



**Melhoria de desempenho de processos produtivos
numa empresa do ramo aeronáutico**

Jorge Coelho Marinho

UMinho | 2021

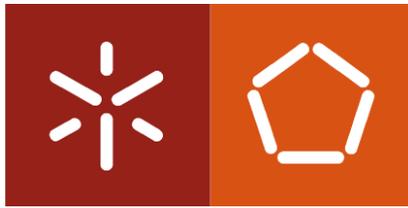


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Jorge Coelho Marinho

Melhoria de desempenho de processos produtivos
numa empresa do ramo aeronáutico

setembro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Jorge Coelho Marinho

**Melhoria de desempenho de processos
produtivos numa empresa do ramo
aeronáutico**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

setembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família, pelo apoio incondicional durante todo o processo de formação que me trouxe até este projeto. Nunca irei esquecer o esforço e dedicação que todos os elementos tiveram para me transmitir os melhores valores e objetivos a levar na vida, tanto a nível pessoal como profissional.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa, pela disponibilidade, por todo o conhecimento partilhado, pela troca de ideias, pelo interesse demonstrado desde o início do projeto e pela orientação em geral durante todo este percurso.

Agradeço ao meu orientador na empresa, Engenheiro Luís Filipe Costa Sobral, por todo o apoio, pela preocupação com o desenvolvimento do projeto, por todo o conhecimento pessoal e profissional partilhado, pela disponibilidade total e pela integração no excelente ambiente empresarial que se vive na Caetano Aeronautic.

Agradeço a todos os meus amigos, meus companheiros, pelas trocas de ideias, por todos os conselhos, pelos momentos de descontração e pela confiança que partilhamos.

Por último, agradeço de forma especial à Beatriz Alexandra Pires Leite, pela presença e apoio em todos os momentos, pela motivação e entreaajuda durante o projeto e por proteger o meu bem-estar pessoal.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

A situação pandémica que atualmente se vive, e que teve início em 2020, afetou negativamente todas as indústrias, sendo que a indústria aeroespacial não foi exceção. De forma a reagir às alterações do mercado, a Caetano Aeronautic (CAER) optou por adotar uma estratégia de redução de custos. Consequentemente, a CAER pretende desenvolver e implementar soluções de baixo investimento que envolvam a prática e utilização de conceitos *Lean*.

De forma a satisfazer o pretendido pela CAER, o atual projeto de dissertação, foi realizado em ambiente empresarial e teve como principal objetivo aumentar o desempenho dos processos mais críticos do processo produtivo, documentando e padronizando todos os procedimentos e melhorias realizadas, para, em equipa, superar o desempenho atual da organização. O projeto de dissertação teve ainda como objetivo relacionar a implementação de ferramentas *Lean* com o aumento de desempenho de uma empresa do setor aeroespacial.

Para tal, foram utilizadas várias ferramentas que apoiam os princípios *Lean*, tais como, a gestão visual, a metodologia 5S, o *Value Stream Mapping* (VSM), o *standard work*, o supermercado, o *kanban*, o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), entre outras. Enquanto algumas ferramentas foram utilizadas com o intuito de identificar vários desperdícios relacionados com movimentações, transportes, sobre processamento, sobreprodução, defeitos, esperas e *stocks*, a utilização das restantes ferramentas permitiu reduzir o tempo alocado a tarefas associadas aos desperdícios identificados.

A implementação de propostas de melhoria, tais como, um *kanban* de transporte, um supermercado, a prática de SMED, a definição e comunicação do *standard work*, a prática de melhores condições ergonómicas, a utilização da metodologia 5S's, entre outras, permitiram alcançar uma redução de custos de produção associada aos processos produtivos de corte e de pintura de 49 032,00€ e 88 164,00€ respetivamente. Assim sendo, houve uma redução de custos anual quantificada em 137 196,00€.

Deste modo, é possível concluir que a correta aplicação de ferramentas *Lean*, permite às organizações incluídas na indústria aeroespacial alcançarem um melhor desempenho operacional sem um grande investimento estar associado.

PALAVRAS-CHAVE

Indústria aeroespacial, *Kaizen*, *Kanban*, *Lean Production*, Processamento de compósitos

ABSTRACT

The current pandemic situation, which began in 2020, has negatively affected all industries, and the aerospace industry was no exception. In order to react to the market changes, Caetano Aeronautic (CAER) chose to adopt a cost reduction strategy. Consequently, CAER intends to develop and implement low investment solutions that involve the practice and use of Lean concepts.

In order to satisfy CAER's requirements, the current dissertation project was carried out in a business environment had the main objective of increasing the performance of the more critical processes of the general production process, documenting and standardizing all the procedures and improvements that will have to be made, in order, as a team, to surpass the organization's current performance. The dissertation project also aims to relate the implementation of Lean concepts with the performance increase of a company in the aerospace sector.

To this end, several tools that support Lean principles were used, such as visual management, the 5S methodology, the Value Stream Mapping (VSM), the standard work, the supermarket, the kanban, the Single Minute Exchange of Die (SMED), among others. While some tools were used to identify various waste related to motion, transport, over-processing, overproduction, defects, waiting and stocks, the use of the other tools allowed to reduce the time allocated to tasks associated with identified wastes.

The implementation of the improvement proposals, such as a transport kanban, a supermarket, the practice of SMED, the definition and communication of standard work, the practice of better ergonomic conditions, the use of the 5S's methodology, among others, allowed to achieve a production cost reduction associated with the production processes of cutting and painting of €49,032.00 and €89,404.00 respectively. Therefore, there was an annual cost reduction quantified in €137 196.00

Thus, it is possible to conclude that the correct application of Lean concepts, allows organizations included in the aerospace industry to achieve better operational performance without a large investment being associated.

KEYWORDS

Aerospace industry, Kaizen, Kanban, Lean Production, Composites processing

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Metodologia de investigação	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1 O conceito <i>Lean</i>	5
2.2 Evolução histórica do conceito <i>Lean</i>	5
2.3 Princípios do <i>Lean</i>	7
2.4 Tipos de desperdícios.....	9
2.5 Ferramentas e metodologias <i>Lean</i>	10
2.5.1 Gestão Visual.....	11
2.5.2 Metodologia 5S's.....	12
2.5.3 Value Stream Mapping (VSM).....	13
2.5.4 Standard Work.....	14
2.5.5 Supermercado.....	16
2.5.6 Mizusumashi / Milk Run.....	17
2.5.7 Kanban	17
2.5.8 Single Minute Exchange of Die (SMED).....	18
2.5.9 Kaizen.....	19
2.5.10 Heijunka.....	21
2.5.11 Poka-Yoke.....	21

2.6	Benefícios do conceito <i>Lean</i>	22
2.7	Dificuldades e desvantagens do conceito <i>Lean</i>	23
2.8	<i>Lean</i> e a indústria aeroespacial	25
3.	Apresentação da empresa.....	26
3.1	Grupo Salvador Caetano.....	26
3.2	História e evolução do Grupo Salvador Caetano	27
3.3	Missão e principais objetivos	28
3.4	Principais produtos e clientes	29
3.5	Principais matérias-primas e fornecedores.....	30
3.6	Descrição do sistema produtivo	30
4.	Análise e diagnóstico	32
4.1	Identificação e descrição dos processos produtivos.....	32
4.2	Diagnóstico do processo de corte	38
4.2.1	Normalização do trabalho	38
4.2.2	Produtividade	38
4.2.3	Preparação de equipamentos	39
4.2.4	Organização da produção	40
4.2.5	Planeamento e controlo da produção	40
4.2.6	Ergonomia.....	41
4.2.7	Work in progress (WIP)	41
4.3	Diagnóstico do processo de pintura	41
4.3.1	Normalização do trabalho	42
4.3.2	Produtividade	42
4.3.3	Organização da produção	43
4.3.4	Planeamento e controlo da produção	43
4.3.5	Ergonomia.....	43
4.3.6	Layout.....	44
4.3.7	Qualidade.....	45
4.3.8	Work in progress (WIP)	47
4.4	Síntese e priorização dos problemas.....	48

5.	Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria	50
5.1	Desenvolvimento e implementação no processo de corte	53
5.1.1	Passagem do processo manual para o processo automático em máquina CNC	53
5.1.2	Racionalização do processo automático	56
5.1.3	Racionalização do processo manual.....	59
5.2	Desenvolvimento e implementação no processo de pintura	61
5.2.1	Alteração do layout do processo e dos buffers	61
5.2.2	Gestão e controlo dos materiais auxiliares	63
5.2.3	Projeto de melhoria da eficiência	67
5.2.4	Projeto de melhoria da qualidade.....	73
6.	Análise e discussão de resultados	78
6.1	Resultados associados ao processo de corte.....	78
6.2	Resultados associados ao processo de pintura.....	81
7.	Conclusões	84
7.1	Considerações finais	84
7.2	Trabalho futuro	86
	Referências Bibliográficas	88
	Apêndice 1 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 2.08	91
	Apêndice 2 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 BBSS.....	93
	Apêndice 3 – Diagrama de sequência do produto 1 da família de produtos A400M-CC.....	95
	Apêndice 4 – Diagrama de sequência do produto 2 da família de produtos A400M-CC.....	97
	Apêndice 5 – Diagrama de sequência do produto 3 da família de produtos A400M-CC.....	99
	Apêndice 6 – Standard work do colaborador do corte automático.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Standard work combination sheet (Chan & Tay, 2018)	16
Figura 2 – Ciclo PDCA (Imai, 2012)	20
Figura 3 – Sede do grupo Salvador Caetano e respetiva Caetano Aeronautic	26
Figura 4 – componentes em carbono produzidos pela Caetano Aeronautic	29
Figura 5 – componentes em alumínio e titânio produzidos pela Caetano Aeronautic	30
Figura 6 – Organograma atual da Caetano Aeronautic.....	31
Figura 7 – Secções produtivas da CAER (a) metálicos e (b) compósitos	31
Figura 8 – Diagrama de Pareto do volume de produção previsto para 2021	32
Figura 9 – Diagrama de Pareto dos custos de produção previstos para 2021	33
Figura 10 – Diagrama de Pareto referente aos custos de produção previstos dos produtos A400M-CC para 2021	34
Figura 11 – Zona de corte assinalado a azul e zona de pintura assinalado a amarelo	35
Figura 12 – <i>Layout</i> da CAER com processos identificados	36
Figura 13 – (a) Ferramentas utilizadas na zona do corte e (b) Dispositivos <i>Poka-Yoke</i> de auxílio ao corte	40
Figura 14 – (a) Ferramentas, (b) Zona de corte dos compósitos e (c) Desorganização da bancada de trabalho.....	40
Figura 15 – WIP à entrada da zona de corte	41
Figura 16 – Material auxiliar da cabine de (a) preparação e (b) pintura	43
Figura 17 – (a) Máquina orbital antiga e (b) Luvas utilizadas nas preparações	44
Figura 18 – Diagrama de <i>Spaghetti</i>	44
Figura 19 – (a) Reparação de peças no interior da cabine e (b) Impurezas dentro da cabine de pintura	46
Figura 20 – <i>Stock</i> acumulado na entrada da preparação e pintura	47
Figura 21 – (a) Estufa cheia e (b) Isolamento de peça A400M-CC	47
Figura 22 – Matriz dificuldade – impacto das ações de melhoria	52
Figura 23 – (a) Processo de corte em máquina CNC e (b) Meios auxiliares de produção (MAP) e dispositivos <i>Poka-Yoke</i> desenvolvidos	53
Figura 24 – (a) e (b) Área de chão de fábrica libertada	54
Figura 25 – (a) Corte manual com colaborador e (b) Corte automático com colaborador	55

Figura 26 – <i>Layout</i> do processo de corte automático.....	56
Figura 27 – Supermercado que liga o posto de trabalho de corte e o posto de trabalho seguinte	57
Figura 28 – (a) Processo de corte após evento 5S's e (b) Gestão visual no supermercado	58
Figura 29 – Exemplo de um sistema <i>kanban</i> de transporte simplificado (retirado de: www.kanban-system.com).....	59
Figura 30 – (a) Processo de preparação de núcleos pré 5S's e (b) Processo de preparação de núcleos pós 5S's.....	60
Figura 31 – <i>Layout</i> inicial do processo de pintura.....	61
Figura 32 – Proposta de alteração do <i>layout</i> do processo de pintura	62
Figura 33 – Quadro <i>kanban</i> da cabine de preparação	64
Figura 34 – Cartão <i>kanban</i> (a) frente e (b) verso	64
Figura 35 – (a) Caixa com pedidos de abastecimento e (b) Caixa com material auxiliar abastecido	65
Figura 36 – Padrão de funcionamento do <i>kanban</i> de transporte da cabine de preparação	65
Figura 37 – Quadro do material em rotura em armazém.....	66
Figura 38 – Quadro do projeto de melhoria de eficiência do processo de pintura	68
Figura 39 – (a) Carimbos com datadores e (b) Máquina de etiquetas	68
Figura 40 – Isolamento em fita cola (esquerda) e em vinil (direita)	69
Figura 41 – Ferramenta de auxílio ao isolamento	70
Figura 42 – (a) Máquina orbital de preparação nova e (b) Luvas anti vibração	70
Figura 43 – <i>Buffer</i> das peças que necessitam de reparação de pintura	71
Figura 44 – (a) Materiais da preparação pós 5S's e (b) Materiais da pintura pós 5S's.....	72
Figura 45 – (a) Cabine da estufa lotada e (b) Pintura e cura de peças na vertical.....	73
Figura 46 – Diagrama de Pareto dos defeitos do processo de pintura (janeiro – março 2021)	74
Figura 47 – (a) <i>Layout</i> do novo posto de limpeza e reparação e (b) Novo posto de limpeza e reparação	75
Figura 48 – Cabine de pintura limpa, organizada e com o novo isolamento	75
Figura 49 – Standard 5S's para o <i>stock</i> de materiais auxiliares da cabine de preparação	76
Figura 50 – Kit de pintura com os materiais auxiliares	76
Figura 51 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 2.08	91
Figura 52 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 2.08 (continuação).....	92
Figura 53 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 BBSS	93
Figura 54 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 BBSS (continuação)	94

Figura 55 – Diagrama de seqüência do produto 1 da família de produtos A400M-CC	95
Figura 56 – Diagrama de seqüência produto 1 da família de produtos A400M-CC (continuação).....	96
Figura 57 – Diagrama de seqüência do produto 2 da família de produtos A400M-CC	97
Figura 58 – Diagrama de seqüência do produto 2 da família de produtos A400M-CC (continuação)...	98
Figura 59 – Diagrama de seqüência do produto 3 da família de produtos A400M-CC	99
Figura 60 – Diagrama de seqüência do produto 3 da família de produtos A400M-CC (continuação).	100

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo de ciclo e TT por família de produtos.....	37
Tabela 2 – Sequência de operações do processo de corte.....	38
Tabela 3 – Comparação entre produtividades de produtos A320 2.08 dos colaboradores do corte.....	39
Tabela 4 – Comparação entre produtividades de produtos A320 BBSS dos colaboradores do corte ...	39
Tabela 5 – Sequência de operações do processo de pintura.....	42
Tabela 6 – Número de peças pintadas nas quatro semanas de fevereiro de 2021 (5 dias de produção/semana).....	42
Tabela 7 – Dados retirados do diagrama de Spaghetti.....	45
Tabela 8 – Defeitos e taxa de qualidade mensal das peças BBSS pintadas	46
Tabela 9 – Priorização dos problemas identificados da zona de corte	48
Tabela 10 – Priorização dos problemas identificados da zona de pintura	49
Tabela 11 – Plano de ações de melhoria para o processo de corte segundo os 5W2H.....	50
Tabela 12 – Plano de ações de melhoria para o processo de pintura segundo os 5W2H.....	51
Tabela 13 – Comparação dos tempos de operação do processo de corte	54
Tabela 14 – Comparação entre produtividades dos colaboradores do corte automático (A320 2.08)..	55
Tabela 15 – Evolução da taxa de qualidade desde janeiro a junho de 2021	56
Tabela 16 – Medições dos tempos de setup interno.....	59
Tabela 17 – Dados referentes ao diagrama de Spaghetti após alteração de layout.....	63
Tabela 18 – Ganhos no processo de corte relatados no projeto de dissertação	80
Tabela 19 – Ganhos no processo de pintura relatados no projeto de dissertação	83
Tabela 20 – Standard work do processo de corte automático A320 2.08.....	101
Tabela 21 – Standard work do processo de corte automático A320 BBSS	101

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BAE Systems – *British Aerospace Systems*

CAER – Caetano Aeronautic

CNC – *Computer Numerical Control*

COVID-19 – *Corona Virus Disease 2019*

EN – *European Standard*

GSC – Grupo Salvador Caetano

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just in time*

LAD – *Lean-as-Done*

LAI – *Lean-as-Imagined*

LP – *Lean Production*

LT – *Lead Time*

MAP – Meio auxiliar de produção

OP – Ordem de Produção

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PN – *Part Number*

QR – *Quick Response*

SAP – Software de Apoio à Produção

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TC – Tempo de Ciclo

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work In Progress*

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo introduzir o projeto de dissertação “Melhoria de desempenho de processos produtivos numa empresa do ramo aeronáutico”. Nele estão retratados o enquadramento do âmbito do projeto, os objetivos do mesmo, o método de investigação utilizado e a estrutura adotada para a dissertação.

1.1 Enquadramento

A presente dissertação insere-se no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, tendo sido realizada em ambiente empresarial. Desta forma, o projeto de dissertação foi desenvolvido numa empresa do setor aeroespacial – a Caetano Aeronautic (CAER) – tendo como principal foco o aumento do desempenho de vários processos produtivos.

A indústria aeroespacial foi e está a ser negativamente afetada devido à crise pandémica do *Corona Virus Disease* 2019 (COVID-19) que se instalou no final do ano de 2019 e que se mantém presente. As restrições impostas às companhias aéreas levaram à estagnação do crescimento económico do setor. Consequentemente, os fornecedores das companhias – os fabricantes de aeronaves – estão a ser alvo das mesmas restrições, estagnando também a produção de aeronaves. Iguualmente, os fornecedores dos fabricantes – tal como a CAER – veem a sua procura diminuída. Assim, todos os intervenientes do mercado aeroespacial necessitam de se renovar diariamente de forma a manter a sua estabilidade económica neste setor industrial (Dube, Nhamo, & Chikodzi, 2021).

Desta forma, para reagir à situação atual da indústria aeroespacial, surge este projeto de dissertação. O projeto tem como ambição manter ou aumentar o desempenho de processos produtivos da empresa em estudo, procurando a redução de custos e recursos utilizados. Para tal, a aplicação de ferramentas *Lean* é o método escolhido, pois a filosofia *Lean* é aquela que vai de encontro à ambição do projeto: produzir mais com menos (Womack, Jones, & Roos, 1990).

1.2 Objetivos

O objetivo principal do projeto é o de aumentar o desempenho dos processos mais críticos do processo produtivo, documentando e padronizando todos os procedimentos e melhorias que terão de ser feitas, para, em equipa, superar o desempenho atual da organização.

De forma a atingir o objetivo principal do projeto e a reduzir os custos de operação dos processos produtivos mais críticos (processo de corte e processo de pintura), será necessário cumprir com os seguintes objetivos específicos:

- Identificar, criar e simplificar fluxos de produção e de informação;
- Melhorar as condições de trabalho;
- Reduzir o *Work in Progress* (WIP);
- Reduzir o tempo de operação dos processos mais críticos;
- Redução dos custos de retrabalho e de reprodução de peças;
- Redução de tempo desperdiçado com movimentações e transportes;
- Identificar, criar e simplificar métodos de trabalho.

Assim sendo, para atingir os objetivos acima descritos será necessário aplicar ferramentas *Lean* aos processos em questão.

O projeto inclui ainda as seguintes fases:

- Descrever e analisar o estado atual dos processos produtivos da empresa;
- Identificar e explicar as oportunidades de melhoria identificadas;
- Desenvolver ações de melhoria;
- Acompanhar a implementação das melhorias efetuadas;
- Analisar e comparar o estado atual com o estado futuro;
- Quantificar o impacto das melhorias implementadas.

Na fase de implementação de melhorias, o objetivo é que a diferença entre *Lean-as-Imagined* (LAI) e *Lean-as-Done* (LAD) seja a menor possível, pois em muitos projetos de implementação *Lean*, o resultado do mesmo é influenciado por esta diferença (Soliman & Saurin, 2020).

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação que mais se enquadra nas características e necessidades deste projeto é a *Action-Research* (Pesquisa-Ação).

Esta metodologia baseia-se em conciliar a compreensão do conhecimento teórico existente com a ação prática no campo de trabalho. Neste caso, o investigador pode ser também participante na proposta, desenvolvimento e implementação de soluções, estando completamente envolvido no ambiente organizacional (Herr & Anderson, 2014).

A metodologia *Action-Research* é uma forma de investigação, realizada com os membros internos da organização ou até mesmo por esses membros internos. Trata-se de um processo de reflexão deliberada que considera todos os parâmetros influentes em estudo e geralmente requer que sejam apresentadas evidências que comprovem e justifiquem as ações e intervenções feitas ao longo do projeto (Herr & Anderson, 2014).

Segundo esta metodologia, as ações e intervenções devem seguir um ciclo em espiral de forma que o conhecimento sobre um determinado problema seja cada vez maior, permitindo assim que o conhecimento teórico acumulado solucione o problema. Este ciclo tem quatro diferentes fases, sendo elas (Herr & Anderson, 2014):

- Diagnosticar o estado atual e desenvolver um plano de ação para o melhorar;
- Agir, implementando o plano desenvolvido;
- Observar e avaliar os efeitos do plano implementado;
- Refletir sobre esses efeitos e elaborar um novo plano de ação subsequente, havendo uma sucessão de ciclos em espiral até se chegar à solução final.

Respeitando a metodologia utilizada, na primeira fase foi feito o diagnóstico do estado atual dos processos produtivos da organização, recorrendo a ferramentas visuais para o expressar. Após toda a informação relevante para o projeto ser tratada, o estado atual estar devidamente representado, e estarem identificadas as principais oportunidades de melhoria, foi desenvolvido um plano de ação que priorizou os processos com maior quantidade de desperdício associado. Posteriormente, implementou-se o plano de ação mencionado, avaliando e observando os efeitos que este teve nos processos produtivos escolhidos. Por fim, através da documentação e da análise crítica aos resultados obtidos, foi cumprida a última etapa do ciclo desta metodologia.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em sete capítulos. O presente capítulo (Introdução) começa por caracterizar e justificar o projeto, enquadrando a situação atual da indústria aeroespacial. É também

neste capítulo que são representados os objetivos do projeto de dissertação, a metodologia de investigação utilizada e a forma como o documento está organizado.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos temas relevantes para o projeto, tais como a evolução histórica do conceito *Lean*, os princípios *Lean*, os tipos de desperdícios, as ferramentas e metodologias *Lean*, entre outros. Neste capítulo, também está presente uma breve revisão da relação entre o conceito *Lean* e a indústria aeroespacial.

O terceiro capítulo apresenta a empresa onde foi realizado o projeto de dissertação, descrevendo a sua atividade, situações vivenciadas nos últimos anos, fornecedores, clientes, matérias-primas, produtos finais, grupo empresarial a que pertence, processos produtivos, missão e principais objetivos.

No quarto capítulo está representada a análise e diagnóstico do estado atual dos processos produtivos que o projeto de dissertação abordou. São também descritos e priorizados os problemas identificados do estado atual. Tudo isto é feito com o auxílio de ferramentas visuais.

No quinto capítulo está representado o desenvolvimento e implementação das propostas de melhoria realizadas aos processos produtivos mais críticos, tendo como objetivo solucionar os problemas identificados no capítulo anterior.

O sexto capítulo quantifica e analisa os resultados obtidos resultantes das melhorias implementadas, comparando o estado pré melhorias com o estado pós melhorias.

Por último, o sétimo capítulo encerra o projeto de dissertação. Aqui estão descritas as considerações finais do projeto e as informações fulcrais a utilizar em trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo que se segue apresenta a revisão bibliográfica sobre o conceito *Lean* relevante para este projeto. São aqui abordados temas, tais como a evolução histórica do conceito *Lean*, os princípios do conceito, as ferramentas relacionadas com o mesmo e os tipos de desperdícios. Neste capítulo, está também presente uma breve revisão da relação entre o conceito *Lean* e a indústria aeroespacial.

2.1 O conceito *Lean*

O conceito *Lean* tem como base o *Toyota Production System* (TPS) (Ohno & Bodek, 1988) e é considerado um sistema sociotécnico que tem como objetivo eliminar qualquer forma de desperdício e reduzir a variabilidade associada aos processos internos, fornecedores e clientes de uma organização. Este conceito incentiva a utilização de várias práticas de gestão organizacional e ferramentas visuais, de forma a que as organizações consigam alcançar os seus objetivos e, conseqüentemente, serem mais competitivas (Mostafa, Dumrak, & Soltan, 2013; Bortolotti, Boscari, & Danese, 2015; Santosa & Sugarindra, 2018).

O termo “*Lean*” foi referido pela primeira vez por Krafcik em 1988 e, posteriormente, no livro “*The machine that changed the world*” (Womack et al., 1990). Os autores começaram a usar este termo para fazer referência ao TPS (Mostafa et al., 2013).

Desde então, o conceito foi aplicado a várias organizações, mostrando-se extremamente benéfico e adaptável a qualquer tipo de setor industrial (Mostafa et al., 2013).

Uma grande parte dos documentos teóricos desenvolvidos recentemente, relacionados com este tema, demonstram que as organizações *Lean*, a nível operacional, são mais competitivas do que as organizações que ainda não implementaram este conceito, fazendo com que o mesmo seja cada vez mais estudado e implementado nas organizações a nível mundial (Mostafa et al., 2013; Netland, 2016).

2.2 Evolução histórica do conceito *Lean*

Na década de 1980, a indústria japonesa estava a evoluir de forma rápida e consistente, o que não se aplicava às indústrias ocidentais. Esta evolução começou a despertar o interesse por parte das indústrias ocidentais, que procuravam incessantemente alcançar o desempenho da indústria japonesa. Faltava, então, descobrir de que forma era possível atingir a excelência produtiva vivenciada no Japão (Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel, 2012).

Mais tarde, em 1990, surgiu o livro *“The Machine that Changed the World”*, escrito por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos. Este divulgava alguns dados importantes sobre o TPS. Foi a partir deste que surgiu o conceito *Lean*, que revolucionou o significado de excelência produtiva (Holweg, 2007; Chiarini, Baccarani, & Mascherpa, 2018).

O livro *“The Machine that Changed the World”* potenciou as investigações científicas sobre o conceito *Lean*, aumentando o número de artigos científicos publicados na área. O aumento da informação disponível comprovou que o conceito *Lean* estava diretamente relacionado com os resultados obtidos pela indústria japonesa. Desta forma, este conceito tornou-se reconhecido mundialmente (Holweg, 2007; Abbadi, Elrhani, & Manti, 2020).

Na época, a indústria automóvel japonesa não só tinha um desempenho superior a nível de produtividade e qualidade, como também necessitava de um menor número de recursos produtivos para produzir. Desta forma, a indústria automóvel japonesa foi considerada uma referência a nível mundial, sendo que a Toyota era a que mais se adequava para a representar. A Toyota produzia carros de grande qualidade a uma velocidade elevada, sendo considerada a *“forma mais avançada de Lean Production”* no mundo (Rich et al., 2012).

Assim, algumas organizações estabeleceram parcerias com a Toyota. No caso da parceria entre a General Motors e a Toyota, a correta implementação do conceito *Lean* numa organização ocidental permitiu obter resultados semelhantes aos alcançados pela Toyota no Japão. Esta parceria serviu de exemplo, demonstrando que as organizações que praticavam uma cultura e métodos de trabalho diferentes dos praticados pela indústria japonesa, também conseguiam aumentar o desempenho organizacional com a correta implementação de *Lean* (Rich et al., 2012).

Os resultados observados fizeram com que o interesse das organizações ocidentais em implementar este novo conceito aumentasse exponencialmente, começando a ser implementado em indústrias de diversos setores. Tal facto evidenciou que o *Lean* era um sistema aplicável a qualquer tipo de indústria e que permitia obter bons resultados, utilizando conceitos práticos sem investimentos elevados. A maior parte dos resultados foi visível no desempenho das organizações produtivas, demonstrando-se através, por exemplo, da redução de *stocks*, do aumento da satisfação do cliente, da redução do *lead time* (LT) e da redução dos desperdícios de forma geral (Chiarini et al., 2018).

