Microsoft Office* ou de outra ferramenta utilizada na criação de base de dados. Numa altura em que a Empresa deseje abranger o tratamento de dados a todas as áreas da fábrica, deve ser considerado um serviço especializado para o efeito.

Esta introdução à informatização de dados e criação de *dashboards* digitais para a Gestão Visual, tem como objetivo principal neste trabalho permitir que o Controlo diário da Produção seja fácil e mais eficiente do que é atualmente. Outro objetivo desta solução foi a otimização do fluxo de informação entre os Operadores nos postos de trabalho e os Chefes de Produção, principalmente na atribuição de Ordens de Produção, eliminando a necessidade de o Responsável se ter de deslocar ao posto para o efeito e permitindo ao Operador de começar a realizar certas etapas externas ao *Setup* para a ordem seguinte com a atual ainda ativa. Permite também ao Operador, no caso dos postos em que o abastecimento de matéria-prima seja através de

Empilhador, fazer a sinalização, através do sistema *Andon*, ao Empilhador da sua necessidade e esta ser satisfeita atempadamente.

A criação de uma base de dados dos registos e o tratamento dos mesmos, permite ainda o conhecimento de vários aspetos importantes à Produção, como por exemplo, a evolução do tempo despendido na produção de um elemento num posto específico, efetuar um *VSM* preliminar da produção de um elemento específico, estabelecendo um número de peças a produzir ou ainda a atualização dos tempos considerados para a produção dos elementos pelo Departamento de Custeio da Empresa.

Esta proposta, à semelhança do projeto desenvolvido em (Jorge & Peças, 2018), tem como objetivo disponibilizar de forma intuitiva a todos os utilizadores, a informação completa sobre o estado das Ordens de Produção, com o acompanhamento do seu progresso. Desta forma os Chefes de Produção têm a capacidade de tomar decisões relativas ao Planeamento Diário da Produção baseadas em informação atualizada em tempo real. Com este controlo e monitorização da Produção mais eficaz, prevê-se que se reduzam os atrasos e alterações do Planeamento de Produção e um aumento de flexibilidade do sistema. É ainda previsto que com a criação das *FIFO Lanes* e as decisões informadas dos Chefes de Produção, se reduzam os níveis de *WIP* no sistema Produtivo.

Esta proposta tem também o objetivo de introduzir à Empresa os conceitos da Indústria 4.0 e as suas vantagens, principalmente no controlo e monitorização do chão de fábrica em tempo real. Aproveitou-se os registos já efetuados atualmente para que, de uma maneira estruturada e com uma utilidade definida, a informação seja tratada e apresentada e para que não seja caótico quando existir um maior nível de informação. Esta iniciativa, deve ser interpretada como uma fase preliminar e de investimento baixo, na adoção da Indústria 4.0.

Considera-se que posteriormente devem ser introduzidos sistemas de informação e comunicação para elevar a presente proposta de melhoria. Por exemplo, sistemas como o *RFID*, serão úteis na monitorização das *FIFO Lanes* estabelecidas, para que os Chefes de Produção e Operadores tenham um conhecimento mais profundo do nível de Inventário e de *WIP* no chão de fábrica, podendo assim ser mantido ou reduzido.

5.4 Impactos estimados com as soluções de melhoria

Este subcapítulo tem como objetivo a apresentação, de forma resumida, dos impactos esperados com as medidas de melhoria propostas ao longo do capítulo.

Começando pela primeira área de ação abordada, foi definido, juntamente com os Operadores do posto, um procedimento *standard* para a realização da atividade de *Setup* num *bottleneck* à Produção. Este procedimento vem em resposta da análise efetuada, de onde se observou um elevado tempo consumido na realização de tarefas tipicamente Externas e uma variação considerável entre o tempo consumido numa mesma atividade de *Setup*, cerca de 26%. Prevê-se que com a implementação do procedimento *standard*, como parte da 1ª fase do *SMED*, irá reduzir em até 68% o tempo consumido no *Setup* interno e diminuir a discrepância na duração dos mesmos em pelo menos 10%.

As propostas de alteração no *Layout* fabril têm aparentemente diferentes impactos, mas todas contribuem para a definição de um fluxo mais contínuo, como é observável na comparação dos fluxos de materiais atuais (Anexo3) com os fluxos de materiais no novo *Layout* proposto (Anexo5). A proposta de redefinição das zonas *WIP* como *FIFO Lanes* em cada posto com sistema de rolos para o manuseio das paletes de produtos, vai permitir a eliminação, nestes postos, do tempo em espera de matéria-prima. Nos postos em que continua a ser necessário o abastecimento de produto, a implementação de um sistema *Andon* simples vai permitir a sinalização ao Empilhador, reduzindo o tempo de espera de matéria-prima nestes postos. Estas soluções apresentadas, aliadas à reestruturação mais profunda do fluxo e da orientação das máquinas nos postos de furação, vai permitir uma redução da movimentação de Empilhadores no chão de fábrica em 89% na produção de prateleiras “X” e em 73% na de prateleiras “Y”. Prevê-se que com estas soluções haja uma redução gradual de *WIP* no chão de fábrica, fomentada principalmente com as *FIFO Lanes* criadas e a nova localização da zona de *WIP* para Pintura.