No entanto, algumas destas organizações passaram por dificuldades na compreensão e implementação do conceito *Lean*. Estas, com o intuito de alcançar os resultados obtidos pela Toyota, começaram por implementar as ferramentas e técnicas *Lean* de forma isolada, mas rapidamente se aperceberam que

esse entendimento do conceito *Lean* estava errado, alterando-o para uma perspectiva de cultura e filosofia organizacionais integradas (Chiarini et al., 2018).

Mesmo assim, as diferenças culturais presentes nas organizações ocidentais sentiram-se em muitos casos de implementação deste conceito, pois o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas, o envolvimento dos colaboradores, o trabalho em equipa e o respeito pelos colaboradores não tiveram a devida atenção por parte das mesmas. Em algumas organizações ocidentais, a percepção errada do conceito *Lean* levou a falhas e à sobre-exploração dos recursos produtivos (Chiarini et al., 2018).

Atualmente, o conceito *Lean*, ao passar por diversas revoluções industriais (Abadi et al., 2020), evoluiu e está presente em qualquer tipo de indústria ou organização, podendo ser aplicado em vários contextos como, por exemplo, nos setores da saúde, gestão ambiental, produção, prestação de serviços, política, entre outros (Chiarini et al., 2018).

Futuramente, com a ocorrência da quarta revolução industrial – a Indústria 4.0 – o conceito *Lean* terá de se adaptar novamente às novas necessidades e métodos de produção. Está retratado na literatura existente que estes dois conceitos estão intrinsecamente relacionados, bem como o facto de que, combinados, podem resultar numa excelente sinergia (Mayr et al., 2018).

2.3 Princípios do *Lean*

O crescimento da aplicação incorreta dos conceitos *Lean* demonstrava que o conhecimento das organizações ocidentais sobre os princípios, a cultura e o objetivo das ferramentas *Lean* era, em muitos casos, escasso. Desta forma, James Womack e Daniel Jones, em 1996, publicaram um livro intitulado “*Lean Thinking*” (Womack & Jones, 1996) que descrevia o acompanhamento do progresso de cinquenta e duas organizações ocidentais que implementaram o conceito *Lean*. Esta publicação veio divulgar e esclarecer os temas que as organizações ocidentais tinham mais dificuldade em entender e praticar (Rich et al., 2012).

Foram, então, identificados cinco principais princípios, sendo eles (Womack & Jones, 1996; Rich et al., 2012; Smith & Thangarajoo, 2015):

- Especificar o valor de um produto ou família de produtos de acordo com o ponto de vista do cliente;

- Identificar todas as etapas do fluxo de valor para cada produto ou família de produtos, eliminando, sempre que possível, as operações que não acrescentam valor;
- Fazer com que as operações que acrescentam valor sejam feitas de forma a garantir o fluxo contínuo de produção;
- Promover a *Pull Production*, onde os clientes é que definem o ritmo de produção;
- Procurar incessantemente melhorar o desempenho organizacional.

Para entender estes princípios é importante perceber também o significado dos seguintes termos:

- Valor: Este termo, segundo a visão de Womack e Jones (1996), deve ser ditado pelo cliente, ou seja, apenas os clientes da organização poderão quantificar e definir o valor das características do produto ou serviço executado pela mesma;
- Operações que acrescentam valor: As operações produtivas devem ser divididas em operações que acrescentam valor e operações que não acrescentam valor. São consideradas operações que acrescentam valor, todo o tipo de operações necessárias para a organização transformar os recursos produtivos num produto ou serviço que corresponda às necessidades dos clientes. Relativamente às operações que não acrescentam valor, podemos dividi-las em operações necessárias e operações não necessárias. Segundo o conceito *Lean*, todas as operações que não acrescentam valor ao produto ou serviço devem ser eliminadas, mas, se forem necessárias, devem ser minimizadas. Por isso, a organização deve ser capaz de distinguir e identificar as operações que acrescentam valor e as que não acrescentam valor ao produto ou serviço. (Smith & Thangarajoo, 2015);
- Fluxo contínuo de produção: Este refere-se ao fluxo ideal que uma organização produtiva deve possuir, onde não existem paragens dos produtos intermédios entre processos. Por outras palavras, o objetivo do fluxo contínuo é minimizar ou eliminar os *stocks* intermédios entre processos, reduzindo assim o tempo de atravessamento do produto ou família de produtos (Womack & Jones, 1996; Smith & Thangarajoo, 2015);
- *Pull Production*: O conceito designa uma abordagem de produção que consiste em produzir apenas os pedidos dos clientes, quando estes os realizam. Desta forma, esta abordagem incentiva a eliminação ou minimização dos *stocks* intermédios, *stocks* de matéria-prima e *stocks* de produto final (Smith & Thangarajoo, 2015). Para além disso, permite reduzir o LT de produção

e, conseqüentemente, o tempo de resposta ao mercado, bem como permite a minimização da variabilidade associada ao processo produtivo (Womack & Jones, 1996);

- *Kaizen*: Este conceito defende que qualquer organização deve procurar melhorar continuamente, nunca estando satisfeita com a situação atual (Womack & Jones, 1996; Smith & Thangarajoo, 2015).

2.4 Tipos de desperdícios

O desperdício é definido como sendo qualquer atividade que, na ótica do cliente, não acrescenta valor ao produto ou serviço da organização. As atividades que acrescentam valor ao produto ou serviço são quaisquer atividades, praticadas pela organização, que transformam a matéria-prima no produto ou serviço pretendido pelo cliente. As restantes atividades são consideradas desperdícios (Ohno & Bodek, 1988; Melton, 2005; Rich et al., 2012).

O autor do livro “*Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*”, Ohno & Bodek (1988), refere a existência de sete principais desperdícios, sendo eles:

- Sobreprodução: Este desperdício existe em todas as organizações que produzam em demasia relativamente à procura existente, havendo assim um excedente de produção. Normalmente está presente em organizações que produzem em massa ou em lotes de grandes quantidades (Rich et al., 2012). A sobreprodução é considerada o pior desperdício, pois a existência da mesma promove a existência de outros desperdícios, tais como, esperas, transporte e *stocks*. Isto faz com que sejam necessários mais colaboradores, mais equipamentos, mais área de produção e mais área de armazenamento para laborar. Este desperdício oculta e apoia a prática dos sete principais desperdícios (Phil, 2018).
- Sobre processamento: Este desperdício existe quando o produto é processado excessivamente. Todo o processamento que não acrescenta valor ao produto, na ótica do cliente, é considerado excessivo. A utilização de ferramentas inapropriadas que obriguem a um maior esforço por parte dos colaboradores ou a prática de um processamento que no passado era necessário, mas no presente já não o é, são exemplos claros de sobre processamentos (Phil, 2018). Este desperdício promove ainda outros desperdícios, tais como, esperas e *stocks* (Rich et al., 2012).
- Defeitos: Todo o tipo de seleção, de inspeção, de retrabalho de um defeito ou de armazenamento de produtos defeituosos é considerado desperdício. Quando não é possível reparar o produto, todo o processo de refazer o produto é também considerado desperdício (Phil, 2018).

- Esperas: Na ótica do operador existem vários tipos de esperas. Os exemplos mais frequentes são as esperas pela falta de recursos produtivos (material de produção ou matéria-prima) e as esperas pelo término do processo anterior (quando os postos de trabalho não estão balanceados) (Phil, 2018). Na ótica do produto, existem as esperas em que este está no *buffer* a aguardar a sua produção e, nos casos em que a produção é feita em lotes, as esperas até chegar a sua vez de ser trabalhado (Pergher, Rodrigues, & Lacerda, 2011).
- *Stocks*: Todo o *stock* de matéria-prima, produto intermédio ou de produto acabado é considerado desperdício. Assim sendo, deve ser dimensionada a quantidade mínima a ter em *stock* de forma a assegurar a produção contínua e consistente (Phil, 2018). O *stock* excessivo encobre vários desperdícios e problemas associados à produção. Este é provocado por todos os outros seis desperdícios.
- Transporte: O transporte é considerado um desperdício, mesmo que muitas vezes seja necessário para o seguimento da produção. Assim sendo, nos casos em que não pode ser eliminado, necessita de ser minimizado, pois esta operação não acrescenta qualquer valor para o cliente (Phil, 2018).
- Movimentação: Este desperdício ocorre quando o posto de trabalho não tem todos os recursos produtivos disponíveis e acessíveis ao colaborador. Este pode provocar ao colaborador lesões físicas e/ou psicológicas devido a movimentações repetidas ao longo do turno. Adicionalmente, é também considerado um desperdício de tempo, pois não acrescenta valor ao produto ou serviço (Rich et al., 2012; Phil, 2018).

Posteriormente, Liker (2004) adicionou um oitavo desperdício, denominado não aproveitamento do potencial humano, que consiste em todo o tipo de ações que não aproveitam o tempo, as ideias, as qualidades e o conhecimento dos colaboradores. Este desperdício está presente nas organizações que não envolvem ou ouvem os seus colaboradores.

2.5 Ferramentas e metodologias *Lean*

Nesta secção estão representadas e explicadas algumas das várias ferramentas e metodologias *Lean*, indispensáveis a qualquer projeto de melhoria contínua. Posteriormente, a utilização de algumas destas ferramentas e metodologias permitirão representar de forma concisa e clara os problemas, o âmbito e os resultados alcançados deste projeto de dissertação.

2.5.1 Gestão Visual

A gestão visual engloba todas as ferramentas e métodos que tem o intuito de exibir informação relevante para a gestão da produção (Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016) e, quando utilizada em conjunto com a metodologia 5S's, torna-se uma ferramenta extremamente poderosa, pois evidencia e facilita ainda mais a visualização dos problemas e oportunidades de melhoria (Imai, 2012).

A maior parte destas ferramentas e métodos são simples e permitem uma fácil compreensão da condição ou situação em que o posto de trabalho se encontra. No entanto, a fácil compreensão não é um caso geral, principalmente nas situações em que a gestão visual é utilizada simultaneamente com outras ferramentas mais complexas, tais como *Kanban*, *Andon*, 5S's, instruções de trabalho ou instruções de funcionamento. Nestes casos, o intuito e o funcionamento das ferramentas mais complexas deverá estar bem explícito, através de documentos afixados ou formações, para que a gestão visual transmita resultados confiáveis e tenha um maior efeito positivo para os utilizadores da informação (Aulakh & Gill, 2008).

As ferramentas e métodos que fazem parte da gestão visual permitem não só transmitir informações relativas ao planeamento, controlo e organização da produção, como os parâmetros de qualidade, a utilização de máquinas ou ferramentas, os parâmetros de manutenção, o desgaste de ferramentas auxiliares, os vários níveis de *stock* e os cartões *Kanban* de produção ou transporte, como também informar os intervenientes do sistema sobre os *layouts*, os fluxos de materiais, os locais definidos para as ferramentas e materiais, as instruções de trabalho, a motivação e as qualificações dos colaboradores (Imai, 2012).

As ferramentas visuais ajudam também ao entendimento e uniformização da cultura organizacional praticada dentro da organização como, por exemplo, a representação visual dos objetivos da qualidade, da produtividade, da melhoria contínua, da eficiência e do comprometimento (Imai, 2012).

Segundo Eaidgah et al. (2016) é ainda referido que a gestão visual pode ser utilizada com dois intuítos diferentes. O primeiro será a utilização da gestão visual como ferramenta informativa, ou seja, tem apenas o objetivo de expor informação, tal como o VSM, fluxograma, *Layout*, etiquetas informativas, entre outros. O segundo será a utilização da gestão visual como ferramenta diretiva, ou seja, além do objetivo de expor informação, define requisitos ou ações como, por exemplo, os cartões *Kanban*, as instruções de trabalho, os sistemas *Andon* ou o alarme de evacuação.

2.5.2 Metodologia 5S's

A metodologia dos 5S's é das metodologias mais simples e fáceis de implementar e na maior parte dos casos exige um pequeno investimento para gerar um grande retorno. Desta forma, é muitas vezes escolhida pelas organizações para iniciar a implementação do conceito *Lean* nas mesmas. Esta é aplicável a todos os locais e funções da organização, consistindo numa metodologia sistemática de cinco passos para organizar e padronizar o local de trabalho. No entanto, é uma metodologia difícil de manter em prática nas organizações a longo prazo (Aulakh & Gill, 2008).

Em média, é normal que os colaboradores percam cerca de trinta por cento do seu tempo de trabalho a procurar informações, materiais ou ferramentas. A prática desta metodologia num local de trabalho permite reduzir este desperdício, como também promover outros benefícios. São exemplos disso, fluxos produtivos definidos e intuitivos, processos mais seguros, local de trabalho mais visual e esteticamente agradável. Estes são fatores valorizados pelos colaboradores e clientes da organização (Eaton, 2013).

A metodologia dos 5S's é constituída por cinco fases (Separar, Organizar, Limpar, Padronizar e Preservar), retratadas de seguida (Imai, 2012; Eaton, 2013; Dennis, 2015):

- ***Seiri / Sort / Separar***

O primeiro passo desta metodologia consiste em distinguir os itens necessários e desnecessários ao local de trabalho e, posteriormente, remover os itens desnecessários. Os itens indesejados, defeituosos ou não utilizados, sejam eles informações, materiais ou ferramentas são alguns exemplos de itens desnecessários.

- ***Seiton / Set / Organizar***

Após remover todos os itens desnecessários do local de trabalho, dá-se início ao passo seguinte. Este passo consiste em organizar os itens necessários ao local de trabalho, identificando-os e alocando-os aos locais mais pertinentes de acordo com a lógica do trabalho realizado pelos colaboradores.

- ***Seiso / Shine / Limpar***

O terceiro passo da metodologia dos 5S's consiste na limpeza visual e física do local de trabalho, podendo incluir também uma inspeção simples aos equipamentos utilizados pelos colaboradores. A limpeza visual consiste em eliminar todo o tipo de marcações e informações que já não são relevantes ao trabalho atual e criam confusão aos colaboradores. A limpeza física

consiste na eliminação de todo o lixo e resíduos presentes na área ocupada pelo local de trabalho.

- ***Seiketsu / Standardize / Padronizar***

Esta metodologia, com o quarto passo, pretende padronizar todos os passos feitos anteriormente. Para promover a prática da metodologia 5S's por parte dos colaboradores, este passo pode recorrer ao auxílio de sistemas visuais e definição de procedimentos. Os locais definidos no segundo passo devem ser identificados recorrendo, por exemplo, a um sistema de cores e, se necessário, criados standards de utilização dos itens alocados a estes locais.

- ***Shitsuke / Sustain / Preservar***

Por fim, este último passo consiste no controlo da prática dos quatro passos anteriores por parte dos utilizadores do local de trabalho em questão. Para a realização deste controlo é necessário definir os respetivos parâmetros de controlo. Quando estes parâmetros são definidos, o controlo pode ser efetuado através de auditorias, formações e outras ferramentas de controlo.

2.5.3 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM (Rother & Shook, 1999) é uma ferramenta utilizada pelas organizações que sentem a necessidade de mapear, compreender e representar todos os trabalhadores, processos, principais fluxos de material e principais fluxos de informação, sejam eles internos ou externos à organização (Eaton, 2013).

Esta ferramenta, quando utilizada corretamente, representa de uma forma simples, uma parte ou todo o processo produtivo de uma organização. Evidencia, assim, as lacunas do mesmo e os processos que merecem mais foco por parte da administração. Estes processos são, então, denominados os "*bottlenecks*" (Eaton, 2013).

O primeiro passo para a correta utilização desta ferramenta consiste em entender e demonstrar como os processos do sistema produtivo atual funcionam, criando-se assim o VSM do estado atual. O segundo passo consiste em discutir que processos necessitam de melhorias e elaborar os objetivos a alcançar, definindo assim o VSM do estado futuro. O terceiro, e último passo, consiste em desenvolver e divulgar um plano de implementação de melhorias que fará evoluir o processo produtivo do estado atual para o processo produtivo do estado futuro (Rother & Shook, 1999; Eaton, 2013).

Esta ferramenta utiliza um sistema intuitivo de simbologia aberta para se referir aos processos, entradas, saídas, supermercados, inventário de matéria-prima, produto acabado ou *Work In Progress* (WIP), tipos de comunicações internas, tipos de produção, colaboradores, entre muitos outros (Eaton, 2013).

O VSM ao representar o processo produtivo *Lean* que a organização quer alcançar (VSM do estado futuro) serve muitas vezes como base para planos e projetos de implementação do conceito *Lean* nas organizações (Rother & Shook, 1999).

Os VSM elaborados pela maior parte das organizações normalmente representam corretamente o fluxo de materiais, mas existe outro fluxo igualmente importante que muitas vezes fica esquecido ou não é representado com o devido rigor, o fluxo de informação. O conceito *Lean* defende que os fluxos de materiais e os fluxos de informação devem ser tratados e representados com a mesma importância e rigor, pois só com a ligação perfeita entre os dois fluxos se consegue atingir a *pull production*, um dos elementos fundamentais do TPS. Assim sendo, a relação entre o fluxo de informações e os fluxos de materiais deve estar representada corretamente nos VSM elaborados pelas organizações (Rother & Shook, 1999).

2.5.4 Standard Work

O *standard work* é uma ferramenta que tem o intuito de desenvolver, confirmar e aprimorar os métodos de trabalho dos colaboradores, também compreendidos como processos. Um processo pode ser considerado um conjunto de etapas ou ações necessárias para alcançar um determinado objetivo. A correta definição do *standard work*, através de estudos de tempos e movimentos necessários aos processos, deve informar os colaboradores sobre as operações de um determinado trabalho, a sequência pela qual estas devem ser executadas e o tempo que devem alocar à realização das mesmas (Womack & Jones, 1996; Liker & Meier, 2005; Monden, 2011; Dennis, 2015).

Segundo o conceito *Lean*, o *standard work* define o processo mais simples, seguro, fácil e eficiente possível. Não existe uma única forma de o mesmo ser feito, pois o melhor processo possível está em constante mudança (Dennis, 2015). Portanto, esta ferramenta deve ser entendida como uma base para melhorar continuamente os processos, eliminando os desperdícios, pois sem a definição e conhecimento dos processos atuais é impossível de quantificar, avaliar e comprovar os ganhos e as evoluções feitas nos mesmos. Por outro lado, a utilização desta ferramenta não deve definir o objetivo a alcançar, mas sim ser um meio para o atingir (Liker & Meier, 2005; Dennis, 2015).

Assim como a maioria dos elementos do TPS, este elemento é fundamental e uma correta compreensão do mesmo aumenta a capacidade de aplicá-lo eficazmente. A compreensão dos vários elementos do TPS fica muitas vezes comprometida e o elemento *standard work* não é exceção. Conseqüentemente, muitas organizações entendem o *standard work* como um conjunto de documentos e controles feitos ao processo produtivo (Liker & Meier, 2005; Dennis, 2015).

Segundo Dennis (2017), esta ferramenta proporciona vários benefícios às organizações que a utilizam. A estabilidade dos processos, a fácil visualização e controle da produção, a manutenção da sabedoria e experiência dos colaboradores dentro da organização, a fácil visualização de oportunidades de melhoria dos processos e a facilidade de transmissão de conhecimento do processo a um novo elemento são alguns destes benefícios.

Assim sendo, o *standard work*, quando corretamente definido, elimina o tempo de decisão dos colaboradores, o que elimina parte da variabilidade associada a um determinado processo. Esta ferramenta é baseada em três elementos fundamentais que são o *Takt Time* (TT), a sequência de trabalho e a quantidade de WIP. O *standard work* deve transmitir a sequência de operações que os colaboradores têm de seguir, o intervalo de tempo que têm para as realizar (definido pelo TT) e a quantidade de WIP que o posto de trabalho deve ter. A sequência de operações definida assegura que os colaboradores realizem as operações na melhor sequência possível. O intervalo de tempo definido assegura que os colaboradores garantam o desempenho pretendido. A quantidade de WIP definida assegura que o processo produtivo não tenha interrupções devido à variabilidade existente (Chan & Tay, 2018).

Um dos documentos existentes que permite representar visualmente de forma intuitiva as várias operações de um processo produtivo é denominado *standardized work combination table* (Figura 1). Este documento permite distinguir o tempo ocupado com operações manuais, automáticas ou que envolvam movimentações (Chan & Tay, 2018).

Process:					Date:										Manual	Auto	Walking
Work Sequence	Time (second/copy)				Operation time (second)										Manual	Auto	Walking
	Manual	Auto	Walking	Total	40	80	120	160	200								
1	Stitching	18.9			18.9												
2	Sequencing	39.6			39.6												
3	Pressing	5.0	5.0	3.1	13.1												
4	Checking and settlement	4.0		8.1	12.1												
5	Gluing		45.2		45.2												
6	Mounting	45.3			45.3												
7	Checking, pressing and settlement	6.0	5.0	7.3	18.3												
Total					118.8	55.2	18.5	192.5									

Figura 1 – *Standard work* combination sheet (Chan & Tay, 2018)

2.5.5 Supermercado

Assim como o TPS influenciou e influencia várias potências industriais a nível global, este também foi influenciado pela forma como os supermercados americanos funcionavam. Em qualquer supermercado de sucesso, os produtos eram reabastecidos apenas quando fossem consumidos, ou seja, o consumo provoca o reabastecimento. Com isto, o TPS adaptou esta ideologia à indústria de produção e nomeou-a de *pull production*. Então, a correta prática da *pull production*, significa que os processos precedentes apenas produzem o que processos seguintes consumirem (Shingo, 1989; Liker, 2004).

No entanto, devido à variabilidade existente nos processos produtivos reais, a prática do *pull production* necessita de ferramentas auxiliares para ser corretamente aplicada. Uma das ferramentas auxiliares que ajuda as organizações a lidarem com a variabilidade existente e a interligarem os seus processos produtivos é o supermercado. Os supermercados, também denominados de *buffers* intermédios, são considerados pequenos armazéns que ficam entre processos. Estes *buffers* conseguem absorver as variabilidades do processo e do mercado, pois têm definida uma quantidade específica de materiais a ter no seu interior. Esta quantidade definida deve ser rigorosamente respeitada para que não existam roturas de material ou excesso de WIP. Os supermercados ajudam os processos precedentes a visualizarem o que os processos seguintes estão a consumir. Desta forma, sem terem de comunicar entre eles, sabem o que tem de produzir, guiando-se apenas pelo nível de *stock* a manter no supermercado posterior. Esta ferramenta garante uma conexão direta entre o que os clientes necessitam e o que os fornecedores produzem (Shingo, 1989; Liker, 2004).

2.5.6 Mizusumashi / Milk Run

A Toyota, em 1955, designou os colaboradores responsáveis por abastecer materiais aos processos produtivos de *mizusumashis*. Mais tarde, em 1977, estes colaboradores passaram a ser responsáveis por mais processos, criando assim um sistema de entrega mais complexo que o praticado inicialmente. Atualmente, o termo *mizusumashi* é definido como o operador logístico responsável por fazer o *Milk Run*, designação dada ao percurso que o *mizusumashi* efetua para abastecer todos os processos produtivos (Monden, 2011; Gil Vilda, Yagüe-Fabra, & Sunyer Torrents, 2020).

De acordo com os mesmos autores, os *mizusumashis* são essenciais para garantir uma produção contínua e *Just in time* (JIT), ou seja, estes garantem que os processos possuem os materiais e ferramentas necessários, na quantidade necessária, no tempo necessário.

O operador logístico guia-se, normalmente, por cartões *kanban*, onde são pedidos materiais ou ferramentas necessárias aos processos (Ichikawa, 2009).

2.5.7 Kanban

O *kanban* é uma ferramenta visual que auxilia as organizações a alcançar uma produção JIT. Esta ferramenta consiste em cartões que contém várias informações relevantes para a produção e servem para fazer pedidos de produção ou transporte de materiais. A entidade que realiza ou recebe os pedidos, a identificação do material ou produto, o tipo de produção, o tipo de transporte ou o local onde esse material se encontra, são algumas das várias informações que podem ser representadas nos cartões *kanban* (Ohno & Bodek, 1988; Monden, 2011; Dennis, 2015).

Segundo Dennis (2017), existem dois tipos de cartões *kanban*:

- *Kanbans* de produção, que, normalmente, especificam o tipo e a quantidade de produto que o processo precedente deve produzir para o processo subsequente;
- *Kanbans* de transporte, que, normalmente, especificam o tipo e a quantidade do produto ou material que o colaborador logístico deve transportar do armazém para a entidade que realiza o pedido ou do processo precedente para o processo subsequente, respetivamente.

Estes *kanbans* permitem que a produção contínua e JIT esteja sempre assegurada em todos os processos produtivos que utilizem esta ferramenta corretamente. Isto acontece, pois quando estes materiais ou produtos são transportados, estão sempre acompanhados dos cartões *kanban*. Assim, garante-se que só são produzidos ou transportados apenas os produtos ou materiais pedidos pela

entidade responsável. No entanto, para esta ferramenta funcionar corretamente, não podem ser enviados produtos defeituosos para um processo subsequente (Dennis, 2015).

Os *kanbans* permitem que os seus utilizadores obtenham vários benefícios, tais como: manter um fluxo contínuo de produção, praticar uma produção JIT, controlar e monitorizar visualmente a produção e garantir que os colaboradores estão sempre informados do que necessitam de produzir ou transportar (Aulakh & Gill, 2008). Para aumentar a probabilidade de obtenção destes benefícios, os cartões *kanban* devem ser utilizados em conjunto com outras ferramentas *Lean*, como por exemplo, os supermercados, o *mizusumashi* e o *Milk Run* (Liker, 2004).

2.5.8 Single Minute Exchange of Die (SMED)

Normalmente, os processos de preparação de máquinas ou ferramentas são considerados muito variáveis e, portanto, não são analisados e controlados rigorosamente pelas organizações. Esta abordagem está claramente incorreta pois, quando estes são visualizados e analisados com mais atenção, consegue-se observar que todas as operações que são feitas seguem uma determinada sequência. Pode-se ainda constatar que, nos *setups* mais comuns, a distribuição de tempo por tipo de operação pode ser retratada da seguinte forma (Shingo, 1985):

- 30% - Reparações, ajustes pós-processo e verificações em geral;
- 5% - Montagens e remoções de materiais e ferramentas;
- 15% - Medições, configurações e calibrações;
- 50% - Execuções de testes e ajustes pré-processo.

Relativamente às reparações, ajustes pós-processo e verificações em geral, estas operações garantem que todos os materiais e ferramentas estão prontos a serem utilizados pelo processo produtivo. Também estão incluídas todo o tipo de operações de limpeza e arrumação de máquinas, ferramentas e materiais do processo produtivo. Já em relação às montagens e remoções de materiais e ferramentas, estas operações incluem a troca de materiais ou ferramentas após a conclusão de um processo produtivo e início do seguinte. Passando agora para as medições, configurações e calibrações, este tipo de operações refere-se a todos todo o tipo de medições, configurações e calibrações que tem de ser efetuadas a cada lote de produção. Por último, as execuções de testes e ajustes pré-processo, incluem a fase de testes de preparação para a produção e, posteriormente, os ajustes que tem de ser feitos para o correto processamento dos materiais (Shingo, 1985).

Após a realização da etapa preliminar do SMED, que inclui, visualizar, analisar e definir as várias operações de *setup* de um determinado processo produtivo, pode-se identificar e agrupar as mesmas em dois grupos: as operações de *setup* interno e as operações de *setup* externo. O principal objetivo do SMED é que o colaborador faça a maior parte das operações de *setup* no *setup* externo, mantendo apenas as operações estritamente necessárias no *setup* interno, promovendo um maior tempo de atividade das máquinas (Shingo, 1985).

Assim sendo, segundo Shingo (1985) a aplicação do SMED consiste em três etapas:

- Separar as operações de *setup* interno e externo – são consideradas operações de *setup* interno todas as operações de *setup* que são realizadas com a máquina de produção parada e operações de *setup* externo todas as operações de *setup* que são feitas com a máquina de produção em funcionamento;
- Conversão de operações de *setup* interno em operações de *setup* externo – esta etapa necessita de uma análise rigorosa de todas as operações de *setup* interno identificadas para verificar se existe a possibilidade de as converter em operações de *setup* externo;
- Melhoria e padronização das operações de *setup* – esta etapa exige uma análise detalhada de cada operação de *setup* para que se consiga atingir a duração mínima de *setup* interno e externo possível.

2.5.9 Kaizen

O *Kaizen* significa nunca estar satisfeito com o estado atual da organização e melhorar continuamente. Este conceito deve fazer parte da cultura organizacional da empresa para que esta esteja em constante evolução, tornando-se cada vez mais competitiva. O *Kaizen* deve envolver e ser praticado por todos os colaboradores da organização. Normalmente, todas as melhorias promovidas pela prática de *Kaizen* são melhorias simples e de pequena dimensão que não exigem investimentos elevados, mas são extremamente benéficas para evolução da organização quando praticadas continuamente ao longo do tempo. Por outro lado, as inovações são eventos únicos que exigem um investimento elevado e resolvem problemas específicos. No entanto, as inovações são melhorias de risco elevado, exigem um nível superior de conhecimento e necessitam sempre da posterior aplicação de *Kaizen* (Aulakh & Gill, 2008; Imai, 2012).

Na realidade, o *Kaizen* é praticado pela maior parte das organizações de forma errada, pois é aplicado apenas por entidades específicas que utilizam várias ferramentas *Lean* para fazer uma atividade de melhoria única no processo mais crítico (Liker & Convis, 2011).

Segundo Liker & Convis (2011), existem dois tipos de *Kaizen* que requerem atividades diárias. O primeiro é o *Kaizen* de manutenção, que consiste em atividades de reação às variabilidades do sistema produtivo, tais como falhas, mudanças ou variações na produtividade, qualidade ou segurança. O segundo é o *Kaizen* de melhoria, que consiste em, não só manter os níveis de produtividade, qualidade e segurança como também aumentá-los com as melhorias implementadas nos processos produtivos.

A Figura 2 ilustra o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA) é uma forma de implementação *Kaizen*, pois é utilizado para manter e melhorar continuamente os padrões já existentes. O *Plan* refere-se à definição de um objetivo de melhoria e ao planeamento de ações para o alcançar. O *Do* refere-se à implementação do plano definido anteriormente. O *Check* refere-se à verificação do resultado alcançado. O *Act* refere-se à padronização dos novos procedimentos para evitar a recorrência do problema inicial ou à definição de novos objetivos de melhoria (Imai, 2012).

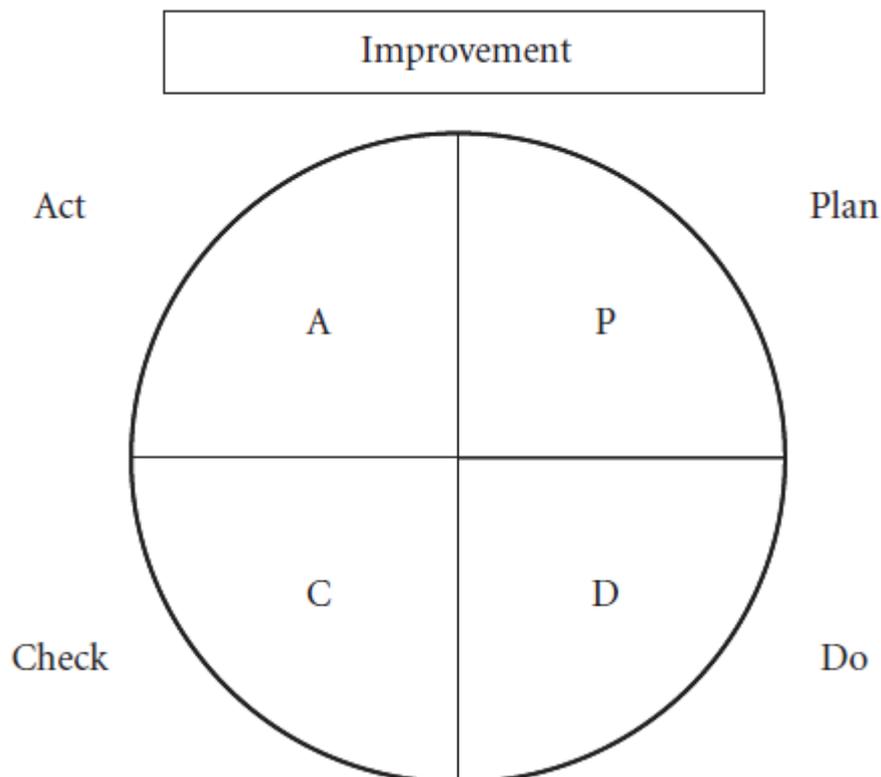


Figura 2 – Ciclo PDCA (Imai, 2012)

2.5.10 Heijunka

Embora o conceito *Lean* tenha como objetivo produzir apenas para as encomendas recebidas, promovendo um tipo de produção *one-piece flow*, isto pode não ser possível ou rentável se a procura dos clientes variar significativamente ao longo do tempo. O *Heijunka* tem como intuito auxiliar as organizações que se inserem nestes casos de variabilidade significativa, defendendo um equilíbrio entre produzir as encomendas recebidas e a eficiência dos recursos produtivos (Eaton, 2013).

O conceito *Heijunka* significa nivelar ou suavizar a produção, ou seja, produzir sempre o mesmo conjunto de produtos num período específico, de forma a garantir uma produção igual ao longo do tempo. Este conceito defende a produção JIT, pois promove uma produção alinhada com os consumos reais dos clientes. O *Heijunka*, se estiver bem sustentado, não só permite obter uma maior eficiência organizacional como aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta da organização às mudanças na procura do mercado. Se a organização se incluir num caso em que a procura não é afetada por qualquer tipo de variabilidade, este conceito continua a ser benéfico para as mesmas, pois permite a padronização e maior eficiência dos recursos produtivos, o que facilita o planeamento e controlo da produção (Liker & Meier, 2005; Eaton, 2013).

2.5.11 Poka-Yoke

As organizações que aplicam o conceito *Lean* à sua cultura não devem responsabilizar os colaboradores pelos seus erros, mas sim responsabilizar o método e os sistemas que esse colaborador utilizou para que o erro ocorresse. Quando os colaboradores não são responsabilizados pelo acontecimento do erro, não precisam de se justificar, mas sim encontrar uma solução de melhoria do método ou do processo produtivo para que esse erro não volte a ocorrer (Liker & Meier, 2005).

Os sistemas anti erro ou *Poka-Yoke* (Shingo, 1986), são sistemas que, tal como o nome indica, evitam a ocorrência de operações ou ações incorretas através de ações ou avisos preventivos. Estes sistemas tem como principais objetivos: reduzir o risco de acontecimento de erros, minimizar o esforço necessário das atividades de auditoria e seleção, e detetar erros de forma preventiva e não corretiva (Eaton, 2013).

Os sistemas *Poka-Yoke* podem ter ações de dois tipos, ações de controlo e ações de aviso. As ações de controlo são ações que, quando os erros ou anormalidades ocorrem, param imediatamente a produção. As ações de aviso são simplesmente ações que tem como objetivo avisar, através de sistemas de luzes ou sons, os colaboradores da ocorrência de um erro ou anormalidade. Este segundo tipo de ações não

tem a permissão de parar a produção, e se os colaboradores não perceberem estes sinais luminosos ou sonoros, os defeitos continuarão a ocorrer (Shingo, 1986).

Os sistemas *Poka-Yoke* consoante o método que utilizam para detetar o erro, podem ainda ser divididos em três categorias. Segundo Shingo (1986), existem: os métodos de contacto, os métodos de valor fixo e os métodos de movimento. Os métodos de contacto consistem em dispositivos que se guiam pela forma ou dimensão dos produtos para detetar possíveis anormalidades nos mesmos. Os métodos de valor fixo consistem em dispositivos que detetam as anormalidades através da quantificação de um número predefinido de movimentos, produtos ou outro parâmetro. Os métodos de movimento consistem em dispositivos que avaliam os movimentos do produto ou colaborador de forma a verificar a existência de uma determinada sequência de operações.

2.6 Benefícios do conceito *Lean*

A implementação do conceito *Lean* numa organização tem como principal objetivo melhorar a eficiência produtiva da mesma em todas as suas atividades.

Segundo Melton (2005) e Simões (2008), a eficiência produtiva está diretamente relacionada com a competitividade de uma organização. Assim sendo, a correta implementação do conceito *Lean* permite às organizações tornarem-se mais competitivas.

Esta melhoria na eficiência produtiva deve-se à redução de *stocks*, à redução do LT dos processos produtivos, ao aumento na qualidade dos produtos produzidos, ao aumento na flexibilidade e adaptabilidade da organização ao mercado e ao aumento da satisfação do cliente (Simões, 2008).

O conceito *Lean* tem ainda associados outros potenciais benefícios, nomeadamente financeiros, colaboradores multifacetados e uma melhor perceção de toda a cadeia de abastecimento (Melton, 2005).

De acordo com Simões (2008), os benefícios associados à correta implementação do conceito *Lean* nas organizações, podem ser divididos em três categorias, sendo eles:

- Benefícios operacionais: Redução do LT; Aumento da produtividade; Redução do WIP; Aumento da taxa de qualidade; Redução do espaço de chão de fábrica necessário.
- Benefícios organizacionais: Alinha a definição de valor da gestão da organização com a definição de valor do cliente; Evolução organizacional mais rápida devido às decisões serem descentralizadas, sendo assim tomadas por parte dos colaboradores.

- Benefícios estratégicos: O conceito *Lean* é uma estratégia organizacional que tem o intuito de liderar o mercado, fornecendo à organização novas oportunidades de melhoria para alcançar uma maior competitividade. Maioritariamente é entendido como meramente uma estratégia de corte de custos.

Hoje em dia, muitas organizações continuam a implementar o conceito *Lean* apenas com o intuito de obter os benefícios operacionais, mas este conceito também pode ser aplicado a nível organizacional/cultural e estratégico (Simões, 2008).

2.7 Dificuldades e desvantagens do conceito *Lean*

Algumas organizações apresentam dificuldades no processo de implementação do conceito *Lean*, o que impossibilita alcançar os resultados esperados. A resistência à mudança é a dificuldade mais frequente nas organizações. Esta dificuldade pode surgir sob diversas formas, tais como: a dificuldade na compreensão e validação do conceito *Lean*; a falta de motivação em iniciar ou retomar projetos de melhoria; a falta de disponibilização de tempo para desenvolver e estudar novas oportunidades de melhoria; a falta de atualização das normas implementadas na organização, que, por vezes, limitam a evolução e mudança da organização; e a cultura organizacional praticada promover valores e princípios opostos aos do conceito *Lean* (Simões, 2008).

Segundo Melton (2005) , os “*Lean Thinkers*” necessitam de ter bastante motivação, não para implementar as ferramentas e princípios associados ao conceito *Lean*, mas sim para ultrapassar a aversão à mudança existente na maior parte das organizações. Esta transformação dentro de uma organização requer grandes mudanças e envolve um risco elevado, não só a nível produtivo, como também a nível de cultura, estratégia e gestão (Jadhav, Mantha, & Rane, 2014).

A falta de envolvimento e liderança por parte da gestão e responsáveis de produção leva a que as organizações não consigam alcançar os resultados pretendidos ao implementar o conceito *Lean*. A falta de perseverança está também muito presente nos líderes dos projetos e respetivas equipas. Isto é, a falta de visão, estratégia, objetivos e direção dos projetos levam a que a implementação deste conceito seja feita com maior dificuldade. É extremamente importante que os projetos de implementação *Lean*, tenham um líder que dê apoio presencial aos projetos, para garantir que não aconteçam falhas de comunicação e tomadas de decisão morosas (Achanga, Shehab, Roy, & Nelder, 2006; Jadhav et al., 2014).

As falhas de comunicação entre os gestores e colaboradores gera incompreensão, o que faz com que os projetos de implementação *Lean* tenham um retorno menor que o esperado. A falta de formação *Lean* é a realidade de muitas organizações, o que também compromete o sucesso dos projetos relacionados com este conceito (Jadhav et al., 2014).

A falta de consideração pela opinião dos colaboradores nas tomadas de decisão de um projeto *Lean* influencia-o negativamente. Num caso em que os colaboradores tenham o direito a contribuir com a suas opiniões e ideias num projeto *Lean*, estes ficam mais motivados, fazendo com que o projeto avance mais rapidamente, seja aceite mais facilmente e tenha maior probabilidade de sucesso. Adicionalmente, é bem provável que os colaboradores, devido à sua experiência e dedicação, arranjem uma solução mais adequada e acessível para os problemas identificados (Jadhav et al., 2014).

As diferenças culturais, promovidas pela falta de uma cultura organizacional bem definida, são muito difíceis de controlar. Caso não haja a promoção de uma cultura organizacional por parte da organização, cada colaborador vai trabalhar conforme o que a sua cultura individual defender e nem todos os trabalhadores têm presente um pensamento estratégico benéfico para a organização. Ter um planeamento estratégico e um planeamento logístico bem detalhado é necessário para que os projetos sejam mais eficientes, tendo estes, um objetivo, um planeamento e um sequenciamento alinhados com o planeamento da organização (Achanga et al., 2006; Jadhav et al., 2014).

Segundo Bortolotti et al. (2015), o conceito *Lean* é considerado como um sistema complexo de “*soft and hard practices*”. As “*soft practices*”, são todas as atividades que envolvem o relacionamento interpessoal, sendo estas cruciais para um bom desenvolvimento dos projetos que tencionem alcançar e sustentar melhorias de performance organizacional. As “*hard practices*” são todas as atividades mais técnicas que envolvam a utilização de ferramentas de análise. A falta de importância que grande parte das organizações dão às “*soft practices*”, dificulta a obtenção dos resultados esperados em projetos *Lean* (Bortolotti et al., 2015).

Ter um efeito positivo é extremamente necessário para que os projetos de implementação *Lean* sejam feitos de forma contínua, pois se estes projetos tiverem um retorno negativo para a organização, existe não só uma perda para a mesma, como também influencia negativamente os projetos futuros de implementação *Lean*, podendo pôr em causa a competitividade da organização a longo prazo (Netland, 2016).

2.8 *Lean* e a indústria aeroespacial

A publicação do livro “*The Machine That Changed The World*” demonstrou as melhorias alcançadas por diversas organizações da indústria automóvel com a implementação do conceito *Lean*. Assim sendo, este foi vastamente implementado e estudado por parte das organizações que se inseriam nesse setor (Womack et al., 1990). As indústrias de outros setores acabaram por implementar também este conceito devido aos grandes benefícios associados à sua implementação. No entanto, a ideia de que a *Lean Production* (LP) é apenas direcionada à indústria automóvel ainda se mantém presente (Crute, Ward, Brown, & Graves, 2003; Pedro José & José, 2011).

Como se pode observar na maior parte dos documentos disponíveis atualmente, o conceito *Lean* é muito promissor e benéfico para a competitividade das indústrias mundiais de qualquer tipo de setor. Este conceito permite atingir níveis elevados de qualidade, produtividade, segurança, eficiência e flexibilidade com um pequeno investimento monetário (Crute et al., 2003).

Apesar de este conceito ter sido amplamente criticado por indústrias de outros setores que não o automóvel, a indústria aeroespacial reconheceu os benefícios que o conceito *Lean* proporciona às organizações que o praticam. Assim sendo, as organizações que se inserem na indústria aeroespacial estão a ser alvo de uma revolução *Lean*. Esta revolução tem como base eliminar todos os desperdícios de todo o ciclo produtivo destas organizações, sendo os grandes objetivos a maior rapidez de desenvolvimento, a melhor qualidade e o menor custo de produção. Alguns exemplos da correta aplicação e adaptação deste conceito à indústria aeroespacial são provenientes das organizações *Lockheed Martin* e *British Aerospace Systems* (BAE Systems), situadas nos Estados Unidos da América e no Reino Unido, respetivamente (Crute et al., 2003).

No entanto, existem diferenças entre a indústria automóvel e a indústria aeroespacial como, por exemplo, o volume de produção e as normas exigidas. Contudo, estas diferenças podem ser ultrapassadas com uma pequena adaptação do conceito *Lean* original (Womack & Jones, 1996). Na verdade, as diferenças entre estas indústrias podem até ser benéficas para a indústria aeroespacial, pois os baixos volumes, o *one-piece flow* e a produção para a encomenda já são práticas usuais da mesma. Consequentemente, o setor aeroespacial pode ter vantagens na implementação deste conceito, mas os desafios de implementação do mesmo são muitas vezes difíceis de ultrapassar (Crute et al., 2003; Pedro José & José, 2011).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo contextualiza a presente dissertação com uma breve descrição da história, identificação e localização do grupo empresarial e da empresa onde a mesma decorreu. Inclui ainda a descrição do sistema produtivo, principais produtos, matérias-primas, clientes, fornecedores e objetivos da empresa.

3.1 Grupo Salvador Caetano

O Grupo Salvador Caetano (GSC) é um grupo empresarial internacional, com sede situada em Vila Nova de Gaia. Conta com mais de setenta anos dedicados à indústria e retalho no setor automóvel e com mais de oito anos de experiência na indústria do setor aeroespacial. O grupo tem uma equipa de mais de seis mil colaboradores, distribuídos por mais de cem empresas presentes em trinta e sete países situadas em três continentes: Europa, África e América do Sul.

Atualmente o GSC está presente nas áreas de importação e distribuição de automóveis, de mobilidade, de desenvolvimento de equipamentos industriais, de montagem e produção de automóveis e autocarros, de prestação de serviços e de produção de peças para o setor aeroespacial.

A Caetano Aeronautic (CAER) dedica-se não só à fabricação de peças metálicas (Figura 5) e de peças em material compósito (Figura 4), como também à montagem de aeroestruturas de pequena e média dimensão (Figura 3). Está situada na sede do GSC, em Vila Nova de Gaia. Foi fundada em 2012 e, atualmente, resulta de uma *Joint Venture* entre o GSC e a Aciturri. Tem uma estrutura de pequena e média empresa, oferecendo aos seus clientes uma maior flexibilidade, um curto tempo de resposta ao mercado e elevada competitividade.



Figura 3 – Sede do grupo Salvador Caetano e respetiva Caetano Aeronautic

3.2 História e evolução do Grupo Salvador Caetano

Aos vinte anos de idade, o senhor Salvador Fernandes Caetano decidiu estabelecer-se na indústria das carroçarias criando a empresa Martins, Caetano & Irmão, Lda., com a ajuda dos seus dois sócios Joaquim Martins e seu irmão Alfredo Caetano. Porém, mais tarde, a empresa não demonstrou ser um projeto viável para os seus dois sócios, abandonando as suas posições na sociedade.

Após a saída dos sócios, a empresa de Salvador Fernandes Caetano decidiu apostar na inovação, sendo pioneira em Portugal a utilizar a técnica de construção mista. Esta técnica de construção consistia em utilizar aço e madeira no fabrico das carroçarias dos autocarros. A empresa apostou também na construção de carroçarias integralmente de metal, introduzindo as mesmas em 1955. Devido a esta aposta estratégica, a empresa conquistou a confiança de clientes importantes que viriam a impactar a sua evolução e alcance a nível global.

A unidade industrial de Vila Nova de Gaia, no ano de 1967, recebeu a primeira encomenda internacional e, após um ano, Salvador Caetano decide entrar no ramo de retalho automóvel, assinando um contrato para a importação e distribuição da marca Toyota em Portugal. Em 1971, abriu a primeira unidade industrial de montagem de automóveis em Ovar e, no ano seguinte, o grupo empresarial iniciou a sua atividade de retalho automóvel com a Toyota. Salvador Fernandes Caetano, em 1981, decide apostar em mais formação dos seus colaboradores, criando assim o Centro de Formação da Salvador Caetano. Em 1982, aposta mais uma vez no retalho de automóveis, desta vez com uma marca diferente, a BMW. Em 1990, adquire a empresa responsável pela distribuição da marca Ford em Angola e, mais tarde, inicia a atividade de retalho automóvel das marcas, Toyota, Ford e Daihatsu no mesmo local. Em 1998, a Toyota decide tornar o grupo Salvador Caetano responsável pela atividade de retalho automóvel em Portugal da sua marca topo de gama, a Lexus. Um ano depois, a empresa integra a Guerin, uma empresa de aluguer de carros. O ano de 2002 é marcante pois é o ano de início de atividade da CaetanoBus, Fabricação de Carroçarias, S.A., uma *Joint Venture* com a Daimler. Os anos seguintes serviram para o grupo reforçar a sua atividade de retalho automóvel em Espanha e Portugal. Já em 2010, o grupo decide apostar em pesquisa e desenvolvimento com o desenvolvimento e produção de um autocarro totalmente elétrico e, passado dois anos, decide aventurar-se no setor aeroespacial criando a empresa CAER, através de uma parceria com o governo português e a Airbus Defence and Space. Nesta época, o grupo também decide explorar um novo continente e começa a produzir autocarros na China. Em 2014, a Aciturri, empresa espanhola do setor aeroespacial, decide juntar-se ao GSC para elevar o desempenho da CAER. No mesmo ano, as operações de retalho automóvel do grupo continuam a crescer mundialmente e todas

as variantes do modelo Toyota Land Cruiser são montados na unidade industrial de Ovar. Nos anos seguintes, o grupo adquiriu mais empresas de retalho automóvel, aumentando o seu portfólio de países estrangeiros e fez várias alianças estratégicas para fortalecer a sua posição no mercado. Em 2018, em conjunto com a Toyota, o grupo inicia um projeto de desenvolvimento de um autocarro movido apenas a hidrogénio, lançando-o para o mercado no ano seguinte. Nasceu, assim, a Caetano Go, que teve o intuito de agregar numa só empresa todos os serviços de mobilidade que as empresas do grupo prestavam. O ano de 2020 ficou marcado pela aposta em mais marcas para retalho automóvel e pela aposta na mobilidade zero emissões dos seus autocarros. Atualmente, o grupo agrega mais de cem empresas estabelecidas na Europa, América do Sul e África distribuídas pelas áreas de indústria, distribuição e retalho automóvel e serviços.

Como já foi referido, a CAER foi fundada em agosto de 2012, através de uma parceria entre o governo português, o GSC e a Airbus Defence and Space. Esta parceria tinha como intuito implementar e desenvolver uma estratégia para o setor aeroespacial nacional. No ano seguinte, assinalou-se a produção das primeiras peças em alumínio e entrega dos primeiros produtos à Airbus Defence and Space. Após dois anos da constituição da CAER, a Aciturri, um dos maiores fornecedores aeroespaciais na Europa, decide entrar numa *Joint Venture* com o GSC para elevar e certificar a empresa do grupo com o seu selo de qualidade. Esta *Joint Venture* permanece intacta até ao presente e a CAER tem apresentado um crescimento saudável desde a sua criação, promovendo sempre a qualidade e lealdade para com os seus parceiros de negócios. É também certificada pelo cumprimento das normas *International Organization for Standardization (ISO) 9001*, *European Standard (EN) 9100* e outras exigidas pelos seus clientes.

3.3 Missão e principais objetivos

O GSC influencia, claramente, os objetivos e valores da CAER. O grupo e a empresa defendem o valor e o bem-estar das pessoas, seja profissionalmente ou na comunidade do grupo, promovendo assim uma conduta ética e responsável. Defendem também a promoção de soluções e produtos inovadores e sustentáveis, estando sempre comprometidos com a preservação do ambiente para as gerações futuras. O grupo tem também o objetivo de partilhar com as gerações mais jovens a sabedoria e a experiência alcançada, depositando total confiança nos mesmos.

O GSC é um grupo sólido, estável e familiar que se compromete a criar valor nos negócios em que participa, reafirmando o compromisso de manter as relações sólidas com os seus colaboradores, parceiros e clientes.

A CAER, enquanto consolida a sua posição enquanto empresa de referência no desenvolvimento do setor aeroespacial em Portugal, pretende também expandir a sua atividade a outros clientes da indústria aeroespacial situados no mercado europeu e sul-americano. A missão da empresa é ser exigente com a melhoria contínua dos processos e tecnologias de forma a promover a competitividade da mesma para satisfazer as necessidades dos seus clientes. A CAER pretende ainda ser considerada uma empresa de referência no setor aeroespacial internacional especializada na fabricação de componentes metálicos e compósitos. Defende valores como a ambição, o dinamismo, a responsabilidade, a cooperação, a confiança e o comprometimento.

3.4 Principais produtos e clientes

De momento, a empresa encontra-se na cadeia de abastecimento de empresas como a Boeing e a Airbus, mas de forma indireta, pois os seus principais clientes são a Aciturri e a OGMA. Esta cadeia de abastecimento é constituída por três níveis de fornecedores: os *Tier 3*, os *Tier 2* e os *Tier 1*. Os fornecedores *Tier 3*, são responsáveis por abastecer os fornecedores *Tier 2* com sistemas e subsistemas eletrónicos ou alguns componentes. Os fornecedores *Tier 2* produzem componentes e submontagens e abastecem os fornecedores *Tier 1*. Por último, os fornecedores *Tier 1* produzem e montam secções da aeronave e fornecem as empresas do topo da cadeia de abastecimento, sendo estas responsáveis pela montagem final e venda das aeronaves. A CAER situa-se neste momento no *Tier 2*, mas pretende passar a fornecedor *Tier 1* nos próximos anos.

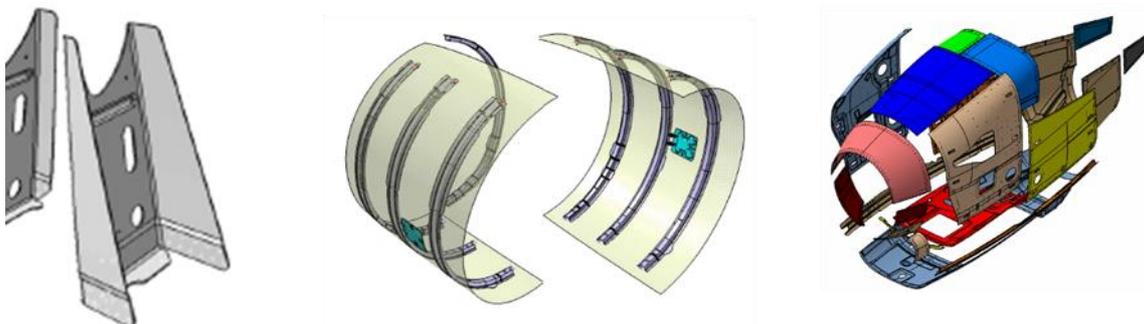


Figura 4 – componentes em material compósito produzidos pela Caetano Aeronautic

A CAER é responsável por produzir certos componentes e submontagens para programas de aviação comercial e programas de aviação militar, tais como o A320neo e o A400M respetivamente.

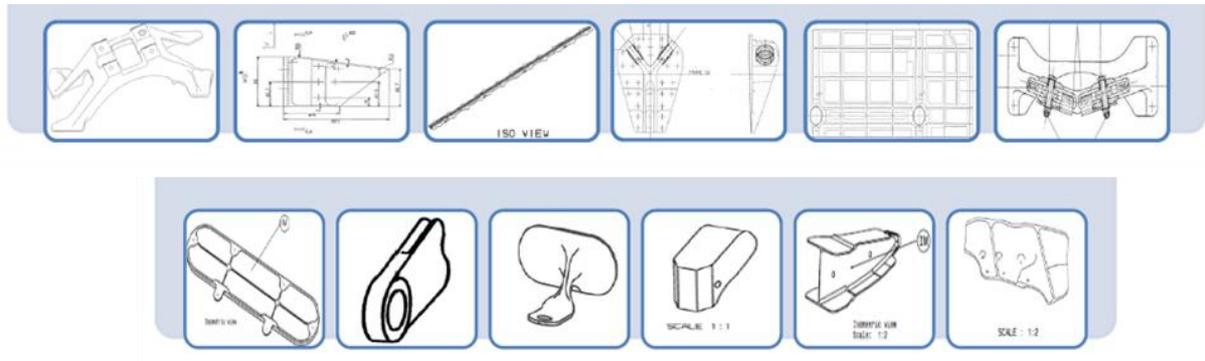


Figura 5 – componentes em material metálico produzidos pela Caetano Aeronautic

3.5 Principais matérias-primas e fornecedores

As principais matérias-primas que a CAER utiliza para produzir os componentes encomendados pelos fornecedores *Tier 1* são alguns tipos de carbono, malha de cobre, titânio e alumínio. A CAER recorre a vários processos de transformação destes materiais utilizando também materiais auxiliares para realizar a transformação desejada como, por exemplo, material de isolamento térmico, material de auxílio ao desmolde e material químico.

Estes materiais são provenientes de vários fornecedores mundiais em que, na sua maioria, são europeus e certificados pela empresa do topo da cadeia de abastecimento.

3.6 Descrição do sistema produtivo

Cada departamento da CAER é constituído por um responsável e pelos vários colaboradores integrantes do departamento. Na Figura 6, estão representados os responsáveis pelos vários departamentos da estrutura organizacional da empresa.

Estes departamentos tem o objetivo de promover o bom funcionamento das duas principais secções da empresa: a zona dos metálicos e a zona dos compósitos (Figura 7).