A última área de ação, que se foca na melhor utilização dos registos efetuados no *software ERP*, vem atribuir uma otimização do fluxo de informação atual e um aumento na eficiência e eficácia do Planeamento de Produção diário. Com a implementação de *dashboards* digitais a apresentar a mesma informação em vários pontos do chão de fábrica, elimina-se a necessidade de interação física entre Operadores e Chefes de Produção na transmissão de *OP's* e reforça-se a redução de tempo de espera de matéria-prima, já que também os Empilhadores têm acesso às informações sobre a ordem seguinte em cada posto. A transmissão de ordens informatizada permite ainda que os Operadores nos postos possam dar início mais rapidamente às atividades de *Setup* Externo, indicadas no procedimento *standard*. A apresentação dos estados das ordens em tempo real nos diversos postos, contribui para que os Chefes de Produção tomem decisões acertadas e informadas quanto ao Planeamento de Produção diário, bem como uma maior flexibilidade ao sistema produtivo. A otimização das decisões quanto ao planeamento, aliada à implementação de *FIFO Lanes*, vai contribuir para a redução do tempo dos produtos em *WIP*.

6 Conclusão

A presente dissertação realizada na empresa baseou-se na aplicação dos princípios e ferramentas integrantes da filosofia *Lean*, com o objetivo de identificar os diferentes tipos de desperdício existentes no sistema produtivo de uma família de produtos e desenvolver propostas de melhoria para a sua mitigação. Pretendeu-se aumentar a eficiência e atribuir uma maior flexibilidade ao sistema, resultando num aumento da competitividade da empresa.

Este trabalho iniciou com a realização do diagnóstico ao setor de Produção da família de produtos de “Melaminas”, através do mapeamento da sua cadeia de valor – *VSM*. Foram selecionados dois elementos que fossem representativos da família, tanto a nível de volume de produção, como nas etapas necessárias à mesma. Dos dados recolhidos por observação e cronometragem dos processos e do *software ERP* da empresa, identificou-se o Valor e o Fluxo de produtos nos diferentes processos afetos à produção de “Melaminas”. Assim ficaram reunidas as condições para a construção dos dois *VSM's*, um para cada elemento representativo. Para facilitar a sua leitura e análise o fluxo de informação foi separado do fluxo de materiais.

A análise aos dois *VSM's* permitiu determinar que em cerca de 90% do *Lead Time* Produtivo, os produtos estão parados em *WIP*. Dentro do tempo gasto em Produção, ou seja, cerca de 10% do *Lead Time*, as atividades de *Setup* ocupam no total entre 23% e 38%, sendo que este foi um fator contribuinte para uma análise aprofundada e para o desenvolvimento de soluções com vista em reduzir a sua duração. Ainda dentro do tempo em Produção, determinou-se que uma das parcelas relativas a outras atividades sem valor acrescentado, em que a atividade predominante dos diferentes processos correspondia à espera de abastecimento de matéria-prima (MP) no posto, ocupava entre 7% a 10%. Esta espera de abastecimento de MP num dos postos de Corte correspondia a 15% do tempo gasto na produção nesse posto. Ainda da análise aos *VSM's*, e observado durante a permanência do chão de fábrica, determinou-se a existência de uma alta movimentação de Empilhadores no chão de fábrica. Dependente do número de paletes necessárias no transporte dos produtos, observou-se que os Empilhadores, na produção de cada um dos dois elementos, percorriam, respetivamente, 400 metros e 1140 metros. Após a determinação das possíveis causas raiz, foram definidas três áreas de ação para o desenvolvimento das soluções de melhoria, visando o combate às causas dos desperdícios identificados.

Considerou-se necessário efetuar uma análise mais aprofundada às atividades de *Setup* (primeira área de ação estabelecida), em concreto à do posto de furação cujo processo constituía um *bottleneck* à produção de um dos elementos. Da observação e registo do mesmo *Setup* em três momentos diferentes, percebeu-se que para além de existirem etapas tipicamente externas a serem realizadas internamente, existia também uma elevada variação na duração total da atividade. Estes aspetos, e com base na primeira fase da ferramenta *SMED*, indicaram a necessidade do desenvolvimento de um procedimento *standard* para o *Setup* no posto de furação. Este foi então definido, incluindo as contribuições dos Operadores do posto, de forma a que este procedimento abrangesse as atividades *Setup* dos vários elementos produzidos neste posto e não apenas ao caso do elemento estudado. Prevê-se que com a implementação do procedimento *standard*, como parte da 1ª fase do *SMED*, se reduza em até 68% o tempo consumido no *Setup* interno e se diminua a discrepância na duração dos mesmos em pelo menos 10%. O fluxo de informação deve ser otimizado, para que a atribuição de OP's seja o

mais célere possível e assim se tire o máximo proveito do procedimento definido. Os registos dos marcos temporais efetuados no momento definido são de extrema importância para que haja uma monitorização eficaz das atividades, favorecendo assim o processo de melhoria contínua.

A segunda área de ação incidiu em diversas propostas de melhoria relativamente ao *Layout* fabril, com o objetivo principal de promover um fluxo contínuo e minimizar a movimentação elevada dos Empilhadores. Prevê-se que com a sinergia das diferentes propostas efetuadas, aceites e reconhecidas como extremamente benéficas por todos os elementos da Empresa, se atinja uma redução no trânsito de Empilhadores em até cerca de 90%, cuja proposta que mais contribui para o efeito será a implementação de *FIFO Lanes* com um sistema de rolos nas ligações entre postos. Esta proposta elimina a necessidade de abastecimento de MP por Empilhador em vários postos, eliminando nestes os tempos de espera de MP. Auxiliadas por um controlo e monitorização eficazes, prevê-se que as alterações ao *Layout* propostas, irão permitir uma redução gradual de *WIP*, considerado como um dos aspetos críticos na fase de diagnóstico.