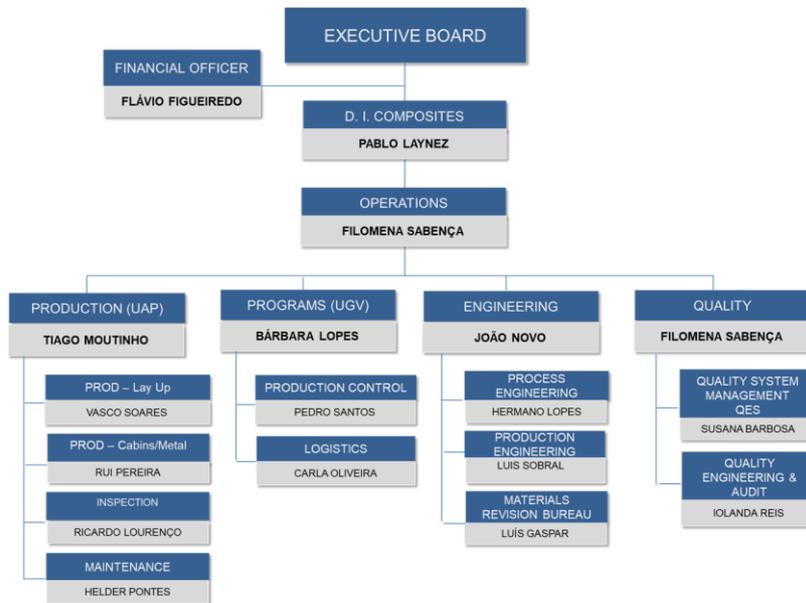


Figura 6 – Organograma atual da Caetano Aeronautic

A zona dos metálicos é responsável por produzir componentes em alumínio e titânio, montando alguns destes componentes, tais como rótulas e casquilhos. Esta zona tem cerca de mil metros quadrados dedicados a seis centros de maquinação *Computer Numerical Control* (CNC) e é onde se fazem alguns ensaios não destrutivos.

A zona dos compósitos é responsável por produzir componentes em materiais compósitos, maioritariamente fibra de carbono. Esta zona tem cerca de quatro mil metros quadrados dedicados a salas limpas, dois autoclaves, uma máquina de corte automático de telas, duas zonas de inspeção manual e automática. Nesta zona também se realizam ensaios não destrutivos para garantir a maior qualidade possível aos clientes da empresa.



(a)



(b)

Figura 7 – Secções produtivas da CAER (a) metálicos e (b) compósitos

4. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO

O presente capítulo descreve e analisa a situação atual dos processos produtivos escolhidos para o âmbito deste projeto de dissertação. Os problemas identificados associados a estes processos produtivos também são priorizados no presente capítulo.

4.1 Identificação e descrição dos processos produtivos

Inicialmente, foram aplicadas ferramentas de análise macro à totalidade do processo produtivo, para que o projeto tivesse um maior impacto no desempenho geral da empresa. As ferramentas utilizadas foram: o diagrama de Pareto, o VSM e o diagrama de sequência.

O diagrama de Pareto foi utilizado para que fossem identificadas as famílias de produtos mais críticas, ou seja, serviu para identificar em que famílias de produtos atuar para que, este projeto obtivesse um maior retorno para a empresa. Tendo como base as previsões de encomendas para o ano atual fornecidas pelo planeamento da produção, foi elaborado um diagrama de Pareto (Figura 8) que retrata no eixo horizontal, as famílias de produtos existentes na CAER e no eixo vertical, o volume de produção previsto em percentagem.

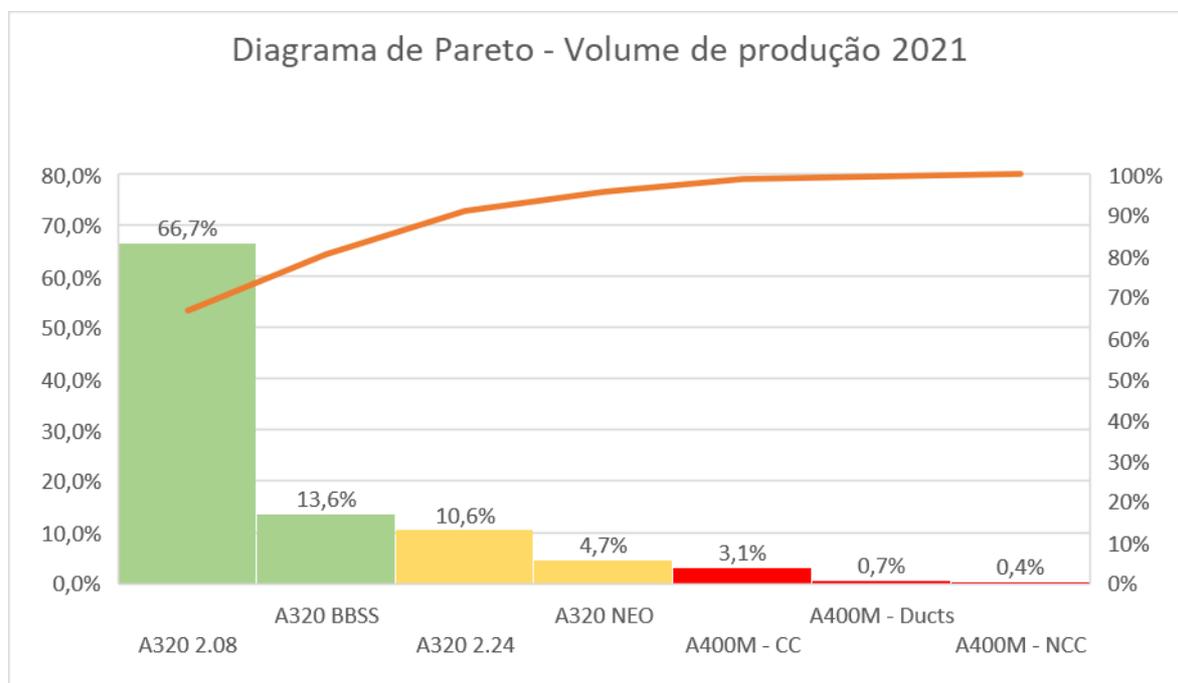


Figura 8 – Diagrama de Pareto do volume de produção previsto para 2021

Após a inclusão de dados no diagrama acima representado, foi possível observar que as famílias de produtos A320 2.08 e A320 BBSS são as que têm um maior número de componentes encomendados para o ano atual. Assim sendo, são as que terão maior cadência de produção durante o presente ano.

O volume de produção é importante, mas neste caso, devido ao modelo de negócio praticado pela CAER, foi decidido fazer também uma análise aos custos de produção de cada família de produtos, tendo em conta a previsão do volume de produção estipulado para o ano atual. Consequentemente, foi elaborado um novo diagrama de Pareto (Figura 9) que retrata no eixo horizontal as famílias de produtos existentes na CAER e no eixo vertical o custo anual de produção previsto para o ano atual em percentagem.

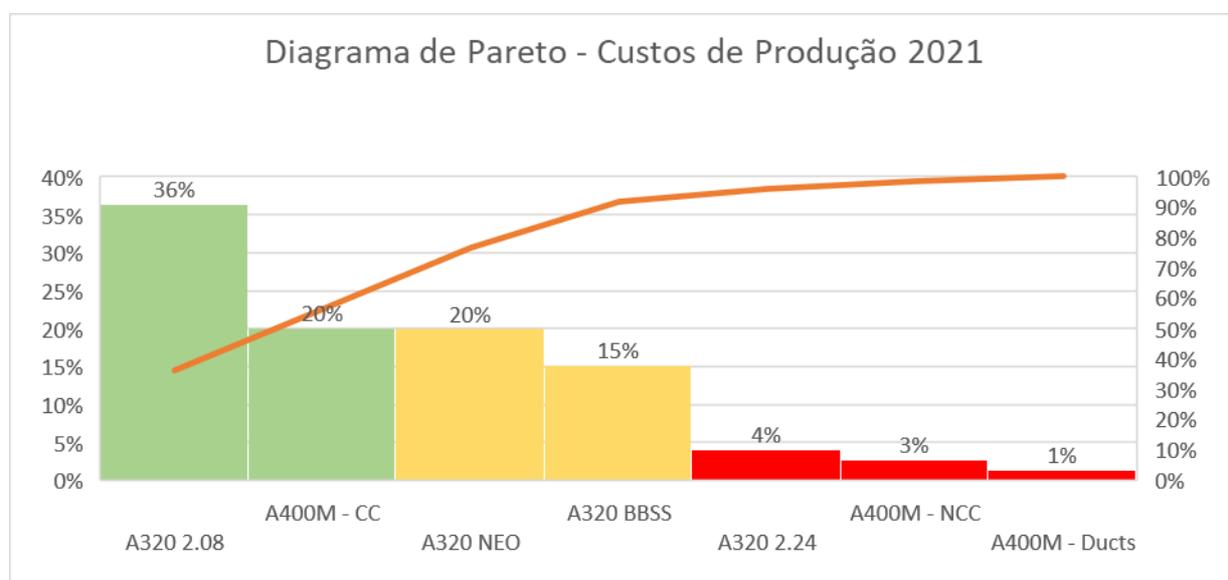


Figura 9 – Diagrama de Pareto dos custos de produção previstos para 2021

O diagrama de Pareto acima representado permite observar que as famílias de produtos A320 2.08 e A400M-CC são as famílias que apresentam uma maior previsão de custos de produção para o ano atual.

Devido ao facto da família de produtos A400M-CC ser constituída por 172 produtos diferentes, e tendo em conta que no presente ano existem encomendas para 47 desses produtos, houve a necessidade de analisar os custos de produção anuais previstos para cada um dos 47 produtos encomendados, podendo assim priorizar os produtos e respetivos processos produtivos a melhorar durante o projeto de dissertação. Esta análise teve também em consideração a previsão do volume de produção de cada produto pertencente a esta família de produtos. Foi então elaborado mais um diagrama de Pareto (Figura 10), semelhante ao anterior, mas referente apenas aos produtos da família A400M-CC que irão ser produzidos pela empresa no ano de 2021.

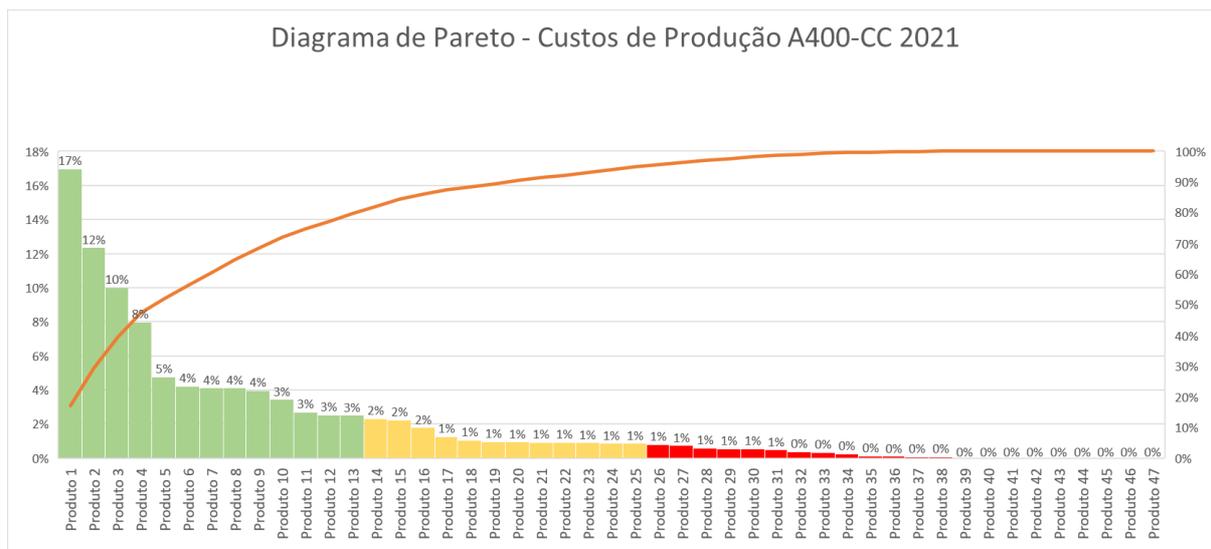


Figura 10 – Diagrama de Pareto referente aos custos de produção previstos dos produtos A400M-CC para 2021

O diagrama de Pareto acima representado permite observar que, dentro da família de produtos A400M-CC, existem 13 produtos que apresentam uma maior previsão de custos anuais de produção para 2021. Assim sendo, para o projeto de dissertação ter o maior potencial de melhoria de desempenho possível, este irá focar-se na totalidade dos produtos das famílias A320 2.08 e A320 BBSS, bem como nos 13 produtos mais críticos da família de produtos A400M-CC.

A família de produtos A320 2.08 é constituída por 22 conjuntos de produtos. Cada conjunto é constituído por 2 produtos simétricos entre si, ou seja, no total fabricam-se 44 produtos diferentes. A família A320 BBSS é constituída por 9 conjuntos de produtos. Cada conjunto é constituído por 2 produtos simétricos entre si, ou seja, no total fabricam-se 18 produtos diferentes. Os 13 produtos da família A400M-CC são todos diferentes, não tendo qualquer relação em termos de geometria.

Posteriormente, foram utilizadas mais duas ferramentas, o VSM e o Diagrama de sequência, para identificar os processos produtivos mais críticos incluídos nos fluxos destes produtos, denominados *bottlenecks*.

Em primeiro lugar, foram então elaborados dois VSM relativos aos processos produtivos das famílias A320 2.08 e A320 BBSS, pois são as famílias com maior cadência de produção da empresa, tendo já um fluxo contínuo assegurado. Estes permitiram visualizar, de forma intuitiva, a totalidade dos processos produtivos relativos aos produtos destas famílias e, assim, identificar mais facilmente os respetivos *bottlenecks*.

Com os dois VSM representados nos Apêndices 1 e 2, foi possível identificar os *bottlenecks* e definir mais rigorosamente o âmbito deste projeto de dissertação. O *bottleneck* relativo à família de produtos A320 2.08, neste caso, coincide com o *bottleneck* do processo produtivo da família A320 BBSS, pois o processo de corte tem o tempo de ciclo (TC) mais longo nos dois fluxos produtivos, ficando assim definindo como o processo mais crítico. No caso do A320 2.08 o TC é de 3,87 horas e no caso do A320 BBSS o TC é de 6,17 horas.

Os fluxos produtivos relativos à família de produtos A400M-CC têm uma cadência de produção menor e variam consoante as especificações de cada produto. Assim sendo, utilizou-se outra ferramenta, nomeada de diagrama de sequência, para representar os fluxos produtivos dos produtos 1, 2 e 3 e identificar os processos mais críticos onde este projeto irá atuar.

Com os três diagramas de sequência representados nos Apêndices 3, 4 e 5, foi possível identificar os *bottlenecks* relativos a estes fluxos produtivos. Os *bottlenecks* identificados nos fluxos produtivos dos produtos 1, 2 e 3 são, também eles, coincidentes. Neste caso, o processo de *layup* é o processo que apresenta o TC mais longo nos três fluxos produtivos (TC apêndice 3 = 38,9 horas; TC apêndice 4 = 29,4 horas; TC apêndice 5 = 23,8 horas), ficando assim definindo como o processo mais crítico. Devido aos requisitos e controlo da produção destes produtos nesta zona, como por exemplo o acesso restrito e controlado à mesma, não foi possível abordar o processo de *layup* neste projeto de dissertação. Assim sendo, seguia-se o processo de pintura como o processo com o TC mais longo dos três fluxos produtivos (TC apêndice 3 = 2,9 horas; TC apêndice 4 = 4,7 horas; TC apêndice 5 = 8,2 horas). Consequentemente, o atual projeto irá abordar maioritariamente os processos de corte e de pintura (Figura 11), pois é nestes processos que está o maior potencial de melhoria de desempenho.

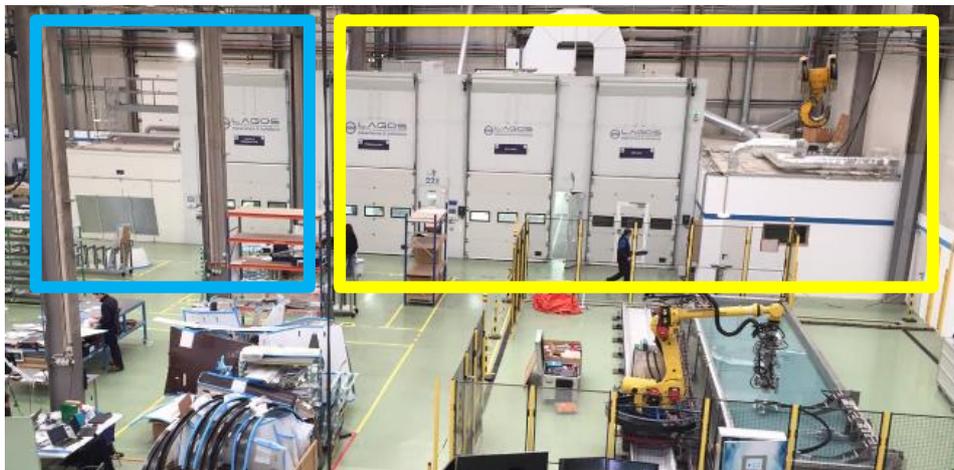


Figura 11 – Zona de corte assinalado a azul e zona de pintura assinalado a amarelo

Os produtos e respetivos processos produtivos que este projeto de dissertação aborda estão devidamente definidos e identificados, seguindo-se a descrição dos problemas visualizados no decurso do acompanhamento dos processos produtivos.

Primeiramente, foram identificados problemas de produtividade face à procura existente para o ano de 2021. Os tempos de ciclo representados nos VSM e nos diagramas de sequência incluídos nos Apêndices 1, 2, 3, 4 e 5, comparados com o *Takt Time* (TT) de cada um dos produtos em questão, permitem identificar quais são os processos que não estão a conseguir responder à procura de produtos.

Como os produtos referentes às famílias de produtos A320 2.08 e A320 BBSS são vendidos em conjuntos que montam um kit de venda, nestes casos os tempos de ciclo (TC) e TT são referentes a 44 produtos diferentes que montam um *kit* de venda (lote) no caso da família A320 2.08 e a 18 produtos diferentes que montam um *kit* de venda (lote) no caso da família A320 BBSS (Tabela 1).

Tabela 1 – Tempo de ciclo e TT por família de produtos

Produto	Tempo de Ciclo Processo de Corte (horas)	Tempo de Ciclo Processo de Pintura (horas)	TT (horas/produto)
A320 2.08 (kit de 44 peças)	3,87	x	3,2
A320 BBSS (kit de 18 peças)	6,17	4,86	6,4
A400M - CC Prod. 1 (1 peça)	0,6	2,9	76,79
A400M - CC Prod. 2 (1 peça)	0,6	4,7	46,07
A400M - CC Prod. 3 (1 peça)	0,6	8,2	53,75

Através da análise da Tabela 1, é possível verificar que o processo produtivo de corte é o mais crítico, pois os TC são superiores aos TT, o que significa que o processo não está a conseguir responder à procura. Os TC do processo de pintura são inferiores aos TT, o que significa que este processo não é tão crítico como o processo de corte. No entanto, comparativamente aos restantes processos de todo o fluxo produtivo destes produtos, o processo de pintura é considerado um dos processos com maior potencial de melhoria.

4.2 Diagnóstico do processo de corte

Devido à necessidade de aumentar a produtividade do processo de corte para as famílias de produtos A320 2.08 e A320 BBSS, foram observadas e detalhadas as operações que eram realizadas no mesmo. Adicionalmente, foram acompanhados e abordados todos os colaboradores que trabalhavam diariamente neste processo. Numa fase inicial, foram identificadas as várias operações incluídas neste processo e respetiva sequência de execução. Tal permitiu identificar as oportunidades de melhoria de forma a aumentar a produtividade deste processo produtivo.

4.2.1 Normalização do trabalho

A visualização e acompanhamento do processo de corte permitiu agregar as operações visualizadas em 15 operações, estando representadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Sequência de operações do processo de corte

1 – Abrir processo	6 – Setup 3	11 – Acabamento lado 2
2 – Setup 1	7 – Corte meia-lua	12 – Fazer cantos
3 – Corte lado 1	8 – Setup 4	13 – Acabamento manual
4 – Setup 2	9 – Acabamento lado 1	14 – Verificação
5 – Corte lado 2	10 – Setup 5	15 – Fechar processo

Após a realização de várias medições deste processo, foi possível constatar que a duração do processo de corte acima descrito demorava entre 7,32 e 13,69 minutos por produto, dependendo do colaborador, do tamanho e da geometria do produto.

A não existência de *standard work* era evidente, pois cada colaborador seguia uma sequência de operações diferente. Não só a sequência de operações, como também as operações eram realizadas de forma diferente, o que promovia a variabilidade do processo e a diferença de produtividade entre os colaboradores.

4.2.2 Produtividade

O auxílio do Software de Apoio à Produção (SAP) permitiu observar exemplos das diferenças de produtividade entre colaboradores ao longo de uma semana. Na Tabela 3 é possível observar que existe bastante variabilidade da produtividade dos colaboradores responsáveis por cortar os produtos da família A320 2.08. Esta variabilidade pode também estar associada a outros problemas identificados.

Tabela 3 – Comparação entre produtividades de produtos A320 2.08 dos colaboradores do corte

A320 2.08	25/01/2021	26/01/2021	27/01/2021	28/01/2021	29/01/2021	Total Seman a
Colaborador 1 (Unidades produzidas)	12	32	24	25	27	120
Colaborador 2 (Unidades produzidas)	15	30	29	26	24	124
Total	27	62	53	51	51	244

Na Tabela 4 é possível observar que existe uma menor variabilidade associada à produtividade dos colaboradores responsáveis por cortar os produtos da família A320 BBSS, mas considerando a menor carga de produção, a variabilidade observada é considerável.

Tabela 4 – Comparação entre produtividades de produtos A320 BBSS dos colaboradores do corte

A320 BBSS	25/01/2021	26/01/2021	27/01/2021	28/01/2021	29/01/2021	Total Seman a
Colaborador 1 (Unidades produzidas)	11	11	11	10	10	53
Colaborador 2 (Unidades produzidas)	11	11	11	11	11	55
Total	22	22	22	21	21	108

4.2.3 Preparação de equipamentos

A ausência da definição de uma sequência ou critério de realização das operações de *setup*, provoca que estas sejam feitas consoante o critério de cada colaborador. Assim sendo, as operações de *setup* interno ocupavam cerca de 48% do tempo total do processo de corte manual. Os colaboradores não seguiam nenhum plano de manutenção das máquinas de corte (Figura 13), ficando a critério de cada colaborador fazer a manutenção, o que originava cerca de uma paragem na produção por semana devido a avarias nas mesmas (30 minutos por paragem). Os dispositivos *Poka-Yoke* utilizados (Figura 13), neste processo, no mês de janeiro de 2021, permitiram a passagem de 50 peças com defeito para o processo seguinte, o que significou uma taxa de qualidade de 97,9 %.



(a)



(b)

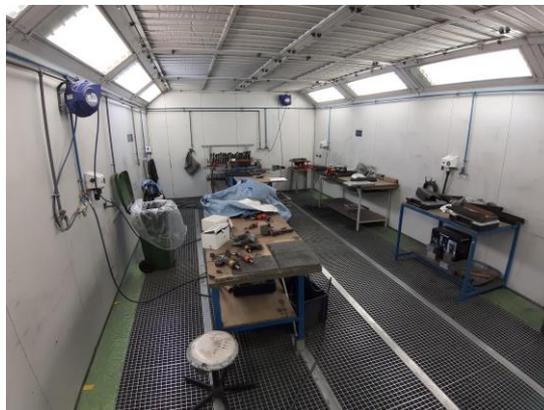
Figura 13 – (a) Ferramentas utilizadas na zona do corte e (b) Dispositivos *Poka-Yoke* de auxílio ao corte

4.2.4 Organização da produção

A desorganização e desinformação existente no posto de trabalho do processo de corte era nítida, não existindo qualquer utilização da metodologia dos 5S's como se pode comprovar pela Figura 14. A falta dos 5S's, neste caso, promovia também a falta de controlo de materiais auxiliares ao corte, tais como as fresas ou as lixas. Isto levava a que os colaboradores perdessem cerca de 10 minutos por turno à procura de material auxiliar e que a produção parasse devido à falta deste material cerca de uma a duas vezes por semana (30 minutos por paragem).



(a)



(b)



(c)

Figura 14 – (a) Ferramentas, (b) Zona de corte dos compósitos e (c) Desorganização da bancada de trabalho

4.2.5 Planeamento e controlo da produção

A falta de planeamento e controlo da produção era uma realidade do processo de corte, pois a divulgação do plano ou objetivo de produção diário era feita de forma verbal tendo em conta apenas as quantidades de WIP no programa de planeamento. Esta forma de planear e transmitir aos colaboradores o planeamento de produção diária dificulta a reação por parte dos mesmos quando ocorre algum problema

no processo produtivo e perdem em média, cerca de 15 minutos por turno para que este lhes seja divulgado.

4.2.6 Ergonomia

A exigência a nível físico, a falta de condições ergonómicas e as restrições do processo de corte, tal como a necessidade de usar fato e máscara durante a produção, promoviam também as consecutivas quebras na produção, cerca de três a quatro paragens de 5 minutos por turno. Os colaboradores tinham ainda de seguir linhas de peça pouco visíveis devido à utilização da máscara e ao pó de material compósito que este processo liberta, o que promove a falta de rigor no corte e a falta de boas condições de trabalho.

4.2.7 Work in progress (WIP)

Devido ao TC do processo de corte ser muito superior aos TC dos restantes processos, bem como devido a todos os problemas referidos acima, a formação de *stock* à entrada deste processo era um problema crítico, pois a ocupação excessiva de espaço de chão de fábrica à entrada do processo em questão dificulta o aproveitamento do mesmo para novas oportunidades de melhoria. O *stock* acumulado à entrada do processo de corte (Figura 15) estava a ocupar uma área de 54 metros quadrados. Segundo os dados apresentados nos VSM dos Apêndices 1 e 2 é possível, multiplicando o WIP naquele momento pelo TC, calcular o tempo que o WIP à entrada do processo de corte demorava a ser consumido, o que se traduz em cerca de 100 horas.



Figura 15 – WIP à entrada da zona de corte

4.3 Diagnóstico do processo de pintura

Sendo o processo de pintura o processo com o segundo TC mais longo dos fluxos produtivos de todas as famílias acima abordadas, existem também várias oportunidades de melhoria associadas ao mesmo. Para avaliar e diagnosticar a situação atual deste processo, foram observadas e detalhadas as operações

realizadas. Foram também acompanhados e abordados todos os colaboradores que trabalhavam diariamente neste processo. De seguida, foram identificadas as várias operações incluídas neste processo e respetiva sequência de execução.

4.3.1 Normalização do trabalho

A visualização e acompanhamento do processo de pintura possibilitou então, agregar as operações visualizadas em 18 operações distintas (Tabela 5), sendo elas:

Tabela 5 – Sequência de operações do processo de pintura

1 – Aplicação de selante	7 – Aplicar tinta 1	13 – Aplicar tinta 2
2 – Estufa	8 – Estufa	14 – Estufa
3 – Verificação	9 – Aplicar tapa-poros	15 – Aplicar tinta 3
4 – Aplicar isolamento	10 – Estufa	16 - Estufa
5 – Preparação inicial	11 – Preparar tapa-poros	17 – Remover isolamento
6 – Limpar peça	12 – Limpar peça	18 – Furação / Escareado

A duração do processo de pintura acima descrito demorava entre 353 e 569 minutos por lote, dependendo do colaborador, do tamanho e da geometria dos produtos do lote.

4.3.2 Produtividade

De forma a justificar o elevado tempo de operação e o elevado TC associados a este processo, foram identificadas várias oportunidades de melhoria. Tal como acontecia no processo de corte, a falta de *standard work* era evidente, pois cada colaborador realizava as operações de forma diferente, o que promovia a variabilidade do processo e a diferença de produtividade entre os colaboradores ao longo do tempo. Na Tabela 6, está um exemplo das diferenças de produtividade que a equipa de colaboradores apresentou ao longo das quatro semanas de fevereiro de 2021.

Tabela 6 – Número de peças pintadas nas quatro semanas de fevereiro de 2021 (5 dias de produção/semana)

Objetivo diário	Semana (fev.)	1	2	3	4
45	Total (unidades produzidas)	86	172	216	215
	Média/Dia (unidades produzidas)	17,2	34,4	43,2	43

4.3.3 Organização da produção

A falta da prática dos 5S's neste posto também era notória (Figura 16), promovendo assim a desorganização e desinformação já existentes no posto de trabalho do processo de pintura. Consequentemente, existia também falta de controlo dos materiais auxiliares utilizados na pintura, tais como as fitas isolantes, as luvas ou as lixas. Isto levava a que os colaboradores perdessem cerca de 10 minutos por turno à procura de material auxiliar e que a produção parasse devido á falta destes materiais cerca de uma a duas vezes por semana (30 minutos por paragem).