Como referido, as propostas das duas primeiras áreas de ação devem ser apoiadas por uma monitorização permanente, e como sendo também uma das causas raiz estabelecidas, a última área de ação incide na proposta de melhoria no tratamento e apresentação dos registos feitos no *software ERP*. Foi proposto um tratamento dos dados inseridos diariamente de forma a apresentarem uma utilidade real à Produção, situação até ao momento inexistente. Desta forma os dados seriam apresentados em *dashboards* digitais, num conceito de Gestão Visual digital, em que se pode monitorizar, em tempo real, os estados das OP's nos diferentes postos. Os Chefes de Produção devem também fazer a atribuição das ordens através do *software*, permitindo que os Operadores no posto tenham essa informação de imediato. Esta otimização no controlo e monitorização vai permitir que sejam tomadas decisões relativas ao Planeamento Diário da Produção, baseadas em informações completas e atualizadas em tempo real. Prevê-se ainda, que desta forma, haja um aumento da eficiência e da flexibilidade produtiva do sistema, como proposto no início desta dissertação. Esta última proposta visa introduzir o conceito da digitalização da informação, no âmbito da Indústria 4.0. Este estudo demonstra, através da metodologia aplicada e dos impactos estimados, os benefícios da adoção desta filosofia na Indústria do Mobiliário, isoladamente ou aliada à emergente Indústria 4.0.

7 Limitações do Estudo e Trabalho Futuro

É importante salientar que este estudo foi limitado pela dificuldade da permanência na empresa, motivos esses alheios à mesma, no momento do desenvolvimento das soluções propostas, impossibilitando o acompanhamento da sua implementação e validação de resultados, dada a situação global em que foi desenvolvida a presente dissertação.

É recomendado que as propostas de melhoria apresentadas sejam implementadas posteriormente e que haja uma aplicação alargada da metodologia utilizada, baseada nas ferramentas utilizadas ou noutras ferramentas *Lean*, a todos os postos e setores da Fábrica, dado que o valor se encontra na transformação completa da empresa para um pensamento *Lean*, em que todos os seus processos são livres de desperdício.

Referências

- Abu, F., Gholami, H., Saman, M. Z., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of Clean Production* 234, 660-680.
- Carreira, B. (2004). *Lean manufacturing that works: powerful tools for dramatically reducing waste and maximizing profits*. New York: AMACOM.
- Chavez, Z., Mokudai, T., & Uyama, M. (2018). Divergence between Value Stream Mapping Western Understanding and Material and Information Flow Chart Principles: A Japanese Automotive Supplier's Perspective. *Journal of Service Science and Management*, 11, 219-241.
- Cusumano, M. A. (1994). The Limits of "Lean". *Sloan Management Review*, 27-32.
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma Vol.7 No.2*, 187-210.
- Fescioglu-Unver, N., Choi, S. H., Sheen, D., & Kumara, S. (2014). *RFID in production and service systems: Technology, applications and issues*. New York: Springer Science+Business Media.
- Ghodrati, A., & Zulkifli, N. (2012). A Review on 5S Implementation in Industrial and Business Organizations. *IOSR Journal of Business and Management*, Vol.5, Issue 2, 11-13.
- Gibbons, P. M., Kennedy, C., Burgess, S. C., & Godfrey, P. (2012). The development of a lean resource mapping framework: introducing an 8th waste. *International Journal of Lean Six Sigma Vol.3 No.1*, 4-27.
- Hartmann, L., Meudt, T., Seifermann, S., & Metternich, J. (2018). Value stream method 4.0: holistic method to analyse and design value streams in the digital age. *6th CIRP Global Web Conference "Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era"* (pp. 249-254). Elsevier B.V.
- Hayward, C. H. (2001 de Maio de 2001). *Furniture Industry*. Obtido em 11 de Agosto de 2020, de Encyclopædia Britannica: <https://www.britannica.com/topic/furniture-industry>
- Henoa, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2018). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production* 208, 99-116.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund.
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*. New York: Productivity Press.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management* 25, 420-437.
- Im, J. H., & Schonberger, R. J. (1988). The Pull of Kanban. *Production and Inventory Management Journal - Fourth Quarter*, 54-58.
- Janes, A., Sillitti, A., & Succi, G. (2013). Effective Dashboard Design. *Cutter It Journal Vol.26, No.1*, 17-24.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2003). *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. Massachusetts: The Lean Enterprise Institute.
- Jorge, D. P., & Peças, P. (2018). Mapeamento do Progresso de Moldes - Uma ferramenta de Gestão Visual para a Indústria 4.0. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v.4, n.1, 68-81.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt: acatech - National Academy of Science and Engineering.
- Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, 33, 921-930.
- Kidwell, M. (2006). Lean Manufacturing and the Environment. *Target Volume 22, Nº 6*, 13-18.
- Koskela, L., Tezel, A., & Tzortzopoulos, P. (2018). Why visual management? *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)* (pp. 250-260). Chennai, India: González, V.A.
- Larteb, Y., Benhadou, M., Haddout, A., & Nahla, H. (2016). The Key to Lean Performance: Implementing A Daily Shop-Floor Control System Using Standardization and Visual Management. *International Journal of Advanced Research in Management*, 7(1), 34-43.
- Lean Enterprise Institute. (2008). *Lean Lexicon a graphical glossary for Lean Thinkers (4ª ed.)*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.