(a)



(b)

Figura 16 – Material auxiliar da cabine de (a) preparação e (b) pintura

4.3.4 Planeamento e controlo da produção

A forma como a gestão da produção deste processo estava a ser realizada não era benéfica para a produtividade do processo, já que promovia a variabilidade e os desperdícios. Tal como acontecia no processo do corte, a divulgação do objetivo de produção diário era feita de forma verbal, tendo em conta apenas as quantidades de WIP no programa de planeamento. Caso aconteça algum problema e o responsável de produção não esteja presente, a reação dos colaboradores fica comprometida, ou seja, a produção é interrompida. Desde o início do turno até à divulgação do objetivo diário de produção, os colaboradores perdem, em média, cerca de 15 minutos por turno.

4.3.5 Ergonomia

A exigência a nível físico e a falta de condições ergonómicas estão presentes nas operações de preparação de peças para a pintura (Figura 17), já as operações de pintura são exigentes a nível ergonómico apenas quando se trata de peças grandes, pois os colaboradores têm de movimentá-las manualmente. Estas operações são realizadas dentro de uma cabine fechada e é necessário que o colaborador use fato e máscara. Isto leva a quebras consecutivas na produção, contabilizadas em cerca de três a quatro paragens de 5 minutos por turno.



(a)



(b)

Figura 17 – (a) Máquina orbital antiga e (b) Luvas utilizadas nas preparações

4.3.6 Layout

O *layout* do processo de pintura promove, em especial, um tipo de desperdício: movimentações. Há uma distância considerável entre os postos de trabalho deste processo. Conseqüentemente, os quatro colaboradores perdiam cerca de 68 minutos em movimentações diárias, sendo todo esse tempo considerado desperdício. Tal é comprovado através do seguinte diagrama de *Spaghetti* (Figura 18).

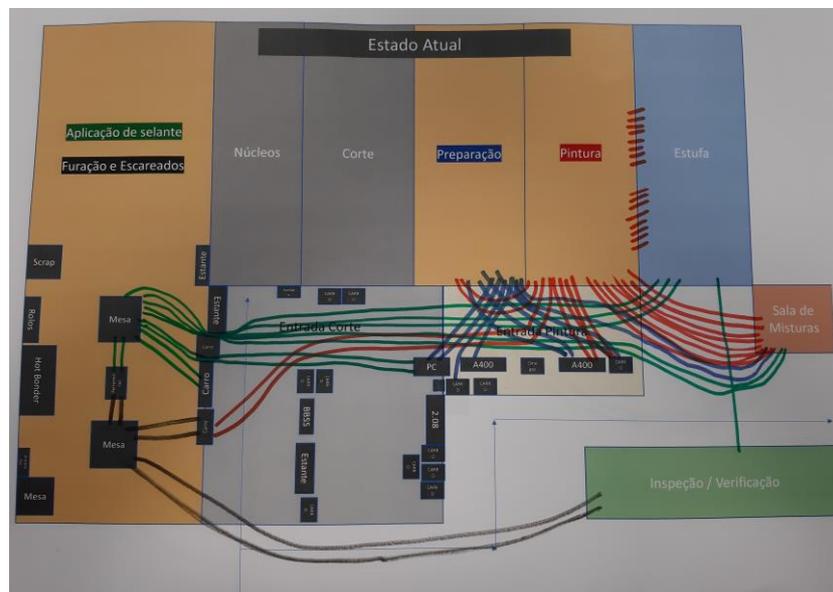


Figura 18 – Diagrama de *Spaghetti*

O cálculo do tempo que os quatro colaboradores perdem durante um dia em movimentações foi efetuado considerando que o objetivo diário de produção é de 45 peças e a produção é feita em lotes de 5 peças, o que se traduz em 9 lotes por dia. Multiplicando este valor pelo tempo gasto com as movimentações

por cada lote produzido (Tabela 7), desperdiçam-se cerca de 68 minutos de movimentações diárias. Foi considerada uma velocidade de movimentação de colaborador de 4 km/h, ou seja, de 67 m/min.

Tabela 7 – Dados retirados do diagrama de *Spaghetti*

Movimentações Pintura				
Deslocação	Distância (m)	Quantidade/lote (un)	Distância Percorrida/lote (m)	Tempo Perdido/lote (min)
PC	14	2	28	0,42
Ferramentas	1	2	2	0,03
Carro Selante	3	2	6	0,09
Sala de Misturas	31	2	62	0,93
Estufa	28	3	84	1,25
Inspeção Verificação	6	1	6	0,09
PC	4	2	8	0,12
Carro Preparação	3	2	6	0,09
Sala de Misturas	15	2	30	0,45
Carro Pintura	4	4	16	0,24
PC	6	2	12	0,18
Carro Pintura	3	4	12	0,18
Sala de Misturas	9	8	72	1,07
Estufa	2	16	32	0,48
Preparação	6	2	12	0,18
Carro Furação	20	2	40	0,60
PC	14	2	28	0,42
Carro Furação	3	2	6	0,09
Ferramentas	1	2	2	0,03
Inspeção Verificação	22	2	44	0,66
Total	195	64	508	7,58

4.3.7 Qualidade

Relativamente à taxa de qualidade do processo de pintura, esta é negativamente influenciada por várias ações praticadas e ferramentas utilizadas. A Tabela 8 permite visualizar os tipos de defeitos existentes na zona da pintura e a quantidade de casos identificados, pela verificação, para cada tipo de defeito. Na Tabela 8 está também calculado a taxa de qualidade do processo de pintura para os meses de fevereiro e março. A taxa de qualidade foi obtida realizando a divisão entre o total de peças OK e o de peças produzidas.

Tabela 8 – Defeitos e taxa de qualidade mensal das peças BBSS pintadas

TIPO DE DEFEITO	Peças NOK FEV	Peças NOK MAR
C1 - EXCESSO DE SELANTE	8	5
C2 - FALTA DE SELANTE	1	1
C3 - FALTA DE TINTA	49	54
C4 - EXCESSO DE TINTA	10	2
C5 - MARCAS	18	17
C5.1 - DEDOS	3	2
C5.2 - MANUSEAMENTO	2	0
C5.3 - FITA	1	0
C6 - ESQUEMA DE PINTURA NOK	11	6
C6.1 - LADO ERRADO PINTURA	1	0
C6.2 - FUROS OBSTRUÍDOS	10	10
C6.7 - FALTA DE ADERÊNCIA	1	0
C6.8 - UNIÕES MASSA PINTADO	1	0
C7 - CASCA DE LARANJA	6	2
C8 - ESCORRIDO	22	11
C9 - IMPUREZAS (INCLUSÕES)	45	36
C10 - POROSIDADE	20	33
C11 - FOD	1	2
C12 - CRATERAS	9	14
C13 - FERVURA	4	4
C14 - BOLHAS OU EMPOLADOS	5	2
C15 – OVERSPRAY	0	0
Total de peças NOK	228	201
Total de peças produzidas	689	858
Taxa de qualidade mensal	67%	77%

Os carros que servem para movimentar e suportar as peças estão mal dimensionados, o que danifica as peças e a pintura efetuada. Posteriormente, as peças com pinturas defeituosas são enviadas para o processo seguinte, selecionadas e enviadas novamente para o processo de pintura. Os cuidados com a limpeza das cabines de pintura e da estufa não são suficientes e a operação de retrabalho, que a maior parte das vezes inclui lixar peças, é feita dentro da cabine de pintura (Figura 19).



(a)



(b)

Figura 19 – (a) Reparação de peças no interior da cabine e (b) Impurezas dentro da cabine de pintura

Não existe nenhum local alocado às peças que necessitam de retrabalho, o que promove que ocorram 4 a 5 interrupções da produção da pintura de 5 minutos por dia, para os colaboradores ficarem

informados das peças que têm de retrabalhar. A inexistência de parâmetros de desgaste ou a falta de informação visual sobre as temperaturas de estufa, promovem uma menor taxa de qualidade.

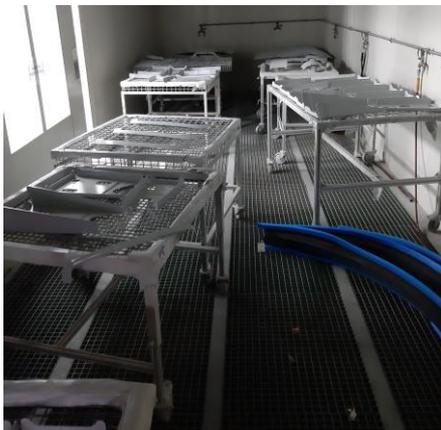
4.3.8 Work in progress (WIP)

Devido ao TC do processo de pintura ser muito superior ao TC do processo antecedente, a formação de *stock* à entrada deste processo é também um problema crítico. O *stock* acumulado à entrada do processo de corte estava a ocupar uma área de 32 metros quadrados (Figura 20). Segundo os dados apresentados nos VSM dos Apêndices 2, 3, 4 e 5, é possível, multiplicando o WIP naquele momento pelo TC do processo, calcular o tempo que o WIP à entrada do processo de pintura demorava a ser consumido, o que se traduz em cerca de 115 horas.

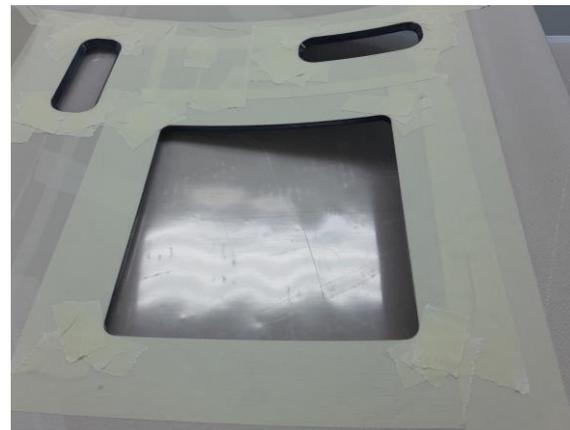


Figura 20 – *Stock* acumulado na entrada da preparação e pintura

A falta de espaço na estufa (Figura 21), a morosidade do isolamento das peças da família A400M (Figura 21), a produção em lotes variáveis e o preenchimento das ordens de produção manualmente, foram também identificados como oportunidades de melhoria do processo de pintura.



(a)



(b)

Figura 21 – (a) Estufa cheia e (b) Isolamento de peça A400M-CC

4.4 Síntese e priorização dos problemas

De forma a sintetizar e priorizar os problemas identificados nas secções anteriores, foram elaboradas a Tabela 9 e a Tabela 10. Estas tabelas descrevem, não só os problemas identificados, como também as causas e os efeitos associados.

Tabela 9 – Priorização dos problemas identificados da zona de corte

Zona de corte					
Problema	Efeito	Causa	Sev.	Oco.	Pontuação
Acumulação de <i>stock</i> à entrada do corte	Área de 54 metros quadrados desperdiçada	Tempo de ciclo elevado	9	10	90
Falta de condições ergonómicas	Quebras na produção de 20 minutos por turno	Exigência a nível físico e restrições do processo de corte	8	9	72
Divulgação do plano de produção de forma verbal	Perda de 15 minutos por turno para que seja divulgado o objetivo diário de produção	Produção em lotes variáveis	7	9	63
Desorganização e desinformação no posto de trabalho	Perda de 10 minutos por turno para encontrar material	Inexistência da aplicação da metodologia 5S's	6	9	54
Operações de <i>setup</i> realizadas de forma diferente e com uma sequência diferente	Tempos de <i>setup</i> elevados (48% do tempo total de produção)	Inexistência de aplicação de SMED	7	7	49
Operações de produção realizadas de forma diferente e com uma sequência diferente	Variação da produção	Falta de <i>standard work</i>	8	6	48
Falta de controlo dos <i>stocks</i> de material auxiliar e ferramentas à produção	Perda de 60 minutos por semana devido às faltas de material auxiliar à produção	Inexistência da aplicação da metodologia 5S's	7	6	42
Manutenção errada das máquinas de corte	Paragem de 30 minutos semanais na produção	Inexistência de um plano de manutenção das máquinas de corte	8	4	32
Peças cortadas com defeito	Menor taxa de qualidade (97.9 %)	Dispositivos <i>Poka-Yoke</i> incorretamente dimensionados	10	2	20

A Severidade (Sev.) permite quantificar a gravidade dos problemas identificados e a Ocorrência (Oco.) permite quantificar a probabilidade de ocorrência dos mesmos. As pontuações atribuídas à Severidade e à Ocorrência estão inseridas numa escala de 1 a 10 pontos. A pontuação de 1 ponto é atribuída a problemas de gravidade baixa no caso da Severidade e a problemas de baixa probabilidade de ocorrência no caso da Ocorrência. A pontuação de 10 pontos é atribuída a problemas de gravidade elevada no caso

da Severidade e a problemas de elevada probabilidade de ocorrência no caso da Ocorrência. O multiplicador das pontuações relativas à severidade e à ocorrência, atribuídas a cada problema apresentado, permitiu priorizar os mesmos.

Tabela 10 – Priorização dos problemas identificados da zona de pintura

Zona de pintura					
Problema	Efeito	Causa	Sev.	Oco.	Pontuação
Distância entre postos de trabalho	Perda de 68 minutos diários com movimentações	<i>Layout</i> mal dimensionado	10	10	100
Preenchimento manual das ordens de produção	Cerca de 40 minutos diários para preencher ordens de produção	Ordens de produção físicas	9	10	90
Falta de condições ergonómicas	Quebras na produção de 20 minutos por turno	Exigência a nível físico e restrições do processo de pintura	8	9	72
Necessidade de comunicação aos colaboradores	Interrupções na produção de 25 minutos por dia	Inexistência de local para colocar peças que necessitam de retrabalho	8	9	72
Divulgação do plano de produção de forma verbal	Perda de 15 minutos por turno para que seja divulgado o objetivo diário de produção	Produção em lotes variáveis	7	9	63
Morosidade do isolamento das peças de A400M	Isolamento demora entre 6 e 60 minutos	Complexidade do isolamento das peças A400M	7	9	63
Desconhecimento dos critérios de produção por parte dos colaboradores	Taxa de qualidade mensal inferior a 80%	Falta de informação visual	10	6	60
Falta de controlo dos <i>stocks</i> de material auxiliar à produção	Perda de 60 minutos por semana devido às faltas de material auxiliar à produção	Inexistência da aplicação da metodologia 5S's	8	7	56
Desorganização e desinformação no posto de trabalho	Perda de 10 minutos por turno para encontrar material	Inexistência da aplicação da metodologia 5S's	6	9	54
Operações de produção realizadas de forma diferente e com uma sequência diferente	Variação da produção	Falta de <i>standard work</i>	8	6	48
Acumulação de <i>stock</i> à entrada do corte	Área de 32 metros quadrados desperdiçada	Tempo de ciclo elevado	4	10	40

5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Inicialmente, o presente capítulo, identifica e prioriza todas as propostas de melhoria elaboradas para resolver os problemas identificados e analisados no capítulo anterior. Inclui também, uma breve descrição dos processos de desenvolvimento e implementação onde serão apresentados os resultados estimados.

Para apresentar as propostas de melhoria de forma visual e sucinta, foi utilizada a ferramenta 5W2H (Tabela 11 e Tabela 12).

Tabela 11 – Plano de ações de melhoria para o processo de corte segundo os 5W2H

ID	WHAT? O QUÊ?	WHY? PORQUÊ?	WHERE? ONDE?	WHEN? QUANDO?	WHO? QUEM?	HOW? COMO?
1	Passagem do corte manual para corte automático na máquina CNC	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de condições ergonômicas do processo manual; - Produtividade variável; - Falta de capacidade do processo; - Baixa taxa de qualidade; - WIP elevado; - Processo de elevada dificuldade; - Etc. 	Processo de corte automático	fev/21	<ul style="list-style-type: none"> - Departamento de produção; - Departamento de engenharia; - Departamento de qualidade; - Departamento de manutenção; - Jorge Marinho; - Luis Sobral 	<ul style="list-style-type: none"> - Definição dos parâmetros de produção da máquina CNC; - Definição dos parâmetros manutenção da máquina CNC; - Criação dos programas de corte maquinado; - Desenvolvimento e verificação de dispositivos <i>Poka-Yoke</i>; - Definição e implementação do <i>standard work</i>; - Definição do <i>layout</i> do novo processo;
2	Racionalização do processo de corte automático	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de informação visual; - Desorganização do posto de trabalho; - Movimentações desnecessárias do colaborador; - Variação da produtividade; - Operações de <i>setup</i> variáveis e morosas; - Variação do WIP; - Ruptura de <i>stock</i> de material auxiliar. 	Processo de corte automático	mai/21	<ul style="list-style-type: none"> - Jorge Marinho; - Luis Sobral 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação da metodologia 5S's; - Planejamento e gestão da produção; - Aplicação de SMED às operações de <i>setup</i>; - Elaboração e implementação de um sistema <i>kanban</i> para os materiais auxiliares ao processo de corte.
3	Racionalização do processo de corte manual	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de informação visual; - Desorganização do posto de trabalho; - Movimentações desnecessárias do colaborador; - Variação da produtividade; - Operações de <i>setup</i> variáveis e morosas; - Variação do WIP; - Ruptura de <i>stock</i> de material auxiliar. 	Processo de corte manual	jun/21	<ul style="list-style-type: none"> - Jorge Marinho; - Luis Sobral 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar produção e criar um <i>standard work</i>; - Planejamento e controle da produção; - Implementação da metodologia 5S's; - Elaboração e implementação de um sistema <i>kanban</i> para os materiais auxiliares ao processo de corte; - Aplicação de SMED às operações de <i>setup</i>; - Melhoria das condições ergonômicas.

No entanto, não foi possível calcular, nem estimar, os custos que cada proposta de melhoria envolveu. As propostas da Tabela 11 são referentes ao processo de corte e as propostas da Tabela 12 são referentes ao processo de pintura.

Tabela 12 – Plano de ações de melhoria para o processo de pintura segundo os 5W2H

ID	WHAT? O QUÊ?	WHY? PORQUÊ?	WHERE? ONDE?	WHEN? QUANDO?	WHO? QUEM?	HOW? COMO?
4	Alteração do <i>layout</i> do processo e dos <i>buffers</i> da pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupação excessiva de área do chão de fábrica; - Desperdício de tempo elevado com movimentações e transportes; - Retrabalho feito no interior da cabine de pintura. 	Processo de pintura	abr/21	<ul style="list-style-type: none"> - Jorge Marinho; - Luís Sobral 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagrama de <i>spaghetti</i>; - Observação das movimentações e transportes; - Acompanhamento da evolução dos <i>buffers</i> da pintura; - Criação de um posto de retrabalho de pintura externo à cabine; - Elaboração de propostas de <i>layout</i>;
5	Gestão dos materiais auxiliares à produção no processo de pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Roturas de <i>stock</i> do material auxiliar; - Inexistência de controlo de consumos de material; - Falhas de comunicação entre o processo e os departamentos de Logística e Compras; - Falhas no controlo dos materiais em armazém. 	Processo de pintura	mai/21	<ul style="list-style-type: none"> - Jorge Marinho; - Luís Sobral 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar consumos dos materiais auxiliares - Elaboração de <i>kanbans</i> de transporte para os materiais auxiliares; - Elaboração de um quadro <i>kanban</i> para estabelecer a comunicação entre a Logística e o processo de pintura; - Elaboração de um quadro <i>kanban</i> para estabelecer a comunicação entre as Compras e a Logística; - Auditoria e registo dos consumos e do funcionamento do <i>kanban</i>;
6	Projeto de melhoria da eficiência do processo de pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de informação visual; - Desorganização do posto de trabalho; - Variação da produtividade; - Produção em lotes variáveis; - Falta de condições ergonómicas; - Interrupções constantes dos colaboradores da pintura; - Processos altamente ineficientes; - WIP elevado. 	Processo de pintura	mar/21	<ul style="list-style-type: none"> - Equipa do projeto de melhoria do processo de pintura 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação da metodologia 5S's; - Criação de um lote <i>standard</i> de produção; - Elaboração de documentos para melhor gestão visual; - Introdução de novas ferramentas e máquinas; - Melhoria dos métodos de trabalho existentes - Reformulação dos <i>buffers</i> existentes;
7	Projeto de melhoria da qualidade do processo de pintura	<ul style="list-style-type: none"> - Taxa de qualidade baixa; - Falta de manutenção da cabine de pintura; - Falta de manutenção das ferramentas de trabalho; - Danificação das peças e da pintura com o seu manuseamento; - Inexistência de hábitos de manutenção e limpeza por parte dos colaboradores da pintura. 	Processo de pintura	mar/21	<ul style="list-style-type: none"> - Equipa do projeto de melhoria do processo de pintura 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação da metodologia 5S's; - Criação de planos de manutenção e limpeza; - Criação de <i>standards</i> de limpeza recorrendo à gestão visual; - Melhoria dos métodos de trabalho existentes;

Através da análise destas tabelas, é possível detalhar todas as propostas de melhoria, identificando o que irá ser feito, os problemas que deram origem às propostas de melhoria, a data prevista para o começo da ação e quem irá ficar responsável pelo desenvolvimento e implementação das propostas identificadas.

A matriz que analisa a dificuldade e o impacto das ações de melhoria permitiu priorizar as ações identificadas nas tabelas anteriores. A Figura 22 permite visualizar a matriz dificuldade – impacto com as ações alocadas aos respectivos quadrantes.

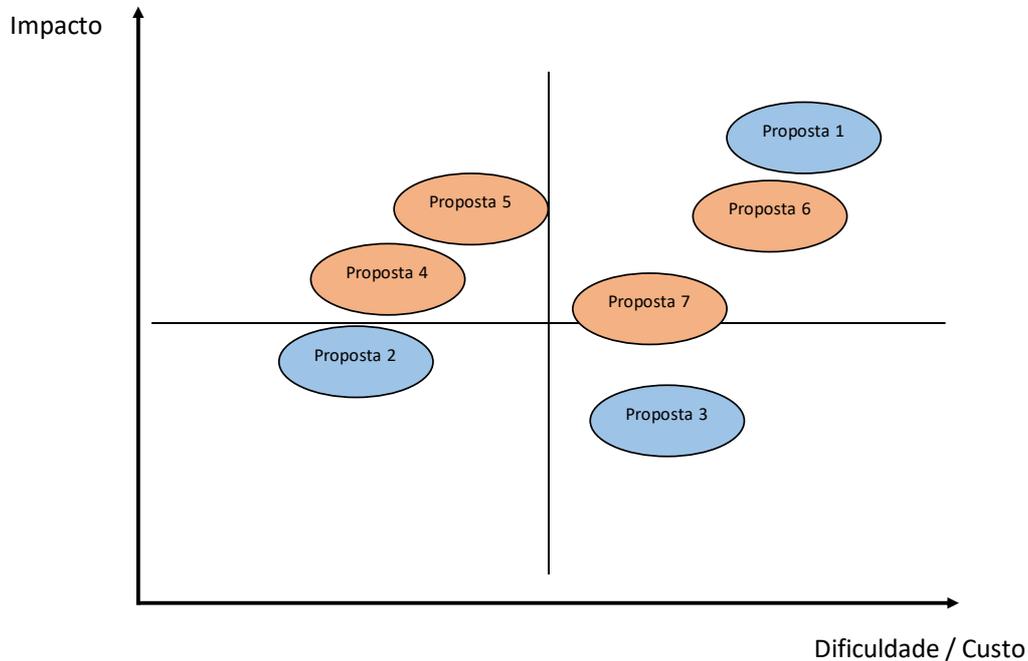


Figura 22 – Matriz dificuldade – impacto das ações de melhoria

A matriz dificuldade – impacto permite então observar que as propostas de melhoria 4 e 5 são as propostas que terão um maior impacto com uma menor dificuldade associada. As propostas de melhoria 1 e 6 são as propostas que têm uma maior dificuldade associada, mas também um maior impacto estimado nos processos produtivos. As propostas 2, 3 e 7 são as propostas menos interessantes, pois o impacto estimado é menor. A alocação das várias propostas na matriz dificuldade – impacto foi realizada com o auxílio do departamento de engenharia de produção.

Assim sendo, de forma a alcançar o maior impacto possível nos processos produtivos de corte e pintura, as propostas de melhoria deveriam ter sido realizadas pela ordem de prioridade definida na matriz dificuldade – impacto. Todavia, as propostas não foram implementadas pela ordem idealizada inicialmente, mas sim pela ordem definida na organização devido às oportunidades existentes. A administração da CAER optou por priorizar as propostas de melhoria que envolviam uma maior dificuldade, mas que traduziam um maior impacto nos processos produtivos. As propostas 4 e 5 necessitaram de aprovação superior, o que não permitiu que fossem realizadas em primeiro lugar.

5.1 Desenvolvimento e implementação no processo de corte

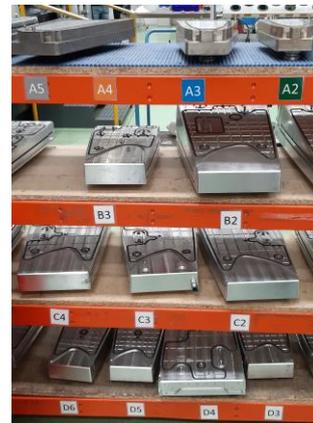
5.1.1 Passagem do processo manual para o processo automático em máquina CNC

A proposta de começar a cortar numa máquina CNC as peças de material compósito, surge no departamento de produção e começa a ser discutida em janeiro de 2021, coincidindo com o início deste projeto de dissertação. A proposta em causa, necessitava de um grande investimento se a empresa não possuísse nenhuma máquina CNC. Tal como referido na secção 4.1 já existem várias máquinas CNC no chão de fábrica, não havendo a necessidade de haver esse investimento. Assim sendo, a proposta de melhoria foi estudada e aprovada, sendo atribuída aos vários departamentos que asseguram a produção, a qualidade, a manutenção e a segurança.

O projeto iniciou-se em fevereiro de 2021, sendo que o departamento de manutenção ficaria responsável por criar um plano de manutenção novo para a respetiva máquina. O departamento de engenharia trabalhou em conjunto com o departamento de qualidade para assegurar a qualidade e a boa execução do corte das peças em material compósito. O departamento de produção ficou responsável por elaborar os programas de corte maquinado e pelo desenvolvimento e verificação dos dispositivos *Poka-Yoke* (Figura 23) necessários à produção. Por fim, o departamento de engenharia de produção, no qual estava inserido, foi responsável pelo desenvolvimento do *standard work* e pelo novo *layout* do novo processo de corte (Figura 23).



(a)



(b)

Figura 23 – (a) Processo de corte em máquina CNC e (b) Meios auxiliares de produção (MAP) e dispositivos *Poka-Yoke* desenvolvidos

O processo de desenvolvimento e implementação desta proposta de melhoria decorreu durante dois meses, em que o primeiro mês foi dedicado ao desenvolvimento de programas, dispositivos *Poka-Yoke*,

standard work e planos de manutenção, e no mês seguinte iniciou-se a fase de implementação e controlo dos desenvolvimentos do primeiro mês.

Atualmente o processo de corte maquinado está autónomo e estável. Comprova-se que houve uma redução de 22% do tempo de operação de corte de um kit de venda de A320 2.08, equivalente a uma redução de 1 hora e 42 minutos por kit de venda produzido. Comprova-se também que houve uma redução de 57% do tempo de operação de corte de um kit de venda de A320 BBSS, equivalente a uma redução de cerca de 7 horas por kit de venda produzido (Tabela 13). Devido às dimensões e geometrias das peças correspondentes à família A400M-CC, não foi possível transferir o processo de corte para a máquina CNC, continuando parte deste a ser subcontratado. Estima-se, portanto, uma redução anual de 2615 horas no tempo de operação de corte relativos às famílias de produtos A320 2.08 e A320 BBSS.

Tabela 13 – Comparação dos tempos de operação do processo de corte

Família de produtos	Tempo de operação do corte manual de 1 kit de venda	Tempo de operação do corte em máquina CNC de 1 kit de venda	Ganho (%)
A320 2.08 (44 peças)	7,74	6,03	22%
A320 BBSS (18 peças)	12,34	5,36	57%

As reduções dos tempos de operação referidas permitiram também a libertação de 54 metros quadrados de chão de fábrica alocados aos *buffers* de entrada do processo de corte manual, pois o processo de corte maquinado tem uma capacidade de produção muito superior ao processo de corte manual (Figura 24).