- Lean Enterprise Institute. (s.d.). *What is LEAN?* Obtido em 25 de Junho de 2020, de Lean Enterprise Institute: <https://www.lean.org/WhatsLean/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühl, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *51st CIRP Conference on Manufacturing Systems* (pp. 622-628). Elsevier B.V.
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, Vol.38, No. 11, 2377-2395.
- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover Improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" Methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 54, No.1, 98-111.
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization - one of the tools of continuous improvement. *International Conference on Manufacturing Engineering and Materials, ICMEM 2016* (pp. 6-10). Slovakia: Nový Smokovec.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Oregon: Productivity Press.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control* Vol.17, No.1, 77-86.
- Peças, P., Morgado, J., Jorge, A., & Henriques, E. (2012). Milling Machines Setup Process Characterization in the context of Mould Making Industry. *PMI Conference*, (pp. 151-159). Ghent, Belgium.
- Pellegrini, S., Shetty, D., & Manzione, L. (2012). Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, (pp. 2353-2363). Istanbul.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: value-stream mapping to create value and eliminate muda*. Massachusetts: Lean Enterprise Institute.
- Sabri, S., & Shayan, E. (2004). Lean Strategies for Furniture Manufacturing. *Proceedings of the Fifth Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference 2004*, (pp. 31.18.1-31.18.8).
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 811-833.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Massachusetts: Productivity Press.
- Shingo, S. (1985). *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut: Productivity Press.
- Subramaniam, S. K., Husin, S. H., Singh, R. S., & Hamidon, A. H. (2009). Production Monitoring System for Monitoring the Industrial Shop Floor Performance. *International Journal of Systems Applications, Engineering & Development*, Issue 1, Volume 3, 28-35.
- Suzaki, K. (1987). *The New Manufacturing Challenge*. New York: The Free Press.
- Temahome. (03 de Agosto de 2020). *About Us*. Obtido de Temahome Corporation: <https://www.temahome.com/en/about-us/>
- Wang, L., He, J., & Xu, S. (2017). The Application of Industry 4.0 in Customized Furniture Manufacturing Industry. *MATEC Web of Conferences 100, 03022* (pp. 1-4). EDP Sciences.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation (Revised and Updated)*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Simon & Schuster.

Anexos

Anexo 1 – Template criado para folha de medições de tempos

Máquina		Observador	Data		TEMAHOME										
Peça		Operadores	Hora		Folha				de						
Nº	Descrição do passo	Fim do passo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Med	dp	CV
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
Tempo total de um ciclo															

Anexo 2 – Desenhos Técnicos dos elementos em estudo

Anexo 2.A – Desenho Técnico de prateleiras “X”

Gama / Range:	Produto / Product:	Designer:	Data / Date: Janeiro 2009
	Descrição / Description: PRATELEIRAS		Código / Code: -

A 1:1 C 1:1

B 1:1 D 1:1

E 1:1

NOTA: AS SEGUINTES PRATELEIRAS: 500/500/354,5
LEVAM UM FURO DE IDENTIFICAÇÃO

Especificações / Specifications:

MATERIAL:
- Aglomerado 19 mm folheado (trabalado nas duas faces)

ORLA:
- ABS 0,9 mm

ACABAMENTO:
- Conforme Ordem de Produção (O.P.)

Alteração: - Data: - P/L: -

Discutido em: Data: 2004/2011

Desenho em: Escala: 1:1 Versão: 00

Anexo 2.B – Desenho Técnico de prateleiras “Y”

PRATELEIRAS DIREITAS

A (1:1)

B (1:1)

PRODUTO/PRODUCT:
DESCRIÇÃO/DESCRIPTION:
DIMENSÕES/DIMENSIONS: (cm)

ESPECIFICAÇÕES/SPECIFICATIONS:

MATERIAL: Aglomerado 19mm EI
Folheado Zircão

PROCESSO:
ORLA: Madeira 0,8/ABS 0,9
ACABAMENTO: Conforme OP.