(a)



(b)

Figura 24 – (a) e (b) Área de chão de fábrica libertada

No novo processo de corte maquinado, as condições ergonómicas melhoraram bastante, pois a parte mais física e técnica do processo passou a ser feita pela máquina CNC (Figura 25). O processo deixou de ser realizado dentro de uma cabine e os colaboradores deixaram de ter de utilizar os fatos e as

máscaras de proteção referidos na secção 4.2.6. Com isto, foi possível eliminar as quebras na produção originadas pela falta de condições ergonómicas, correspondentes a 73 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 25 – (a) Corte manual com colaborador e (b) Corte automático com colaborador

Adicionalmente, o processo de corte em máquina CNC permitiu simplificar o processo anterior, fazendo com que os fatores da experiência e do conhecimento do processo passassem a ser menos relevantes (Tabela 14). Consequentemente, a prática de um método de trabalho *standard* ficou assegurada, aumentando a produtividade anual em cerca de 68% e reduzindo a variação entre os colaboradores. O método de trabalho *standard* foi definido tendo em conta várias observações que envolveram todos os colaboradores associados a este processo. Os métodos de trabalho definidos podem ser visualizados no Apêndice 6.

Tabela 14 – Comparação entre produtividades dos colaboradores do corte automático (A320 2.08)

A320 2.08	24/05/2021	25/05/2021	26/05/2021	27/05/2021	28/05/2021	Total Semana
Colaborador 1 (Unidades produzidas)	42	48	38	48	41	217
Colaborador 2 (Unidades produzidas)	41	40	35	34	45	195
Total	83	88	73	82	86	412

O *layout* do processo de corte automático foi também definido, tendo em conta as movimentações necessárias. Na Figura 26 podemos visualizar o *layout* definido e implementado para este processo com as movimentações de cada ciclo produtivo representadas. As operações realizadas pelo colaborador da direita, em cada local numerado na Figura 26, estão representadas no Apêndice 6.

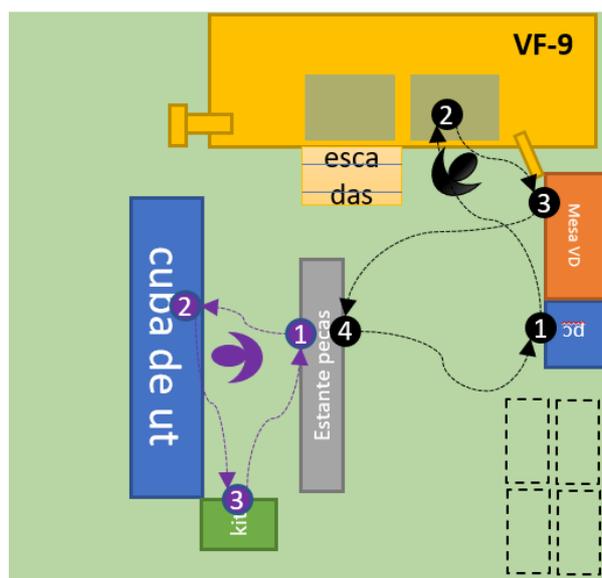


Figura 26 – Layout do processo de corte automático

A manutenção das máquinas de corte manual era feita de forma irregular, o que provocava avarias devido ao desgaste e à falta de cuidados de manutenção. No processo de corte em máquina, a utilização dessas ferramentas já não é necessária, ou seja, o novo processo de corte necessita apenas de manutenção à máquina CNC. O cumprimento do plano de manutenção é assegurado pelo departamento de manutenção da empresa, eliminando assim as paragens existentes equivalentes a 22 horas anuais.

A implementação desta proposta de melhoria aumentou a taxa de qualidade, sendo que houve uma redução de 50 peças com defeito no corte no mês de janeiro para 0 peças com defeito no corte no mês de junho (Tabela 15). Desta forma, os defeitos foram eliminados.

Tabela 15 – Evolução da taxa de qualidade desde janeiro a junho de 2021

A320 2.08 e A320 BBSS				
Mês	Peças Inspeccionadas	Peças com defeito	% Peças com defeito	Taxa de qualidade
Janeiro	2408	50	2,1%	97,9%
Fevereiro	2037	9	0,4%	99,6%
Março	2543	16	0,6%	99,4%
Abril	1259	5	0,4%	99,6%
Mai	2221	2	0,1%	99,9%
Junho	1200	0	0,0%	100%

5.1.2 Racionalização do processo automático

Posteriormente à realização da proposta anterior, foi necessário racionalizar o novo processo de corte automático. Para tal, foram aplicadas várias ferramentas, tais como os 5S's, o *kanban* e o SMED. Esta proposta de melhoria surge com o intuito de melhorar e facilitar o processo de corte automático,

fornecendo aos colaboradores toda a informação, organização e ferramentas necessárias à correta realização do processo, diminuindo os erros e a variabilidade associada.

As falhas de comunicação entre o responsável de produção e os colaboradores eram constantes, provocadas pela divulgação verbal dos objetivos diários de produção e pela produção ser feita em lotes variáveis. Com o objetivo de eliminar este problema, foi criado um supermercado (Figura 27) entre o processo de corte e o processo seguinte, em que o colaborador do corte tem acesso visual ao mesmo. Assim sendo, de forma a garantir que todos os espaços do supermercado estejam preenchidos e assim garantir o abastecimento do processo seguinte, o colaborador consegue identificar quais peças necessitam de ser processadas para serem repostas no supermercado em questão. A existência deste supermercado torna o colaborador autónomo e responsável pela correta priorização das peças a produzir, ficando independente da divulgação do objetivo diário feita pelo responsável de produção. O supermercado tem 44 espaços disponíveis, em que cada espaço corresponde a cada uma das 44 peças da família A320 2.08. A definição da quantidade de peças a ter em cada espaço irá ser realizada futuramente. Com isto, foi possível eliminar os 15 minutos de esperas ao início de cada turno, o que representa um ganho de 110 horas anuais e garantir o abastecimento do processo seguinte.

A passagem de um lote de produção variável para um lote fixo, tendo por base a ferramenta *Heijunka*, está ainda em fase de análise, o que não permite representar uma estimativa do ganho acrescido com esta mudança. Esta passagem tem como objetivo diminuir a variabilidade de produção, diminuir a variação do WIP e reduzir o tempo de reação do processo às variações existentes.



Figura 27 – Supermercado que liga o posto de trabalho de corte e o posto de trabalho seguinte

A desorganização e a desinformação presentes no novo posto de trabalho do processo de corte eram problemas evidentes. Para os evitar, foi apresentada e implementada a metodologia dos 5S's. Inicialmente, foram separadas e eliminadas as ferramentas desnecessárias ao processo de corte

automático. De seguida, foram organizadas e identificadas todas as ferramentas que permaneceram no posto de trabalho, tendo em conta as posições mais favoráveis à prática do *standard work* definido. A limpeza geral deste posto de trabalho foi efetuada (Figura 28), eliminando todas as marcas visuais existentes do processo que estava anteriormente implementado e limpando a sujidade presente devido aos óleos necessários ao processo de corte em máquina CNC. De momento, as normas que promovem a prática e controlo desta metodologia encontram-se em fase de desenvolvimento por parte do departamento de engenharia de produção. Esta melhoria do processo de corte automático permitiu, até ao momento, eliminar a perda de 20 minutos diários que os colaboradores utilizavam para procurar as ferramentas necessárias e auxiliou o controlo de *stocks* de materiais auxiliares à produção presentes no mesmo. Houve, portanto, um ganho de 73 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 28 – (a) Processo de corte após evento 5S's e (b) Gestão visual no supermercado

Relativamente aos *setups* realizados neste novo processo, foi aplicada a metodologia SMED para que o tempo de paragem da máquina CNC durante os mesmos fosse o mínimo possível. Para tal, começou-se por identificar todas as operações que eram feitas durante o *setup* da máquina CNC para o processo de corte das famílias A320 2.08 e A320 BBSS. De seguida, tendo em conta a sequência das operações identificadas em cada *setup*, as mesmas foram agrupadas em dois tipos de operações, nomeadamente, operações de *setup* interno e operações de *setup* externo. Posteriormente, as operações de *setup* interno que envolviam a secagem e o acabamento à peça processada foram transformadas em operações de *setup* externo, havendo uma redução de 54% do tempo de paragem da máquina CNC. A criação e implementação de um *standard* ainda está em fase de desenvolvimento. Multiplicando a quantidade prevista da procura de 2021 para os produtos incluídos nas famílias A320 2.08 e A320 BBSS (26606

unidades) pela média dos ganhos representados nas 3 medições da Tabela 16 (36,7 segundos), é possível apurar um ganho estimado de 271 horas anuais.

Tabela 16 – Medições dos tempos de *setup* interno

	Medição 1	Medição 2	Medição 3
Setup Interno pré SMED (s)	59	74	69
Setup Interno pós SMED (s)	28	36	28

De momento, o controlo dos *stocks* dos materiais auxiliares ao processo de corte automático ainda não é efetuado da melhor forma, o que origina perdas contabilizadas em 1 hora semanal devido à existência de roturas de *stock* destes materiais no posto de trabalho. De forma a melhorar o controlo feito sobre o *stock* de material auxiliar e respetivos consumos do processo de corte automático, o sistema *kanban* que foi implementado no processo de pintura (secção 5.2.2) irá também ser implementado neste processo, com as adaptações necessárias (Figura 29). Este irá eliminar as falhas de comunicação entre o posto de trabalho e o operador logístico. Se esta implementação for bem-sucedida, estima-se um ganho de 44 horas anuais neste posto de trabalho.

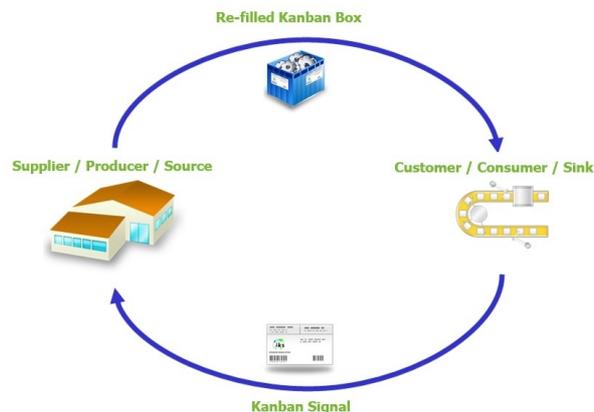


Figura 29 – Exemplo de um sistema *kanban* de transporte simplificado (retirado de: www.kanban-system.com)

5.1.3 Racionalização do processo manual

O processo de corte automático em máquina CNC acolheu a produção total das duas famílias com maior cadência de produção, A320 2.08 e A320 BBSS, ficando o processo de corte manual com as restantes famílias de produtos, entre elas a família A400M-CC.

No caso da família A400M-CC, as peças são cortadas numa empresa subcontratada. As únicas operações efetuadas na zona do processo de corte manual são o corte e a preparação dos núcleos das peças em questão. Assim sendo, como a família de produtos A400M-CC e o processo de corte estão

incluídos no âmbito do atual projeto de dissertação, foram elaboradas algumas melhorias na zona onde este processo se realiza.

No entanto, o possível impacto que a melhoria deste processo teria com a realização desta proposta não era o melhor. Desta forma, decidiu-se implementar apenas melhorias de baixa dificuldade/custo.

Assim sendo, a desorganização e desinformação no posto de trabalho do corte manual eram evidentes e, mais precisamente, no local onde os núcleos eram trabalhados não era praticado qualquer tipo de gestão visual. Para se conseguir controlar e priorizar melhor os *stocks* de entrada existentes neste posto, foi elaborado um evento 5S's com o intuito de eliminar as ferramentas desnecessárias e de criar um local organizado e visual para os *stocks* em questão, promovendo assim um fluxo contínuo e organizado da produção (Figura 30).



Figura 30 – (a) Processo de preparação de núcleos pré 5S's e (b) Processo de preparação de núcleos pós 5S's

A aplicação da metodologia dos 5S's e da gestão visual permitiu que o controlo feito pelo responsável de produção sobre o processo produtivo e o posterior planeamento da produção fosse melhorado.

Relativamente ao controlo feito aos materiais auxiliares do processo de corte manual, este ainda não é feito da melhor forma, originando perdas contabilizadas em cerca de 30 minutos semanais devido a roturas nos *stocks* destes materiais.

Assim sendo, com o intuito de melhorar o controlo sobre estes *stocks* e respetivos consumos e, consequentemente, eliminar as perdas contabilizadas, irá ser desenvolvido um sistema *kanban* para este posto de trabalho. Este sistema será baseado no sistema desenvolvido para o processo de pintura, sendo este posteriormente retratado na secção 5.2.2.

As movimentações desnecessárias do colaborador, as variações da produtividade, as operações de *setup* e a definição de um *standard work* não foram melhoradas durante o projeto de dissertação devido à

curta duração do mesmo e devido às restrições e à complexidade do processo. Estas oportunidades de melhoria também não eram prioritárias relativamente às outras ações incluídas no projeto.

5.2 Desenvolvimento e implementação no processo de pintura

5.2.1 Alteração do layout do processo e dos buffers

A proposta de melhoria relativa à alteração do *layout* da pintura surge devido à libertação dos 54 metros quadrados de chão de fábrica provenientes da passagem do processo de corte manual para o processo de corte automático.

Durante a observação do processo de pintura, foi utilizado o diagrama de *spaghetti* (Figura 18) que permitiu identificar dois principais desperdícios, nomeadamente, o tempo perdido pelos colaboradores em movimentações e a área de chão de fábrica desperdiçada (Figura 31).

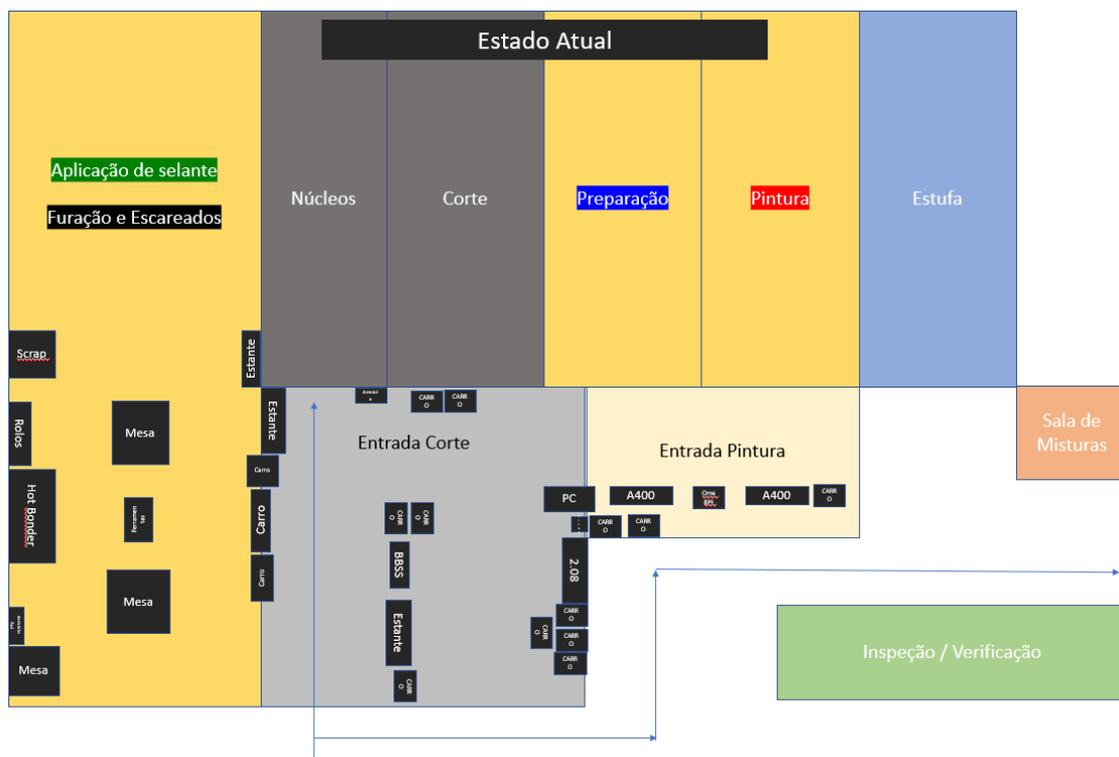


Figura 31 – *Layout* inicial do processo de pintura

Consequentemente, foi elaborada uma proposta de *layout* (Figura 32) que tinha o intuito de reduzir a área ocupada pelo processo de pintura e de reduzir o tempo perdido pelos colaboradores em movimentações.

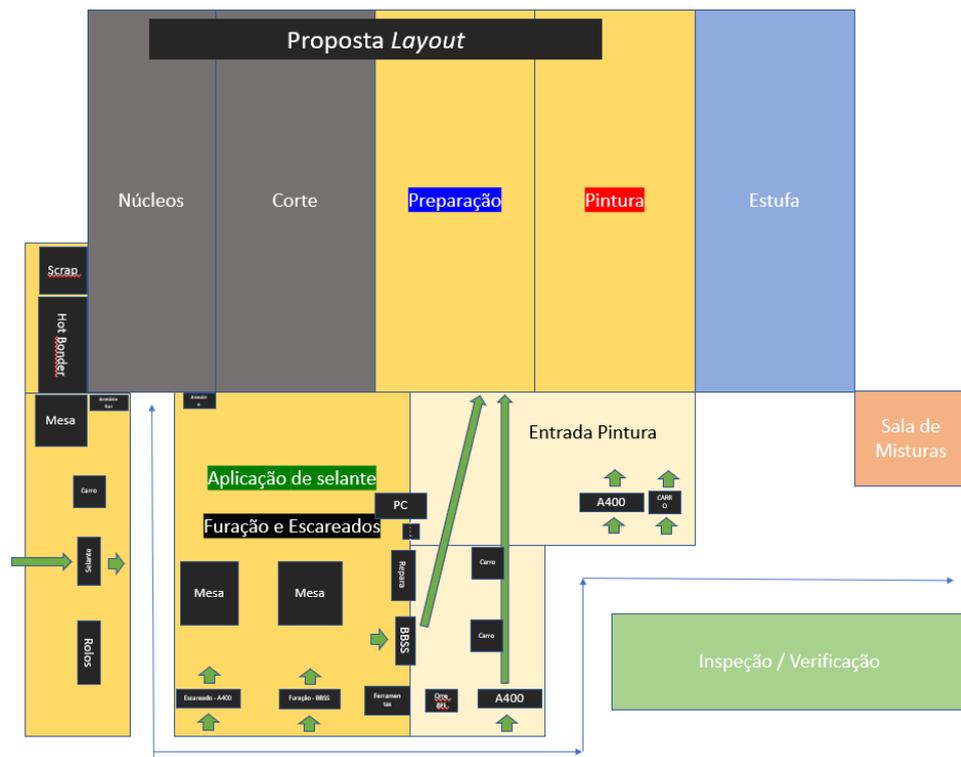


Figura 32 – Proposta de alteração do *layout* do processo de pintura

O desenvolver da proposta de *layout* teve como base o ciclo PDCA, passando por várias fases de desenvolvimento, aprovação e implementação, tendo estas sido graduais. Esta proposta de melhoria encontra-se implementada e finalizada, tendo sido criados vários fluxos produtivos mais eficientes que os anteriormente praticados (setas verdes da Figura 32), libertando-se uma área de cerca de 100 metros quadrados de chão de fábrica. As movimentações dos colaboradores diminuíram consideravelmente, pois considerando que o objetivo diário médio de produção é de 9 lotes, multiplicando o tempo desperdiçado em movimentações por cada lote, pode-se afirmar que, por dia, são gastos 51,21 minutos em movimentações, o que traduz uma redução de 62 horas anuais ganhas com a redução deste desperdício (Tabela 17).

Tabela 17 – Dados referentes ao diagrama de *Spaghetti* após alteração de *layout*

Movimentações Pintura				
Velocidade - 4 km/h - 67m/min				
Deslocação	Distância (m)	Quantidade/lote (un)	Distância Percorrida/lote (m)	Tempo Perdido/lote (min)
PC	2	2	4	0,06
Ferramentas	2	2	4	0,06
Carro Selante	3	2	6	0,09
Sala de Misturas	20	2	40	0,60
Estufa	17	3	51	0,76
Inspeção Verificação	6	1	6	0,09
PC	4	2	8	0,12
Carro Preparação	6	2	12	0,18
Sala de Misturas	15	2	30	0,45
Carro Pintura	4	4	16	0,24
PC	6	2	12	0,18
Carro Pintura	3	4	12	0,18
Sala de Misturas	9	8	72	1,07
Estufa	2	16	32	0,48
Preparação	6	2	12	0,18
Carro Furação	15	2	30	0,45
PC	2	2	4	0,06
Carro Furação	2	2	4	0,06
Ferramentas	2	2	4	0,06
Inspeção Verificação	11	2	22	0,33
Total	137	64	381	5,69

5.2.2 Gestão e controlo dos materiais auxiliares

A gestão dos materiais auxiliares à produção não era realizada da melhor forma, provocando roturas de *stock* nos processos e, conseqüentemente, quebras de produção frequentes.

De forma a eliminar as quebras de produção existentes, foi elaborado um *kanban* de transporte que engloba os materiais auxiliares da cabine de preparação. O desempenho deste *kanban* será avaliado e, caso a avaliação seja positiva, o mesmo irá ser adaptado e implementado em todos os processos produtivos presentes na CAER.

Assim sendo, este sistema é constituído por 1 quadro *kanban* (Figura 33), 28 cartões *kanban* (Figura 34) e 2 caixas (Figura 35). Os 28 cartões *kanban* são referentes a 18 materiais distintos e cada cartão equivale a uma unidade de material.

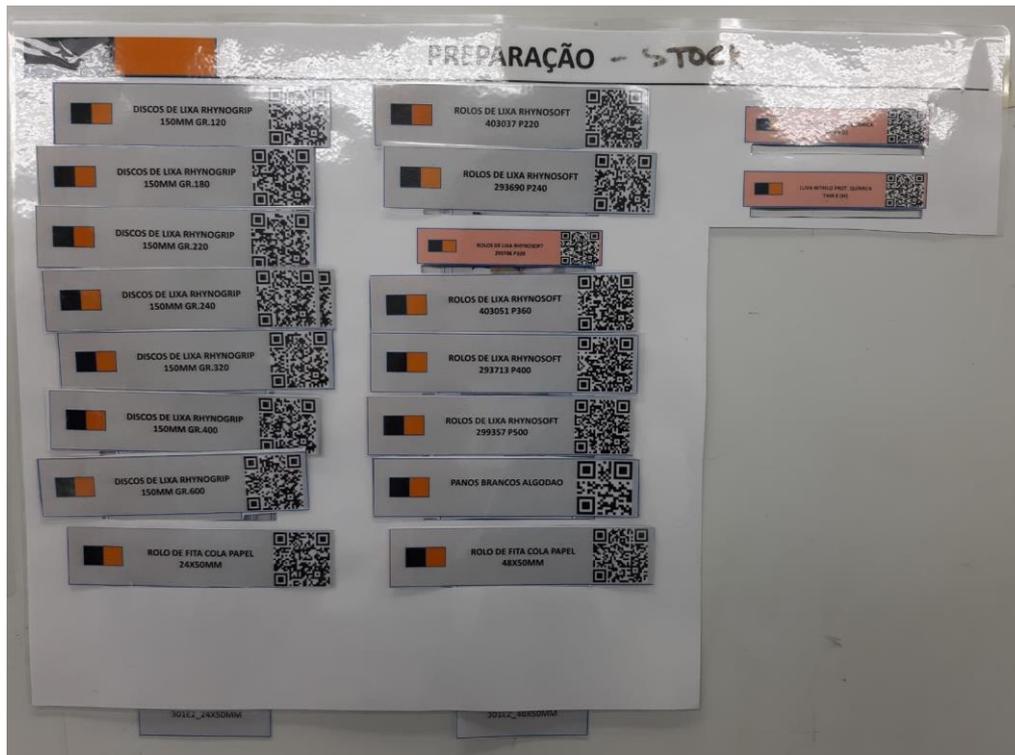
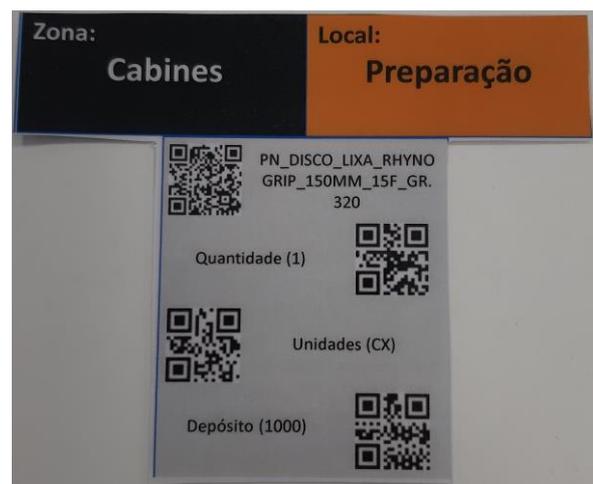


Figura 33 – Quadro *kanban* da cabine de preparação

Os cartões *kanban* (Figura 34) contêm várias informações relevantes para o responsável logístico (*mizusumashi*) e para os colaboradores da pintura. As informações incluídas no cartão *kanban* são a zona e o local do pedido de abastecimento, o código de cores associado à zona e ao local, o código de identificação do material, a descrição do material, a quantidade a abastecer, as unidades do material e o local onde esse material se encontra armazenado (depósito).



(a)



(b)

Figura 34 – Cartão *kanban* (a) frente e (b) verso

A quantidade de cartões *kanban* associada a cada material auxiliar foi determinada através do seu consumo médio diário – visto que o abastecimento de materiais auxiliares é realizado diariamente – somando um cartão *kanban*, que permite assegurar o início da produção diária. Por exemplo, é necessária uma unidade de um determinado material auxiliar para garantir a produção diária. Desta forma, existirão no quadro dois cartões *kanban* correspondentes a este material.



(a)



(b)

Figura 35 – (a) Caixa com pedidos de abastecimento e (b) Caixa com material auxiliar abastecido

O funcionamento do *kanban* foi explicado através de uma apresentação realizada aos colaboradores da pintura. Foi também criado um padrão de funcionamento do mesmo (Figura 36), sendo posteriormente afixado no posto de trabalho.

Caetano Aeronautic STANDARD KANBAN

Área Area	Descrição Description	Pág. Page
Cabine de Preparação	Definição do funcionamento <i>Kanban</i> para a cabine de Preparação.	1/1

Regra:

1. **Ao abrir a caixa ou lote de um material, retirar cartão correspondente a esse material do Quadro *Kanban* e coloca-lo na Caixa dos pedidos**
When opening the box or batch of a material, remove the card corresponding to that material from the Kanban Board and place it in the Order Box
2. **Às 10h00 colocar a Caixa dos pedidos com os cartões no local definido**
At 10 am place the order box with the cards in the defined place
3. **Às 11h00 levantar a Caixa, deixada pela Logística no local definido, com o material abastecido e os respectivos cartões**
At 11 am pick up the Box, left by Logistics at the defined location, with the material supplied and the respective cards
4. **Repor o stock de forma a que o stock em uso fique o mais acessível possível**
Replace the stock so that the stock in use remain as accessible as possible
5. **Repor os cartões no local definido do Quadro *Kanban***
Replace the cards to the defined location on the Kanban Board

Caixa Pedidos

Caixa com material abastecido

Quadro *Kanban*

Nota: N° de caixas ou lotes de material fechado = N° de cartões no quadro *Kanban* desse material

Elaboração JCM	Revisão RMP	Aprovação LCS	Versão 00	Data 25/05/2021
-------------------	----------------	------------------	--------------	--------------------

Figura 36 – Padrão de funcionamento do *kanban* de transporte da cabine de preparação

Os colaboradores, sempre que comecem a utilizar um material auxiliar, devem retirar o cartão *kanban* do quadro *kanban* e colocá-lo na caixa dos pedidos. O responsável logístico (*mizusumashi*) deverá fazer o levantamento dessa caixa e abastecer os materiais pedidos no próximo *milk run*. Posteriormente, os colaboradores do processo produtivo, quando receberem o material pedido, devem repor o *stock* no local definido e repor os cartões *kanban* no quadro *kanban*.

No entanto, devido às constantes roturas de *stock* em armazém, houve a necessidade de dar continuidade ao ciclo PDCA e acrescentar a este sistema um quadro geral (Figura 37) que permite a todos os colaboradores do chão de fábrica, incluindo o departamento de compras, saberem que materiais foram pedidos e estão em rotura no armazém, incluindo a data do pedido realizado pela produção e a data da previsão de chegada.