AGRAFAGEM: 0
PRODUÇÃO MÚLTIPLA: 0

COTAS EM MILIMÉTRICOS
ESCALA: 1:3

DESIGNER: DATA: 01/06/2011
FASE DESENVOLVIMENTO: Produção

Tabela de Alterações

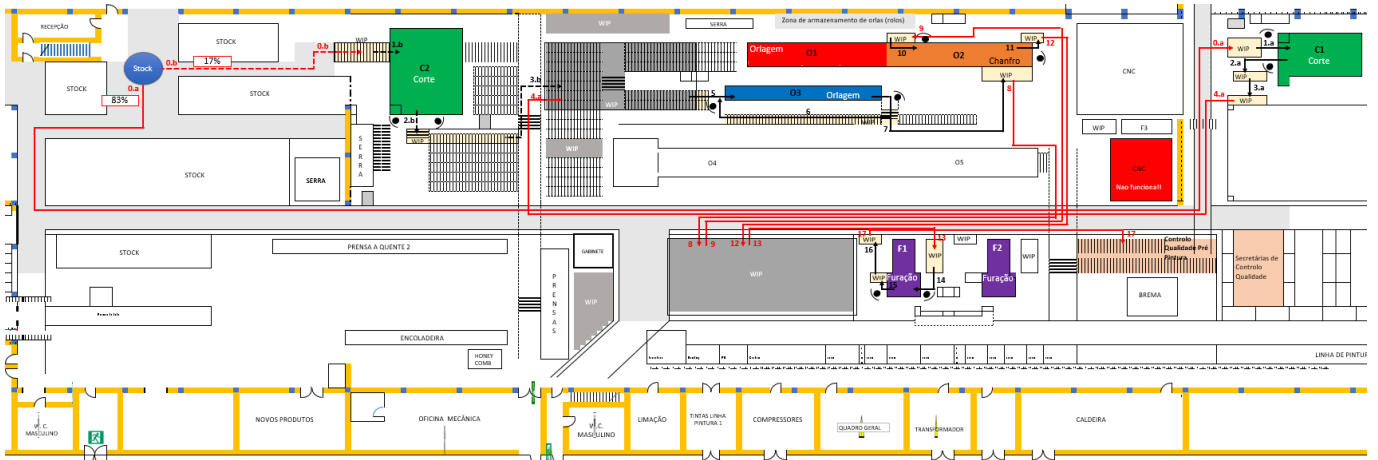
DESENHADOR: - DATA: -

DESENHO: VERSÃO: 00

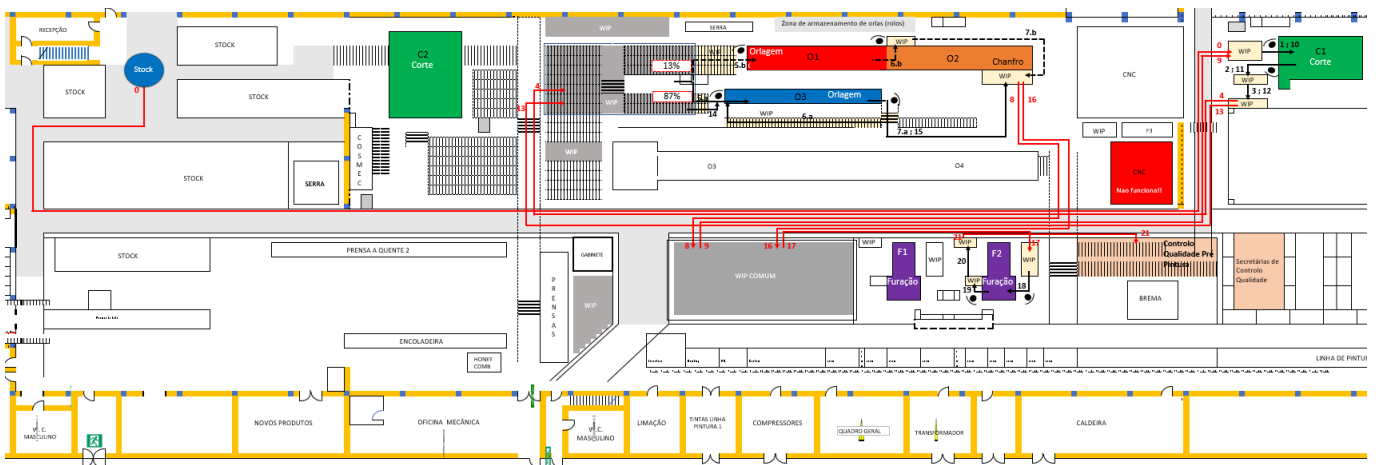
© 2011
Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução, total ou parcial, deste documento sem a autorização expressa do autor. A utilização não autorizada deste documento constitui uma infração da legislação em vigor.

Anexo 3 – Fluxo de materiais atual dos elementos no *Layout* fabril

Anexo 3.A – Fluxo de materiais atual de prateleiras “X”



Anexo 3.B – Fluxo de materiais atual de prateleiras “Y”