Material	Divisão/Área Data de Rotura	Previsão / Compra Data prevista de chegada	Comentários
ROLO DE FITA COLA PAPEL 24800004	18/06/2021	5/07	
ROLO DE FITA COLA PAPEL 24800004	07/07/2021		
ROLO DE LIXA BAYBROOKT 80007 P220	07/07/2021		
ROLO DE LIXA BAYBROOKT 80007 P220	07/07/2021		

Figura 37 – Quadro do material em rotura em armazém

Atualmente, o responsável logístico (*mizusumashi*) preenche manualmente os campos que o sistema de controlo de *stocks* da empresa necessita. De forma a aumentar a eficiência do processo de abastecimento, as informações presentes nos cartões *kanban* foram também representadas em código *Quick Response* (QR). Os códigos QR e a aquisição de uma pistola de leitura dos mesmos, irão permitir uma redução do processo de abastecimento da cabine de preparação estimada em 1,5 minutos por dia, convertida em 5,5 horas anuais. Se o sistema *kanban* for aplicado aos restantes postos de trabalho da organização, este ganho irá ser consideravelmente maior.

O *kanban* de transporte da cabine de preparação encontra-se implementado e em fase de controlo, tendo sido praticadas auditorias diárias ao mesmo. Estas auditorias têm como intuito assegurar o

funcionamento do sistema *kanban*, verificando se os pedidos estavam a ser feitos corretamente, e de registar os consumos diários da cabine de preparação. As auditorias permitem registar também as datas de rotura dos *stocks* destes materiais em armazém e as datas em que estes materiais voltam a ser abastecidos, permitindo avaliar o desempenho do departamento logístico e das compras.

Os colaboradores da pintura estão agora responsáveis por controlar os *stocks* de material auxiliar, tendo sido estabelecida uma comunicação direta dos mesmos com o armazém.

Assim sendo, este sistema *kanban* permite assegurar que não haja roturas de material auxiliar na cabine de preparação devido a falhas de comunicação, eliminando as quebras da produção, contabilizadas em cerca de 44 horas anuais, existentes anteriormente. Permite também, que o consumo de material auxiliar seja controlado e monitorizado pelo responsável de produção e pelo armazém. A comunicação entre o departamento logístico e o departamento das compras está a ser continuamente melhorada para que se minimize as roturas de *stock* em armazém.

5.2.3 Projeto de melhoria da eficiência

Tal como descrito na secção 4.3, ao longo da observação do processo de pintura, foram identificados vários problemas que afetavam a eficiência deste processo. De forma a aumentar a eficiência do mesmo, foi selecionada uma equipa de 5 elementos para incluir o projeto de melhoria da eficiência do processo de pintura. O projeto (Figura 38) teve início em março de 2021 e terminou em julho de 2021. Este consistiu em reuniões semanais que tinham o intuito de elaborar as ações semanais, atribuir ações aos elementos da equipa, atualizar o estado das ações em curso e atualizar os resultados do projeto.

Inicialmente, o processo da pintura foi acompanhado por parte da equipa do projeto, onde foi possível medir os tempos das operações realizadas pelos colaboradores, comparar os tempos medidos com os tempos registados em sistema, observar a maior parte dos problemas referidos na secção 4.3 e identificar oportunidades de melhoria da eficiência deste processo.

Assim sendo, com as oportunidades de melhoria identificadas, foi elaborada uma priorização das ações a realizar por parte da equipa e, posteriormente, iniciaram-se as ações que trariam um maior retorno esperado.

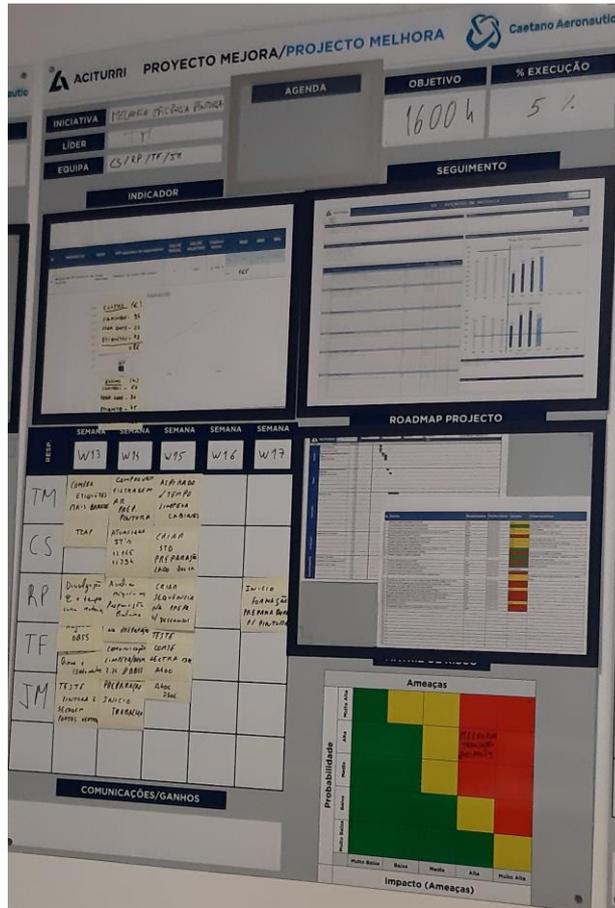
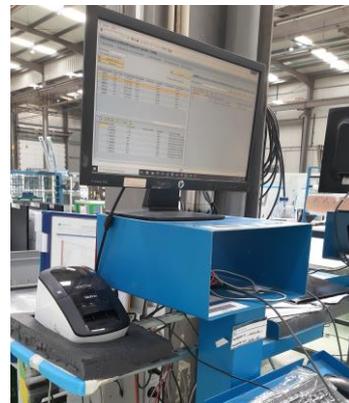


Figura 38 – Quadro do projeto de melhoria de eficiência do processo de pintura

As primeiras ações tiveram como intuito a diminuição do longo LT do processo de pintura. A operação de preencher as ordens de produção (OP) era feita manualmente, o que é altamente ineficiente, pois é uma tarefa morosa que não acrescenta valor ao produto. De forma a minimizar este tempo desperdiçado, foram introduzidos carimbos individuais com datadores e uma máquina de etiquetas (Figura 39), permitindo reduzir a duração desta tarefa em 50%, representando uma redução de 73 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 39 – (a) Carimbos com datadores e (b) Máquina de etiquetas

A variabilidade das dimensões e geometrias das peças da família A400M-CC faz com que a operação de isolamento se torne morosa e variável consoante o colaborador que a realizar. Com o intuito de minimizar a variabilidade e a duração desta tarefa que não acrescenta valor à peça, estão a ser desenvolvidas duas ações. O papel necessário ao isolamento da peça é comprado em rolo, necessitando de ser cortado e moldado à peça pelos colaboradores da pintura. Para reduzir o tempo desperdiçado com estas operações de moldagem e corte, iniciou-se uma ação que consiste em maquinar o corte do papel de isolamento com os vários padrões das peças desta família. O mascaramento das peças tem outro problema associado: as variadas furações das peças desta família. Estas tinham de ser isoladas com fita cola de papel, o que era um processo bastante moroso. De forma a reduzir o tempo perdido com esta operação, foi introduzido um novo método de isolamento que recorre ao vinil (Figura 40). O fornecedor de vinil retirou as medidas das furações das peças mais produzidas e forneceu o mesmo recortado consoante a geometria das mesmas. O colaborador da pintura tinha apenas de colar o vinil na furação correspondente, o que reduz o tempo de operação do isolamento. As duas ações estão em fase de desenvolvimento, não se encontrando implementadas e estima-se uma redução de 100 horas anuais com a implementação das mesmas.



Figura 40 – Isolamento em fita cola (esquerda) e em vinil (direita)

Enquanto as duas ações referidas anteriormente estão em fase de desenvolvimento, foi introduzida na operação de isolamento uma nova ferramenta de auxílio à mesma (Figura 41), o que permitiu uma redução de 30 horas anuais nesta operação.



Figura 41 – Ferramenta de auxílio ao isolamento

Relativamente às condições ergonómicas, foram também identificadas algumas oportunidades de melhoria, tais como: a aquisição de uma nova máquina orbital de preparação, a reparação de uma máquina triangular de preparação e a aquisição de luvas especiais anti vibratórias (Figura 42). Estas ações foram todas realizadas, o que permitiu melhorar bastante as condições ergonómicas do colaborador encarregue do trabalho mais exigente a este nível. Esta melhoria permitiu ainda eliminar as quebras na produção associadas a causas ergonómicas, o que se traduz num ganho de 146 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 42 – (a) Máquina orbital de preparação nova e (b) Luvas anti vibração

A alteração do *layout* referida na secção 5.2.1 e o aumento da eficiência do processo de pintura alcançado com as ações descritas neste capítulo permitiram libertar cerca de 15 metros quadrados da área do chão de fábrica, onde se aproveitou para criar um *buffer* para as peças que necessitam de reparações (Figura 43). A criação deste *buffer* eliminou as constantes interrupções que os colaboradores da inspeção realizavam aos colaboradores da pintura, havendo um ganho associado de 92 horas anuais.



Figura 43 – Buffer das peças que necessitam de reparação de pintura

A gestão da produção tinha apenas por base o WIP de peças no processo de pintura, o que influenciava a variação da produção e a falta da prática de *standards* no processo. De forma a eliminar as 110 horas anuais desperdiçadas com esperas associadas à divulgação do plano de produção diário, o lote de produção fixo encontra-se em fase de implementação. O lote de produção definido, teve por base a ferramenta *Heijunka* e é constituído por 22 peças da família A320 BBSS, 18 peças da família A320 2.24 e 2 peças da família A400M-CC, havendo 2 lotes em fluxo para melhorar o aproveitamento e eficiência dos recursos produtivos. De forma a assegurar o fluxo contínuo do processo de pintura, os *buffers* de entrada de produtos e os *buffers* intermédios foram melhorados para que só contivessem os produtos necessários à produção.

A desorganização e desinformação presentes no processo de pintura eram evidentes. Assim sendo, a equipa do projeto alocou dois dias para eliminar todas as ferramentas e materiais em excesso presentes no posto de trabalho em questão (Figura 44). As ações de eliminação das ferramentas e materiais não necessários, de organização das ferramentas e materiais necessários e de alocação de identificações às áreas definidas para as ferramentas e materiais necessárias, permitiram eliminar as quebras de produção associadas à perda de ferramentas ou materiais, quantificadas em 73 horas anuais. Estas ações permitiram também que a área ocupada pelo *stock* de materiais auxiliares dentro das cabines fosse reduzida em 50%. A aquisição de ferramentas auxiliares à limpeza das cabines de preparação e pintura, permite assegurar que os parâmetros de limpeza e organização estipulados sejam cumpridos com menor esforço por parte dos colaboradores. A ação de aquisição de um aspirador industrial encontra-se em análise e tem um potencial ganho de 18 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 44 – (a) Materiais da preparação pós 5S's e (b) Materiais da pintura pós 5S's

A produção em lotes fixos referida anteriormente irá promover a definição e prática de *standard work* no processo de pintura, sendo que os colaboradores passam a produzir uma quantidade diária fixa de peças mantendo sempre a sequência de operações. A falta de *standard work* praticado no processo de pintura não se deve apenas à variação do plano de produção, mas também à falta de critérios de produção objetivos e visuais. De forma a reduzir a ambiguidade dos critérios das operações preparação inicial, aplicação do tapa-poros e preparação do tapa-poros, foram desenvolvidos e transmitidos novos critérios mais específicos relativamente às mesmas. No caso da operação preparação inicial, a definição e transmissão de novos critérios de produção permitiu reduzir os tempos desta operação em 25% que, segundo a previsão da procura anual de 2021, se traduz num ganho de 262 horas anuais. Quanto às operações de aplicação e preparação do tapa-poros, foram também transmitidos critérios mais específicos, havendo uma redução de 72 horas anuais na execução das duas operações.

Existem ainda outras ações que se encontram em fase de análise que visam reduzir ainda mais o LT, tais como: a atualização das ações e tempos registados em sistema Software de Apoio à Produção (SAP), a melhoria do processo de manutenção das cabines, a introdução da pintura de peças na vertical (Figura 45) e o aumento da capacidade da estufa com armazenamento em altura. Estas ações apresentam ganhos estimados em 133 horas anuais.



(a)



(b)

Figura 45 – (a) Cabine da estufa lotada e (b) Pintura e cura de peças na vertical

5.2.4 Projeto de melhoria da qualidade

Os problemas observados no processo de pintura não afetavam apenas a eficiência do processo, como também a taxa de qualidade. A equipa de 5 elementos que estava encarregue do projeto de melhoria da eficiência do processo de pintura ficou também com o objetivo de melhorar a taxa de qualidade do mesmo.

O projeto teve início em março de 2021 e terminou em julho de 2021. As reuniões semanais da equipa serviam também para elaborar ações semanais de melhoria da qualidade, atribuir ações aos elementos da equipa, atualizar o estado das ações em curso e atualizar os resultados do projeto.

Inicialmente, durante o acompanhamento do processo de pintura foram identificados problemas e inconformidades com o cumprimento de vários parâmetros que poderiam estar a afetar diretamente a taxa de qualidade do processo de pintura. Assim sendo, foram discutidas, elaboradas e priorizadas várias ações que permitiram melhorar este indicador.

O indicador da taxa de qualidade é atualizado diariamente pelos colaboradores que realizam a inspeção final ao produto (inspeção pós pintura). Para isso, sempre que encontram um produto não conforme, os colaboradores preenchem um formulário com o tipo de defeito de pintura e a data. Comparando os dados introduzidos pelos colaboradores da inspeção final com o número total de peças inspecionadas obtém-se a taxa de qualidade (*Quality Rate*) e identifica-se qual o defeito mais recorrente do processo de pintura.

Para visualizar melhor os defeitos mais recorrentes foi elaborado um diagrama de Pareto, representado na Figura 46.

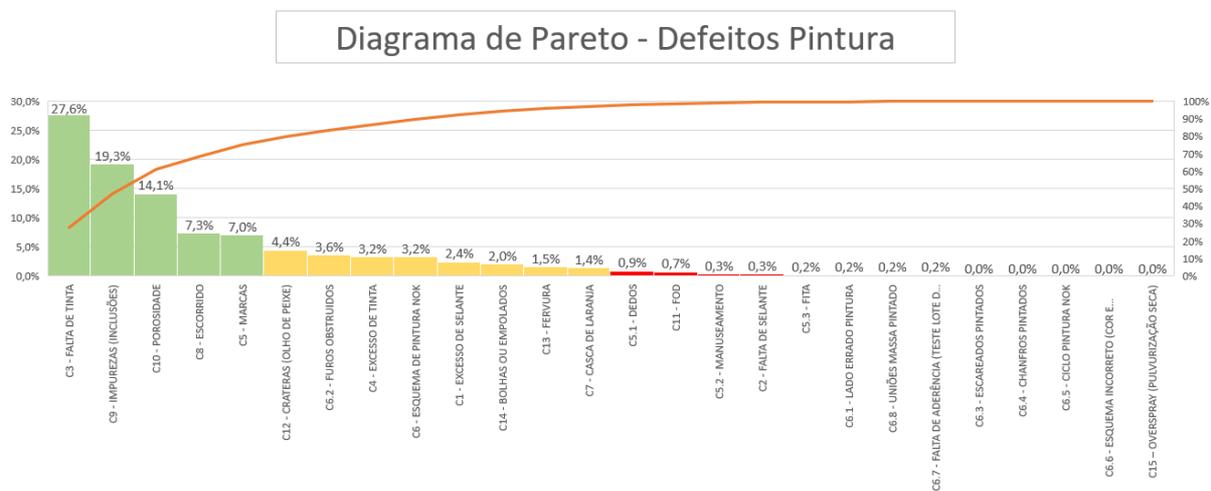


Figura 46 – Diagrama de Pareto dos defeitos do processo de pintura (janeiro – março 2021)

O diagrama de Pareto consegue representar os defeitos em que a equipa do projeto se deve focar, sendo eles: a falta de tinta, as impurezas, a porosidade, os escorridos e as marcas. De forma a potenciar o possível aumento da taxa de qualidade, foram realizadas várias ações que tiveram o objetivo de eliminar estes 5 defeitos mais recorrentes.

As temperaturas de cura das várias tintas e componentes aplicados no processo de pintura foram uniformizadas para apenas uma temperatura, o que facilita o cumprimento dos parâmetros de produção e possibilita a cura de tintas e componentes diferentes ao mesmo tempo. Foram também afixados os *standards* e parâmetros de produção a cumprir, para que, de forma visual, os colaboradores do processo de pintura tenham acesso a estas informações. Os critérios e instruções afixados na sala onde se fazem as misturas das tintas e componentes contribuíram para que as mesmas fossem respeitadas, o que ajudou a impactar a taxa de qualidade.

A operação de limpeza das peças era realizada dentro da cabine de preparação, um local com impurezas, e as reparações das pinturas defeituosas eram feitas dentro da cabine de pintura, onde não pode haver qualquer tipo de impurezas. Isto promovia que a cabine de pintura estivesse repleta de impurezas. Assim sendo, a área de chão de fábrica libertada com a alteração do *layout* referida na secção 5.2.1 foi também aproveitada para criar um posto de limpeza de peças e um posto de reparação de peças (Figura 47), para que estas operações fossem realizadas no exterior das cabines e assim eliminar potenciais causas dos defeitos de pintura.



(a)



(b)

Figura 47 – (a) *Layout* do novo posto de limpeza e reparação e (b) Novo posto de limpeza e reparação

O isolamento da cabine foi substituído (Figura 48), pois o que se encontrava em uso já estava bastante danificado. O novo isolamento utilizado é composto por um material de fácil aplicação e remoção, constituído por quatro camadas de utilização. O custo por metro quadrado é muito inferior ao isolamento utilizado anteriormente. Esta substituição permitiu aumentar a durabilidade do isolamento, diminuir o tempo de quebra de produção para a realização de operações de manutenção e contribuiu para a melhoria da taxa de qualidade.



Figura 48 – Cabine de pintura limpa, organizada e com o novo isolamento

A implementação e prática da metodologia dos 5S's nas cabines foi feita pela equipa do projeto, o que assegura que a organização, a limpeza e a manutenção destes postos de trabalho sejam cumpridos. Para além da dedicação da equipa em eliminar todos os materiais e ferramentas não utilizados dos postos de trabalho, foram também elaborados e afixados *standards* (Figura 49) para garantir que os

colaboradores respeitem os parâmetros de organização, limpeza e manutenção dos postos de trabalho onde laboram. Se os parâmetros referidos forem respeitados pelos colaboradores, estes irão contribuir diretamente para a melhoria da taxa de qualidade do processo de pintura.

Caetano Aeronautic STANDARD 5S

Área Area	Descrição Description	Pág. Page
Cabine de Preparação	Definição do standard 5S para a cabine de Preparação.	1/1

Regra:

- Manter material no local definido e identificado**
Keep material in the defined and identified place
- Ter apenas o material necessário ao trabalho dentro da cabine**
Have only the necessary material for the job inside the booth
- Controlar o stock de material de forma a não entrar em rotura**
Control the material so it doesn't run out of stock

Regra:



Elaboração JCM	Revisão RMP	Aprovação LCS	Versão 00	Data 05.04.2021
-------------------	----------------	------------------	--------------	--------------------

Figura 49 – Standard 5S's para o *stock* de materiais auxiliares da cabine de preparação

Para que os colaboradores deste processo tivessem apenas o material necessário dentro da cabine de pintura, foi também criado um *kit* de pintura (Figura 50), o que fez com que o armazenamento dos materiais auxiliares passasse do interior da cabine para a sala de misturas, promovendo ainda mais a limpeza neste espaço. O material auxiliar que existia anteriormente em excesso dentro da cabine foi eliminado.

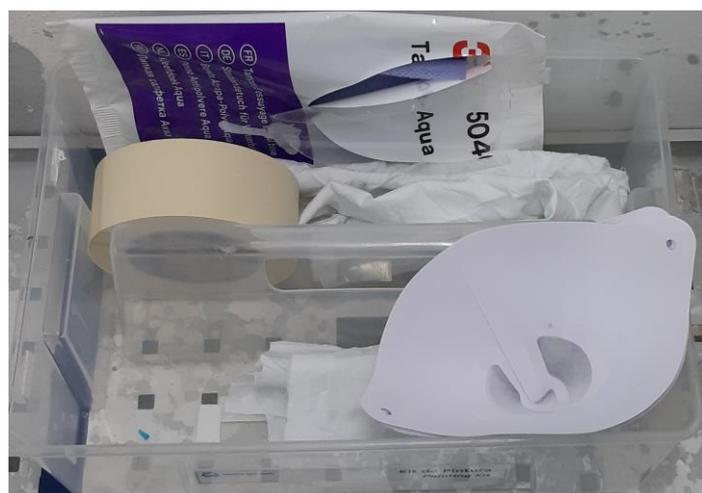


Figura 50 – Kit de pintura com os materiais auxiliares

A ação de criar planos de limpeza e manutenção ainda está em fase de desenvolvimento, pois necessita da avaliação e disponibilidade do departamento de manutenção.

Todas as ações descritas nesta secção contribuíram diretamente para o aumento da taxa de qualidade verificada nos meses seguintes. A implementação e controlo das mesmas permitiu aumentar a taxa de qualidade verificada no mês de março do ano de 2021 de 77% para 84% referente ao mês de maio do mesmo ano, havendo um aumento de 7 pontos percentuais.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente capítulo irá retratar de forma sucinta todos os resultados, reais e estimados, apresentados ao longo do capítulo anterior, analisando o impacto no desempenho do processo produtivo da CAER.

Os impactos negativos da pandemia do COVID-19 na indústria aeroespacial criaram a necessidade de adaptação da CAER à nova realidade da indústria, tendo esta de praticar uma estratégia de redução de custos. Consequentemente, os resultados anteriormente retratados serão apresentados neste capítulo na unidade monetária euro e serão referentes à redução de custos de produção obtidos com as ações descritas neste projeto de dissertação.

De forma a quantificar os resultados obtidos na unidade monetária euro, foi calculado o custo mínimo que a empresa empregadora tem com um colaborador por hora, equivalente a 8 €/h de custo associado à mão-de-obra. A libertação de área de chão de fábrica obtida irá ser quantificada em euros tendo em conta um valor médio de 522 €/m² para os espaços comerciais ou armazéns na freguesia de Vilar do Paraíso. Este dado foi fornecido pela empresa Idealista - Sociedade Unipessoal Lda.

Relativamente à identificação, criação e simplificação de fluxos de produção, de fluxos de informação e de métodos de trabalho, o projeto de dissertação mostrou-se competente na tarefa de cumprir estes objetivos específicos. Este melhorou também as condições de trabalho e reduziu o WIP, o tempo de operação dos processos mais críticos, os custos de retrabalho e de reprodução de peças e o tempo desperdiçado com movimentações. Assim todos os objetivos específicos a que se propôs foram cumpridos. Consequentemente, pode-se constatar que o projeto aumentou o desempenho e reduziu os custos de produção dos processos produtivos mais críticos, conseguindo, desta forma, alcançar os objetivos principais a que se comprometeu inicialmente.

6.1 Resultados associados ao processo de corte

De acordo com o descrito na secção 5.1, as melhorias realizadas no processo de corte durante o projeto de dissertação permitiram alcançar resultados significativos, o que foi bastante positivo para a CAER.

O projeto que tratou a passagem do processo de corte manual para o processo de corte automático melhorou-o consideravelmente (retratado na secção 5.1.1). De forma a minimizar a variabilidade do processo, aumentar a produtividade e aumentar as condições de trabalho deste processo, transferiram-se as famílias de produtos A320 BBSS e A320 2.08 para um processo de corte automático, feito com auxílio a uma máquina CNC. Esta alteração permitiu reduzir o tempo de operação do processo de corte de um kit de venda de A320 2.08 (44 peças/kit de venda) em 1 hora e 42 minutos e reduzir o tempo

de operação do processo de corte de um kit de venda de A320 BBSS em 7 horas (18 peças/kit de venda). Como estas famílias de produtos são as que apresentam uma maior previsão de procura para o ano de 2021, é possível contabilizar um ganho anual de 2615 horas reduzidas no tempo de operação o que, multiplicado pelo custo de mão-de-obra por hora, representa 20920 €/ano.

A melhoria das condições ergonómicas exigidas pelo processo de corte, significou não só uma melhoria no bem-estar e saúde dos colaboradores, como também a eliminação da necessidade de realizar pausas contabilizadas em 73 horas anuais, representando uma redução de 584 €/ano.

O processo de corte automático tem apenas manutenção da máquina CNC, na qual o departamento de manutenção já tinha realizado um plano de manutenção. Assim sendo, as quebras na produção devido a avarias contabilizadas em 22 horas anuais foram eliminadas, representando uma redução de 176 €/ano.

A diminuição da variabilidade e o aumento da produtividade do processo permitiu libertar 54 metros quadrados de chão de fábrica que estavam ocupados pelo *buffer* de entrada no processo de corte. Os 54 metros quadrados foram posteriormente utilizados pelo processo de pintura, o que permitiu alcançar uma redução mais significativa. Esta redução irá estar retratada na secção seguinte.

A taxa de qualidade do processo de corte foi afetada positivamente com esta alteração do processo (aumentou 2,1 pontos percentuais), correspondendo a uma redução de cerca de 50 peças defeituosas produzidas por mês. Sendo que 90% destas peças são reparadas e 10% são consideradas *scrap*, a redução de custos de retrabalho associada a esta alteração do processo é de 1233 €/mês e a redução de custos associados à reprodução de uma nova peça é de 685 €/mês. A redução total com a melhoria da taxa de qualidade do processo de corte é de 23016 €/ano.

O processo de corte automático encontra-se em pleno funcionamento e já foi racionalizado, como por exemplo, com a adição de um supermercado para produto cortado, prática da metodologia 5S's e aplicação de SMED.

O supermercado permitiu eliminar a necessidade de comunicação entre o responsável de produção e o colaborador do corte, pois com o supermercado de produto cortado e a gestão visual, o colaborador consegue identificar facilmente as peças que estão em falta no mesmo, sendo essas as que tem de priorizar no processo de forma a equilibrar a quantidade de peças armazenadas no supermercado. A adição de um supermercado ao processo de corte automático permitiu eliminar cerca de 110 horas anuais desperdiçadas em esperas pela comunicação do responsável de produção que correspondem a 880 €/ano.

A introdução e a prática da metodologia dos 5S's neste processo eliminou o tempo desperdiçado que o colaborador perdia a procurar material ou ferramentas, contabilizado em cerca de 73 horas anuais correspondentes a 584 €/ano.

A aplicação de SMED na máquina CNC permitiu reduzir o tempo de *setup* interno em 54%, o que devido à elevada cadência de produção, significa uma redução de 271 horas anuais. Multiplicando as 271 horas anuais pelo indicador calculado temos uma redução de 2168 €/ano.

O processo de corte manual continua em funcionamento apenas para as famílias de produtos que ainda não se transferiram para corte automático. Estas peças têm cadências de produção mais baixas o que, neste momento não implica o fluxo contínuo de produção da CAER. Assim sendo, este processo não sofreu nenhuma alteração.

Está previsto replicar o sistema *kanban* que já se encontra em funcionamento no processo de pintura no processo de corte manual e automático. Quando este sistema for implementado prevê-se uma redução de quebras de produção quantificada em 44 horas anuais para cada processo, representando 704 €/ano.

Assim sendo, pode-se constatar que os resultados obtidos e estimados com as ações desenvolvidas e implementadas no processo de corte, durante o atual projeto de dissertação, são contabilizados em 49032 €/ano (Tabela 18).

Tabela 18 – Ganhos no processo de corte relatados no projeto de dissertação

Ação	Redução (h/ano)	Custo da mão-de-obra (€/h)	Ganho (€/ano)
Redução do tempo de operação do corte	2615	8	20920
Melhoria das condições ergonómicas	73		584
Plano de manutenção melhorado	22		176
Implementação de um supermercado	110		880
Prática da metodologia 5S's	73		584
Aplicação de SMED	271		2168
Implementação de um sistema <i>kanban</i>	88		704
Ação	Redução (peças/ano)		Custo de retrabalho (€/un.)
Redução de retrabalho de peças	540	27,4	14796
Redução de peças no <i>scrap</i>	60	137	8220
Total			49 032,00 €

6.2 Resultados associados ao processo de pintura

Tal como os resultados obtidos no processo de corte, os resultados associados ao processo de pintura também foram significativos, influenciando todo o processo produtivo a melhorar e a abraçar a filosofia *Lean* nos projetos futuros.