Anexo 4 – Tabelas dos registos das etapas das observações ao Setup no posto F2

Anexo 4.A – Registos da 1ª Observação

1ª Observação [segundos]			
Ir buscar dossier de folhas de posições das ordens	11	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	24
Selecionar folha da ordem corrente	26	Ajustar posição de batentes	19
Selecionar brocas para a ordem corrente	24	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	13
Limpeza com jato de ar	9	Dirigir-se à entrada da máquina	6
Colocar brocas lateral direita para a ordem corrente	16	Afinar profundidade de furação	8
Limpeza com jato de ar	15	Dirigir-se à saída da máquina	7
Ir buscar brocas já selecionadas	5	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	6
Trazer brocas	8	Alcançar ferramenta	5
Colocar brocas base direita	9	Afinar posição de batentes	16
Limpeza com jato de ar	20	Levar 1ª peça de teste para passar outra vez na máquina	10
Ir buscar brocas já selecionadas	7	Dirigir-se à saída da máquina	9
Trazer brocas	6	À espera que 1ª peça de teste seja furada	13
Colocar brocas base esquerda e lateral esquerda	29	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	25
Ir buscar ferramenta	9	Alcançar ferramenta	3
Trazer ferramenta	5	Afinar posição de batentes	7
Remover barra de apoio aos batentes da ordem anterior	17	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	11
Guardar barra e ferramenta	12	Dirigir-se ao controlador da máquina com peça entregando a Op2	9
Trazer ferramenta (chave inglesa)	7	Programar e ligar a máquina para furação completa (lateral+base)	7
Ajustar posição do fixador lateral esquerdo	48	Dirigir-se à saída da máquina	7
Remover broca mal posicionada	12	À espera que 1ª peça de teste seja furada	3
Limpeza com jato de ar	5	Alterar posição de uma broca	28
Colocar broca	8	À espera que 1ª peça de teste seja furada	41
Ajustar posição do fixador lateral direito	36	Verificar as medidas da furação de base na 1ª peça de teste	29
Dirigir-se à entrada da máquina com ferramenta	11	Remover broca	13
Ajustar posição dos fixadores laterais	90	Medir o seu comprimento	12
Ir guardar ferramentas	12	Colocar broca e remover a outra	7
Dirigir-se à entrada da máquina	10	À procura da ferramenta para ajuste de comprimento	74
Ajustar a largura da máquina eletronicamente	13	Remover, ajustar comprimento e re-colocar restantes brocas	51
Ajustar a largura da máquina manualmente	15	Verificar as medidas da furação de base na 1ª peça de teste	10
Dirigir-se à saída da máquina, interagindo com Op2	32	Remover, ajustar comprimento e re-colocar restantes brocas	61
Limpeza com jato de ar	21	Guardar ferramenta	5
Posicionar sensor	19	Verificar as medidas da furação de base na 1ª peça de teste	32
Ajustar posição vertical dos batentes	66	Dirigir-se à entrada da máquina entregando 1ª peça para "re-furação"	8
Ir guardar ferramentas	6	Dirigir-se à saída da máquina	15
Verificar posições laterais dos batentes com auxílio da folha	27	À espera que 1ª peça de teste seja furada	6
Alcançar ferramenta	3	Verificar as medidas de todas as furações e ordenar ajustes	62
Ajustar posição lateral do batente	18	Pousar 1ª peça de teste para desperdício	16
Pousar ferramenta e folha	10	À espera que responsável C.Q valide 2ª peça de teste	28
Verificar e auxiliar Op2 no ajuste da altura do tapete	42	Limpeza com jato de ar	41
Alcançar ferramenta	6	À espera que responsável C.Q valide 2ª peça de teste	139
Ajustar altura e alinhar os dois lados do tapete	28	Verificar as medidas de todas as furações e ordenar ajustes	38
Dirigir-se ao controlador da máquina	10	Colocar 2ª peça de teste na paleta de produto acabado	10
Descer os fixadores superiores eletronicamente	44	À espera que 3ª peça de teste seja furada	22
Colocar 1ª peça de teste na máquina	31	À espera que responsável C.Q valide 3ª peça de teste	16
Dirigir-se à saída da máquina	12	Verificar medidas das furações	21
Ajustar posição do fixador superior	9	À espera que responsável C.Q valide 3ª peça de teste	9
Ajustar posição de batentes	20	Colocar 3ª peça de teste na paleta de produto acabado	7
Verificar posições de batentes através da folha de posições	16	Preparar espaço na saída de peças	5
Ajustar posição de batentes	10	À espera que 4ª peça de teste seja furada	4
Verificar posição do fixador e sensor	22	Verificar medidas das furações	16
Ajustar posição do fixador	10	Dirigir-se à entrada da máquina	7
Ir buscar ferramenta	6	Afinar profundidade de furação	9
Trazer ferramenta	7	Dirigir-se à saída da máquina	7
Ajustar posição dos fixadores laterais	34	Afinar fixador superior	9
Guardar ferramenta	9	Dirigir-se à entrada da máquina	8
Dirigir-se ao controlador da máquina	11	Dirigir-se à saída da máquina	8
Programar e ligar máquina para furação lateral	23	Colocar 4ª peça de teste na paleta de produto acabado	7
À espera que 1ª peça de teste seja furada	14	À espera que responsável C.Q valide 5ª peça de teste	62
Desligar máquina e dirigir-se à saída da máquina	7		2219

Anexo 4.B – Registos da 2ª Observação

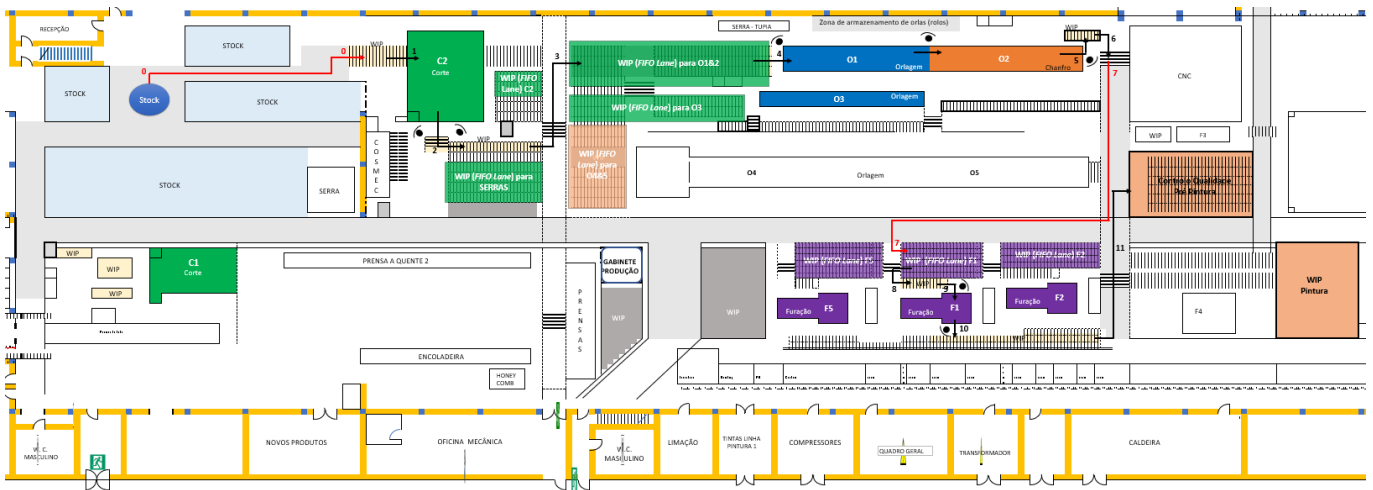
2ª Observação [segundos]			
Remover brocas da ordem anterior	9	Ir buscar ferramenta	7
Ir buscar chave de desaperto	8	Trazer ferramenta	6
Trazer chave de desaperto	8	Ajustar estrutura dos batentes	35
Remover brocas base da ordem anterior	9	Ir guardar as ferramentas	14
Guardar brocas base da ordem anterior	27	Preparar saída da máquina para a receção de peças	60
Ir buscar dossier de folhas de posições das ordens	8	Dirigir-se ao controlador da máquina	7
Selecionar folha da ordem corrente	32	Programar e ligar máquina para furação lateral	20
Ir buscar ferramenta	6	Dirigir-se à saída da máquina	8
Trazer ferramenta	6	Verificar a posição da peça no momento de furação	9
Remover brocas lateral direita da ordem anterior	38	Ir buscar dossier de folhas de posições das ordens	11
Pousar brocas lateral direita da ordem anterior	5	Selecionar folha da ordem corrente	46
Selecionar brocas para a ordem corrente	21	Verificar as medidas das posições dos batentes	12
Limpeza com jato de ar	10	Afinar a posição lateral de batentes	30
Colocar brocas lateral direita para a ordem corrente	22	Ajustar posição do fixador	23
Limpeza com jato de ar	17	Ir buscar ferramenta	8
Ir buscar brocas da ordem corrente já selecionadas	8	Trazer ferramenta	4
Trazer brocas	5	Ajustar posição vertical dos batentes	32
Colocar brocas base direita	26	Ir guardar folha de posições no dossier	8
Limpeza com jato de ar	7	Pousar ferramentas	4
Colocar brocas base esquerda	21	À espera que 1ª peça de teste seja furada	19
Limpeza com jato de ar	12	Afinar posição do fixador e dos batentes	27
Aperto de brocas de base esquerda	8	À espera que 1ª peça de teste seja furada	11
Limpeza com jato de ar	10	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça de teste	35
Remover brocas lateral esquerda da ordem anterior	33	Pousar peça	2
Pousar brocas lateral esquerda da ordem anterior	8	Dirigir-se à entrada da máquina	7
Selecionar brocas para a ordem corrente	15	Ajustar a profundidade da furação lateral	11
Colocar brocas lateral esquerda para a ordem corrente	13	Dirigir-se à saída da máquina	7
Dirigir-se à entrada da máquina	18	À espera que seja furada a 2ª peça de teste	8
Ajustar posição dos batentes	23	Verificar as medidas da furação lateral na 2ª peça de teste	34
Rebaixar posição tapete de peças	3	Dirigir-se à entrada da máquina com as duas peças de teste	8
Ajustar largura da máquina eletronicamente	19	Ajustar a profundidade da furação lateral	10
Ajustar largura da máquina manualmente (volante)	12	Programar e ligar máquina para furação completa (lateral+base)	10
Dirigir-se à saída da máquina	7	Dirigir-se à entrada da máquina	9
Verificação da folha de posições	8	À espera que seja furada a 1ª peça de teste	13
Guardar brocas removidas da ordem anterior	44	Verificar as medidas da furação de base na 1ª peça de teste	35
Guardar folha de posições no dossier	8	Afinar posição de broca	6
Guardar o dossier	16	Verificar as medidas da furação de base na 1ª peça de teste	39
Dirigir-se ao controlador da máquina	4	Pousar peça e dar ordem para inserir 2ª peça de teste na máquina	19
Descer fixadores superiores eletronicamente	25	À espera que seja furada a 2ª peça de teste	14
Ir buscar ferramenta	14	Verificar as medidas da furação de base na 2ª peça de teste	40
Trazer ferramenta	6	Remover uma das brocas	13
Ajustar posição vertical dos batentes	52	Ir selecionar outra broca	21
Dirigir-se à entrada da máquina	6	Colocar a nova broca	10
Ajustar largura do tapete de peças	19	Pega na peça e pousa-a no banco	5
Remover um dos fixadores	15	Arrumar dossier	15
Pousar fixador removido	8	À espera de validação por parte do responsável de CQ	145
Preparar estrutura do batente para ajuste	17		1633

Anexo 4.C – Registos da 3ª Observação

3ª Observação [segundos]			
Selecionar folha correta dos desenhos técnicos Valsa	14	Verificar posição do fixador com a 1ª peça de teste	17
Ir buscar dossier de folhas de posições das ordens	9	Retirar carril de um dos batentes	8
Guardar folhas dos outros desenhos técnicos Valsa	20	Ir guardar fixador removido	2
Selecionar folha de posições para ordem corrente	33	Ir buscar ferramenta	6
Dirigir-se ao controlador da máquina	7	Levar ferramenta para entrada da máquina	5
Subir fixadores superiores	9	Preparar a substituição de pastilha de batente	20
Subir tapete	9	Dirigir-se à saída da máquina	6
Limpeza com tubo de aspiração	14	Procurar pastilhas novas, pedir ao posto adjacente	29
Auxiliar Empilhador com paletes de MP	19	Levar pastilhas novas e fita para entrada da máquina	11
Ir buscar ferramenta	12	Substituir pastilhas dos batentes	179
Trazer ferramenta	3	Dirigir-se à saída da máquina com ferramenta	12
Remover brocas da ordem anterior	17	Ajustar posição de fixador superior	17
Ir guardar brocas da ordem anterior	18	Dirigir-se ao controlador da máquina	7
Dirigir-se à saída da máquina com ferramenta	4	Ajustar posição lateral do fixador eletronicamente	11
Remover brocas da ordem anterior	21	Ir buscar ferramenta	13
Ir guardar brocas da ordem anterior	19	Trazer ferramenta	4
Pousar ferramenta	2	Ajustar posição fixadores laterais	73
Limpeza com jato de ar	14	Ajustar posição do sensor	13
Ir selecionar brocas	4	Pousar ferramenta	4
Selecionar brocas para ordem corrente (lat. Esq.)	14	Dirigir-se à entrada da máquina	8
Colocar brocas	17	Reposicionar peça na entrada do tapete	3
Limpeza com jato de ar	12	Ligar e programar máquina para furação lateral	5
Ir selecionar brocas	4	Largar 1ª peça e esperar que seja feita a furação	10
Selecionar brocas para ordem corrente (lat. Dir.)	12	Para máquina e dirigir-se à saída da máquina	9
Colocar brocas	12	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça	18
Remover barra de apoio	3	Dirigir-se à entrada da máquina	6
Guardar barra de apoio	5	Afinar posição das brocas/cabeçotes	8
Dirigir-se à saída da máquina	3	Dirigir-se à saída da máquina	4
Selecionar ferramenta	4	Guardar folha de posições no dossier	5
Dirigir-se à entrada da máquina com ferramenta	8	Verificar as medidas da furação lateral na 1ª peça	23
Alterar posições de cabeçotes de base	27	Dirigir-se à entrada da máquina com a peça	7
Limpeza com tubo de aspiração	10	Colocar tubo de aspiração na zona de furação da máquina	11
Alterar posições de cabeçotes de base	105	Ajustar largura da máquina manualmente	8
Ir guardar um dos cabeçotes	9	Programar a máquina para furação completa	11
Recolher e levar brocas já pré-selecionadas	8	Inserir 1ª peça na máquina	9
Limpeza com jato de ar	11	Esperar que seja feita a furação	15
Colocar brocas (base esq)	9	Para máquina e dirigir-se à saída da máquina	5
Limpeza com jato de ar	8	Guardar ferramentas	16
Ir buscar brocas pré-selecionadas	3	Verificar as medidas da furação da base na 1ª peça	11
Levar brocas	5	Dirigir-se à entrada da máquina	5
Colocar brocas (base dir)	4	Afinar a altura/profundidade da furação da base esq.	10
Dirigir-se à entrada da máquina	14	Dirigir-se à saída da máquina	6
Ajustar posição lateral brocas/cabeçotes	39	Verificar as medidas da furação da base na 1ª peça	18
Baixar tapete	6	Dirigir-se à entrada da máquina	8
Ajustar posição de fixador	19	Afinar a altura/profundidade da furação da base dir.	14
Alterar posições de cabeçotes que não serão utilizados	17	Dirigir-se à saída da máquina	7
Ajustar largura da máquina eletronicamente	16	Verificar as medidas da furação da base na 1ª peça	10
Ajustar posição de fixador	19	Dirigir-se à entrada da máquina	7
Dirigir-se à saída da máquina	11	Afinar posição lateral da furação base esq.	20
Rebaixar componente extra da saída do tapete	14	Dirigir-se à saída da máquina	5
Ajustar posição dos batentes verificando folha de posições	44	Verificar as medidas da furação da base na 1ª peça	9
Trocar de ferramentas de aperto	6	Pousar 1ª peça de teste na bancada	2
Ajustar posição dos batentes verificando folha de posições	48	Dirigir-se à entrada da máquina	5
Ir buscar ferramenta	5	Afinar posição lateral da furação da base dir.	15
Trazer ferramenta	3	Ligar máquina	5
Posicionar sensor	14	Pegar e inserir 2ª peça de teste na máquina	6
Limpeza com jato de ar	5	Esperar que seja feita a furação	15
Posicionar sensor	10	Dirigir-se à saída da máquina	7
Ajustar posição dos batentes verificando folha de posições	45	Verificar as medidas da furação completa na 2ª peça	61
Pousar folha e ferramenta	3	Pousar peça e ferramenta de medida	3
Repor componente extra da saída do tapete	19	Ir chamar responsável de C.Q	46
Dirigir-se à entrada da máquina	14	Esperar a validação por parte do responsável de CQ	5
Ajustar largura da máquina eletronicamente	14	Preparar zona de saída para largada de p.a	19
Ajustar largura da máquina manualmente	9	Esperar a validação por parte do responsável de CQ	73
Alinhar altura dos dois lados do tapete	3	Arrumar dossier de folhas de posições	11
Pegar 1ª peça de teste e pousar na entrada do tapete	8	Preparar paleta de MP	21
Dirigir-se aos controladores da máquina	4	Esperar a validação por parte do responsável de CQ	46
Baixar fixadores superiores	8	Preparar a saída de peças do tapete	5
Remover um dos fixadores	11		2062

Anexo 5 – Fluxo de materiais com as propostas de melhoria dos elementos no *Layout* fabril

Anexo 5.A – Fluxo de materiais com as propostas de melhoria de prateleiras “X”



Anexo 5.B – Fluxo de materiais com as propostas de melhoria de prateleiras “Y”