A libertação dos 54 metros quadrados descrita na secção anterior permitiu que o *layout* do processo de pintura fosse melhorado, o que promoveu a redução de operações de movimentação e transporte feitas pelos colaboradores. No *layout* inicial, os colaboradores ocupavam cerca de 68 minutos por dia com estas operações, o que foi reduzido para 51 minutos por dia. Esta redução do tempo ocupado com movimentações e transportes pode ser contabilizada em cerca de 62 horas anuais, o que traduz uma redução de 496 €/ano.

A alteração do *layout* do processo de pintura permitiu também a criação de fluxos produtivos contínuos e intuitivos para os colaboradores, promoveu a organização e a identificação dos postos de trabalho e libertou cerca de 100 metros quadrados de chão de fábrica. De acordo com o valor médio do custo do metro quadrado de 522 €/m² para os espaços comerciais ou armazéns na freguesia de Vilar do Paraíso referido na secção 6, é possível converter a libertação de 100 metros quadrados num ganho estimado de 52200 €.

O sistema *kanban* implementado no processo de pintura (secção 5.2.2) encontra-se em funcionamento, o que permitiu eliminar as roturas de material do *buffer* situado no processo. Consequentemente, as quebras de produção anuais, contabilizadas em 44 horas, foram eliminadas, o que traduz uma redução de custos de 352 €/ano.

Este sistema introduziu os códigos QR na CAER, o que permitiu diminuir o espaço ocupado pelos códigos de barras mais complexos e reduzir o tempo alocado a operações de abastecimento do operador logístico. A aquisição de uma pistola de leitura de códigos QR irá permitir uma redução do tempo de abastecimento da cabine de preparação em 5,5 horas anuais, o que significa uma redução de 44 €/ano.

O projeto de melhoria de eficiência e de qualidade do processo de pintura inclui várias ações que foram sendo implementadas ao longo do mesmo. Entre elas está a introdução de carimbos individuais com datadores e uma máquina de etiquetas que continha todas as informações relativas ao processo, o que permitiu reduzir cerca de 73 horas anuais com a mesma. Convertendo as 73 horas em unidades monetárias, obtemos cerca de 584 € poupados anualmente.

Os materiais utilizados na operação de isolamento das peças da família A400M-CC não permitiam que esta operação fosse eficiente. De forma a melhorar a eficiência, introduziu-se uma ferramenta auxiliar e alguns vinhos de isolamento, o que reduziu o tempo de operação de isolamento em cerca de 80 horas anuais. Convertendo para unidades monetárias significa uma redução de custos de 640 €/ano.

A aquisição de luvas anti vibração, de uma máquina orbital de preparação nova e de uma máquina triangular de preparação, permitiu melhorar as condições ergonómicas do colaborador responsável pelas operações de preparação, eliminando as quebras de produção associadas a causas ergonómicas. Esta eliminação corresponde a cerca de 146 horas anuais, o que traduz uma redução de 1168 €/ano.

A criação de um buffer para as peças que necessitam de reparação de pintura eliminou as interrupções que os inspetores realizavam aos colaboradores da pintura sempre que havia uma peça para reparar. Estas interrupções podem ser contabilizadas em cerca de 92 horas anuais, o que corresponde a 736 €/ano.

De forma a assegurar o fluxo contínuo do processo de pintura e a maior eficiência possível dos seus colaboradores, foi criado um lote que teve em consideração todos os parâmetros e requisitos deste processo. Além de melhorar a eficiência do processo, permite controlar melhor o WIP e a variabilidade do mesmo. O *standard work* permite a eliminação de 110 horas anuais desperdiçadas com esperas associadas à divulgação do plano de produção diário o que se traduz numa redução de 880 € por ano.

A aplicação da metodologia dos 5S's e a introdução de ferramentas que permitem facilitar a manutenção da organização e limpeza deste processo, reduziu o tempo desperdiçado devido a perdas de ferramentas ou material contabilizado em 73 horas anuais e reduziu o tempo ocupado com operações de limpeza do posto de trabalho contabilizado em 18 horas anuais, o que significa uma redução de 728 € anuais.

A melhor definição dos parâmetros e requisitos das operações do processo produtivo da pintura permitiu que os colaboradores melhorassem a sua eficiência e assim reduzissem os tempos das operações preparação inicial, aplicação do tapa poros e preparação do tapa poros, que correspondem a 334 horas por ano. Ao converter em unidades monetárias esta redução é quantificada em cerca de 2672 € no ano de 2021.

A secção 5.2.3 retrata ações que ainda estão em fase de análise, mas que deverão ser implementadas até ao final do ano de 2021. Estas ações têm associados reduções estimadas de 133 horas anuais, correspondentes a 1064 € por ano.

As várias ações realizadas durante o projeto de melhoria da qualidade do processo de pintura, permitiram aumentar em 7 pontos percentuais a taxa de qualidade deste processo. Tendo em conta que a previsão da procura para 2021 é de cerca de 9500 peças pintadas e que o custo de reprocesso de pintura é de cerca de 40 € por peça, é possível calcular que o aumento da taxa de qualidade observado pode ser traduzido numa redução de 26600 € por ano.

Assim sendo, pode-se constatar que os resultados obtidos e estimados com as ações desenvolvidas e implementadas no processo de pintura, durante o atual projeto de dissertação, são contabilizados em 88164 €/ano (Tabela 19).

Tabela 19 – Ganhos no processo de pintura relatados no projeto de dissertação

Ação	Ganho (h/ano)	Custo da mão-de-obra (€/h)	Ganho (€/ano)
Redução de movimentações e transportes	62	8	496
Implementação de um <i>kanban</i>	44		352
Pistola códigos QR	5,5		44
Carimbos com datadores e máquina de etiquetas	73		584
Redução do tempo de operação do isolamento	80		640
Melhoria das condições ergonómicas	146		1168
Criação de um <i>buffer</i> para as reparações	92		736
<i>Standard work</i> e definição do lote de produção	110		880
Prática da metodologia 5S's	91		728
Definição dos parâmetros e requisitos do processo	334		2672
Ações em fase de análise	133		1064
Ação	Ganho (m²)	Custo por m² (€/m²)	Ganho (€/ano)
Libertação de área de chão de fábrica	100	522	52200
Ação	Ganho (peças/ano)	Custo de retrabalho (€/un.)	Ganho (€/ano)
Redução de retrabalho de peças	665	40	26600
Total			88 164,00 €

A soma dos resultados quantificados neste capítulo, traduzem a redução total de custos associada a este projeto de dissertação. A CAER beneficiou de uma redução de custos relativa aos processos produtivos de corte e de pintura quantificada em 137196 €.

7. CONCLUSÕES

O último capítulo inclui as considerações finais do projeto e as informações fulcrais a utilizar em trabalhos futuros, encerrando o projeto de dissertação.

7.1 Considerações finais

O término do projeto de dissertação permite constatar que os objetivos definidos inicialmente foram cumpridos com sucesso. O desempenho dos processos mais críticos da CAER aumentou, pelo que assegurou o cumprimento do objetivo principal do projeto de dissertação.

Os objetivos específicos foram também cumpridos, o que permitiu aumentar o desempenho destes processos e reduzir os custos de operação dos mesmos. As melhorias realizadas aos fluxos de informação e produção, às condições de trabalho, aos níveis de WIP, aos tempos de operação, aos custos de retrabalho e reprodução de peças, aos *layouts* e aos métodos de trabalho, foram desenvolvidas e implementadas com sucesso.

O projeto de dissertação incluiu ainda as seguintes fases: demonstrar e analisar o estado atual dos processos produtivos da empresa, identificar e explicar as oportunidades de melhoria identificadas, acompanhar a implementação das melhorias efetuadas, analisar e comparar o estado atual com o estado futuro e quantificar o impacto das melhorias implementadas.

A relação entre a implementação de ferramentas *Lean* e o aumento de desempenho dos processos produtivos de uma organização inserida no ramo aeronáutico foi também reforçada. Adicionalmente, o entendimento que a CAER tinha dos princípios *Lean* foi melhorado, pois os princípios que envolvem a correta definição de valor, a eliminação de tarefas que não acrescentam valor, a racionalização das tarefas que acrescentam valor, a promoção da *Pull Production* e a procura contínua de melhorar cada vez mais, foram transmitidos de forma a serem valorizados e respeitados.

Relativamente à fase de demonstrar e analisar o estado atual dos processos produtivos, o projeto necessitou de recorrer a dados já existentes para conseguir demonstrar e identificar os processos mais críticos. Apenas após essa identificação, é que foram retirados os dados e as informações relativas aos processos mais críticos.

A obtenção dos dados e informações dos processos produtivos pode ser considerado uma dificuldade, pois existem diferenças na definição de operações que acrescentam valor. As ferramentas visuais, como o VSM, utilizadas na representação dos fluxos produtivos da CAER apenas representavam as operações

que exigem mão-de-obra. Consequentemente, para o projeto de dissertação apresentar dados e informações na ótica do produto e não na ótica da mão-de-obra, os dados e informações fornecidos pela CAER tiveram de ser convertidos e trabalhados.

A comparação entre o estado atual com o estado futuro foi apresentada através da representação de VSM e da apresentação de imagens e informações que retratam os dois estados. A representação do anterior processo produtivo da CAER foi realizada recorrendo ao VSM e este mapeamento teve de ser feito de raiz, pois não existia nenhum mapeamento deste tipo que fosse rigoroso. A apresentação de imagens revelou ser uma dificuldade devido a certos dados serem considerados confidenciais por parte da CAER.

A explicação das oportunidades de melhoria identificadas e das implementações das ações de melhoria foi realizada, não havendo nenhuma dificuldade associada. O bom funcionamento e comunicação entre os elementos do departamento de engenharia da produção permitiu que as oportunidades de melhoria fossem rapidamente identificadas e que as ações de melhoria fossem rapidamente implementadas, o que diminui a morosidade usual associada aos projetos de melhoria de processos produtivos.

A quantificação do impacto dos resultados alcançados durante o projeto foi realizada com sucesso. Para tal, foram utilizados vários indicadores, tais como: o custo mínimo por hora que a empresa empregadora tem com um colaborador, o valor médio para espaços comerciais ou armazéns na zona da CAER, o custo estimado com as reparações de defeitos de corte e de pintura e o custo médio de reprodução de um componente. A principal dificuldade associada a esta fase foi relacionar as ações de melhoria realizadas com os ganhos estimados ou reais associados ao projeto de dissertação.

A indústria aeroespacial, que inclui a CAER, foi extremamente afetada devido à pandemia do COVID-19, pelo que a estratégia da empresa teve de se adaptar rapidamente às mudanças do mercado. A necessidade da prática de uma estratégia de redução de custos levou a que os resultados apresentados neste projeto de dissertação fossem relativos à redução de custos de produção dos processos produtivos mais críticos.

Assim sendo, os resultados obtidos durante a realização do atual projeto de dissertação estão contabilizados em cerca de 49032 € para o processo de corte e cerca de 88164 € para o processo de pintura, conferindo um total de 137196 €.

No entanto, o projeto de dissertação permitiu também alcançar resultados não quantificáveis, beneficiando a CAER em termos organizacionais e estratégicos. A descentralização das decisões organizacionais e a definição de valor para o cliente ser a mesma para a gestão da organização são

exemplos de benefícios organizacionais que a CAER obteve com este projeto. O aumento da competitividade da CAER pode ser alcançado de diversas formas, mas o atual projeto de dissertação permitiu demonstrar que a correta aplicação de ferramentas *Lean* (e, conseqüentemente, a promoção de uma política e cultura *Lean* dentro da organização) é uma das formas mais consistentes de o alcançar. Estes benefícios foram obtidos através da eliminação de vários tipos de desperdícios, tais como: a sobreprodução, o sobre processamento, os defeitos, as esperas, os *stocks*, os transportes, as movimentações e o não aproveitamento do potencial humano.

Pode-se afirmar também que as fases do ciclo da metodologia Pesquisa-Ação de diagnóstico do estado atual, de desenvolvimento de ações de melhoria, de implementação das ações elaboradas, de observação, de levantamento de resultados e de reflexão perante os resultados obtidos, foram retratadas durante a realização do projeto de dissertação. Concluiu-se assim um ciclo de Pesquisa-Ação.

7.2 Trabalho futuro

O atual projeto de dissertação atuou em diversas frentes para que os principais problemas de desempenho da CAER fossem solucionados. No entanto, devido à curta duração do projeto, não foi possível resolver todos os problemas identificados.

Atualmente, os processos de pintura e de corte estão estáveis, concluindo-se que as melhorias foram implementadas com sucesso. De forma a haver um maior controlo sobre a sustentabilidade das ações de melhoria implementadas, sugere-se que sejam elaborados planos de controlo, inspeção e auditoria às mesmas. As folhas de registo, o *kamishibai* e o *gemba walk* são algumas ferramentas que podem ser aplicadas a este fim.

O desenvolvimento das melhorias que se encontram em fase de análise deverá ser contínuo para que os resultados alcançados sejam ainda mais significativos.

A promoção interna do conceito *Lean* deverá ser feita recorrendo à realização de demonstrações práticas e à formação dos colaboradores da CAER, onde são exemplificados e demonstrados ganhos internos e externos associados à prática deste conceito.

A CAER tem de continuar a aplicar e controlar a utilização de ferramentas *Lean* para conseguir eliminar de forma consistente os desperdícios identificados no seu processo produtivo e assim, poder continuar a obter benefícios operacionais, organizacionais e estratégicos.

O processo de *layup* é, neste momento, o *bottleneck* do processo produtivo da CAER. De forma a potenciar os ganhos associados aos próximos projetos de melhoria de desempenho operacional, os mesmos deverão ocorrer no processo de *layup*.

De acordo com a metodologia de investigação escolhida, deverão continuar a serem percorridas as várias fases desta metodologia, para que num futuro próximo se consiga alcançar a evolução a nível teórico e a nível prático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbadi, L. El, Elrhanimi, S., & Manti, S. El. (2020). A Literature Review on the Evolution of Lean Manufacturing. *Journal of System and Management Sciences*, 10(4), 13–30. <https://doi.org/10.33168/JSMS.2020.0402>
- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), 460–417. <https://doi.org/10.1108/17410380610662889>
- Aulakh, S. S., & Gill, J. S. (2008). Lean manufacturing- a practitioner's perspective. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1184–1188. Singapore: Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738057>
- Bortolotti, T., Boscarri, S., & Danese, P. (2015). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182–201. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.10.013>
- Chan, C. O., & Tay, H. L. (2018). Combining lean tools application in kaizen: a field study on the printing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(1), 45–65. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0197>
- Chiarini, A., Baccarani, C., & Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *The TQM Journal*, 30(4), 425–438. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2017-0178>
- Crute, V., Ward, Y., Brown, S., & Graves, A. (2003). Implementing Lean in aerospace—challenging the assumptions and understanding the challenges. *Technovation*, 23(12), 917–928. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00081-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00081-6)
- Dennis, P. (2015). Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System. In *Productivity Press* (3rd ed.).
- Dube, K., Nhamo, G., & Chikodzi, D. (2021). COVID-19 pandemic and prospects for recovery of the global aviation industry. *Journal of Air Transport Management*, 92(Article 102022), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102022>
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Eaton, M. (2013). *The Lean Practitioner's Handbook* (1st ed.). Kogan Page, Ltd.
- Gil Vilda, F., Yagüe-Fabra, J. A., & Sunyer Torrents, A. (2020). An in-plant milk-run design method for improving surface occupation and optimizing mizusumashi work time. *CIRP Annals*, 69(1), 405–408. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.03.012>
- Herr, K., & Anderson, G. L. (2014). The Action Research Dissertation: A Guide for Students and Faculty. In *The Action Research Dissertation: A Guide for Students and Faculty* (2nd ed.). SAGE Publications, Inc.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Ichikawa, H. (2009). Simulating an applied model to optimize cell production and parts supply (Mizusumashi) for laptop assembly. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*, 2272–2280. <https://doi.org/10.1109/WSC.2009.5429193>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. In *McGraw-Hill Education* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122–148. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2012-0014>
- Liker, J. K. (2004). The Toyota Way - 14 management principles the world's greatest manufacturer. In *McGraw-Hill Education* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Convis, G. L. (2011). The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence through Leadership Development. In *McGraw-Hill Education* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2005). The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. In *McGraw-Hill USA* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0 - A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.292>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (2011). Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. In *Productivity Press* (4th ed.). Productivity Press.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production & Manufacturing Research*, 1(1), 44–64. <https://doi.org/10.1080/21693277.2013.862159>
- Netland, T. H. (2016). Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2433–2448. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1096976>
- Ohno, T., & Bodek, N. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. In *Productivity Press* (1st ed.). Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Pedro José, M. J., & José, M. F. (2011). Lean production and supply chain management in the aeronautic industry. *Lean Production and Supply Chain Management in the Aeronautic Industry*, 17(1). [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60048-3](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60048-3)
- Pergher, I., Rodrigues, L. H., & Lacerda, D. P. (2011). Theoretical discussion of the concept of wastes in the Toyota Production System: Introducing the throughput logic of the Theory of Constraints. *Gestão & Produção*, 18(4), 673–686. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000400001>
- Phil, L. (2018). The Toyota Template: The Plan for Just-in-Time and Culture Change Beyond Lean Tools. In *The Toyota Template* (1st ed.). Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781351263726>
- Rich, N., Bateman, N., Esain, A., Massey, L., & Samuel, D. (2012). Lean Evolution: Lessons from the Workplace. In *Cambridge University Press* (1st ed.). Cambridge University Press.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA. In *Lean Enterprise Institute* (1st ed.). Lean Enterprise Institute.
- Santosa, W. A., & Sugarindra, M. (2018). Implementation of lean manufacturing to reduce waste in production line with value stream mapping approach and Kaizen in division sanding upright piano, case study in: PT. X. *MATEC Web of Conferences*, 154, Article 01095. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201815401095>
- Shingo, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. In *Productivity Press* (1st ed.). Productivity Press.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System* (1st ed.). Routledge.
- Shingo, S. (1989). A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint. In *Productivity Press* (1st ed.). Productivity Press.
- Simões, V. (2008). *Critical Factors of Lean Implementation in Manufacturing Environments*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- Smith, A., & Thangarajoo, Y. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering & Management*, 04(02), Article 1000159. <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Soliman, M., & Saurin, T. A. (2020). Lean-as-imagined differs from lean-as-done: the influence of complexity. *Production Planning & Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1843729>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated. In *Free Press* (2nd ed.). Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World. In *Free Press* (1st ed.). Free Press.

APÊNDICE 1 – VSM DO PROCESSO PRODUTIVO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS A320 2.08

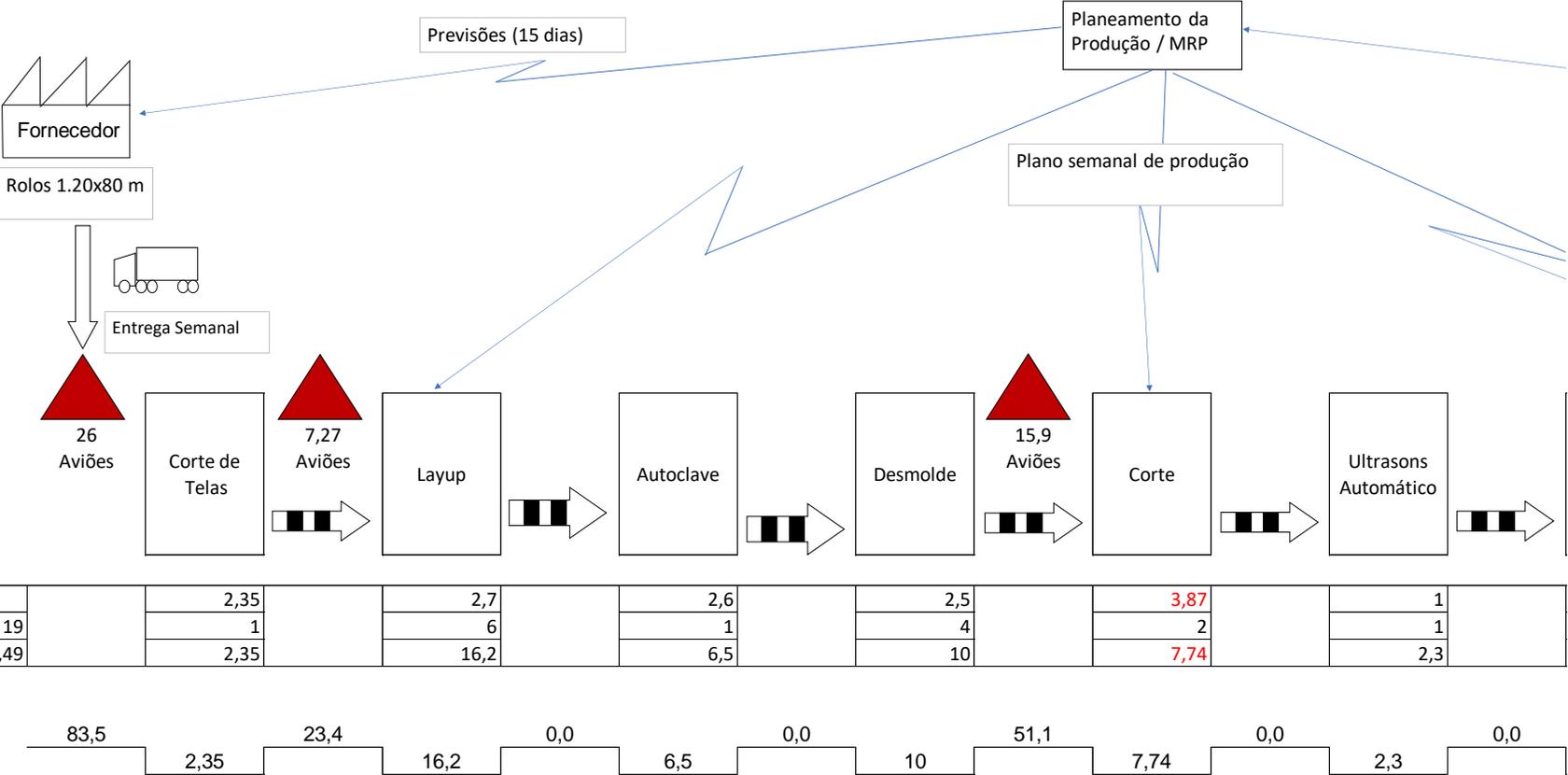


Figura 51 – VSM do processo produtivo da familia de produtos A320 2.08

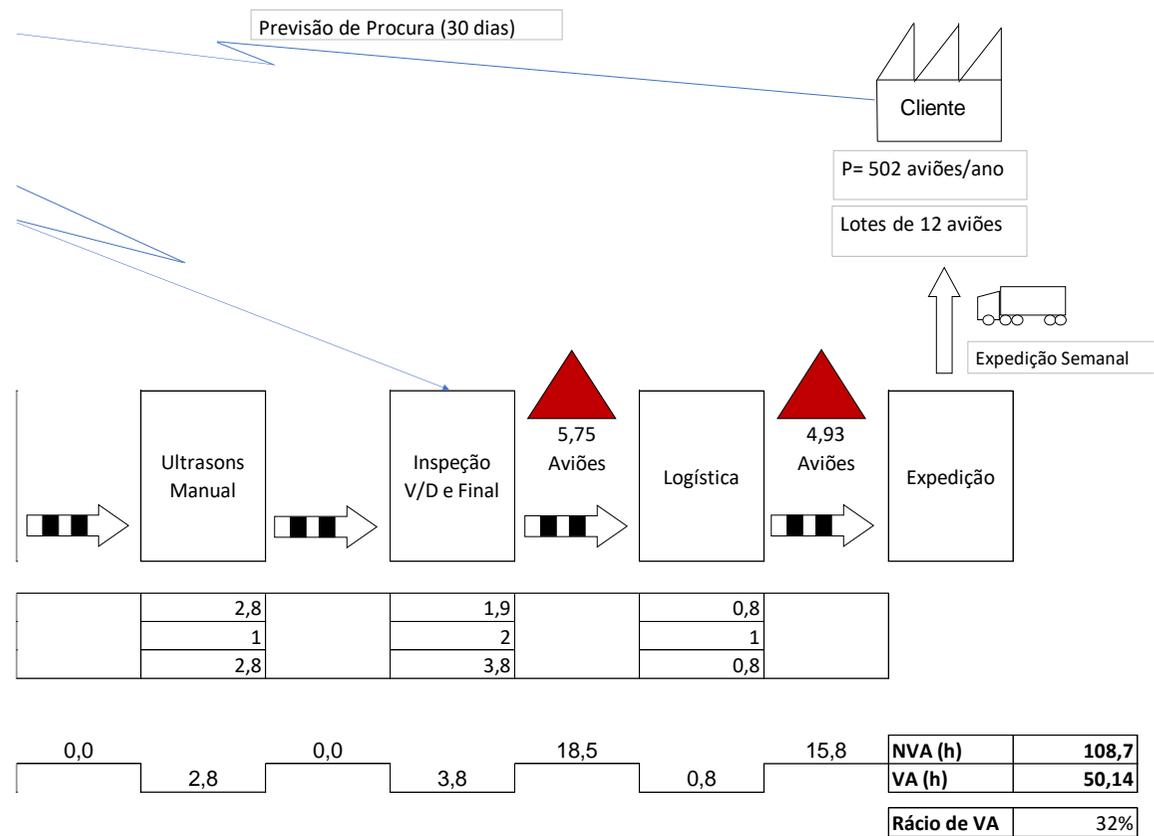


Figura 52 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 2.08 (continuação)

APÊNDICE 2 – VSM DO PROCESSO PRODUTIVO DA FAMÍLIA DE PRODUTOS A320 BBSS

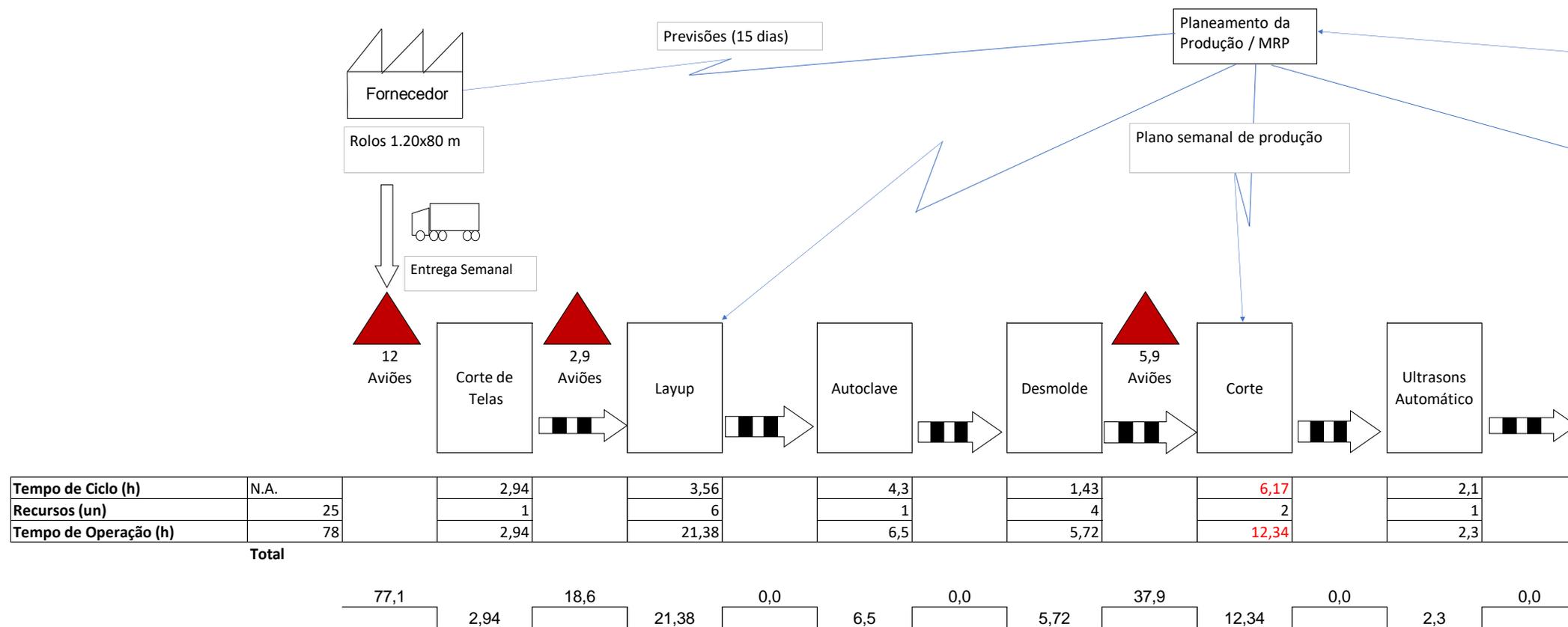


Figura 53 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 BBSS

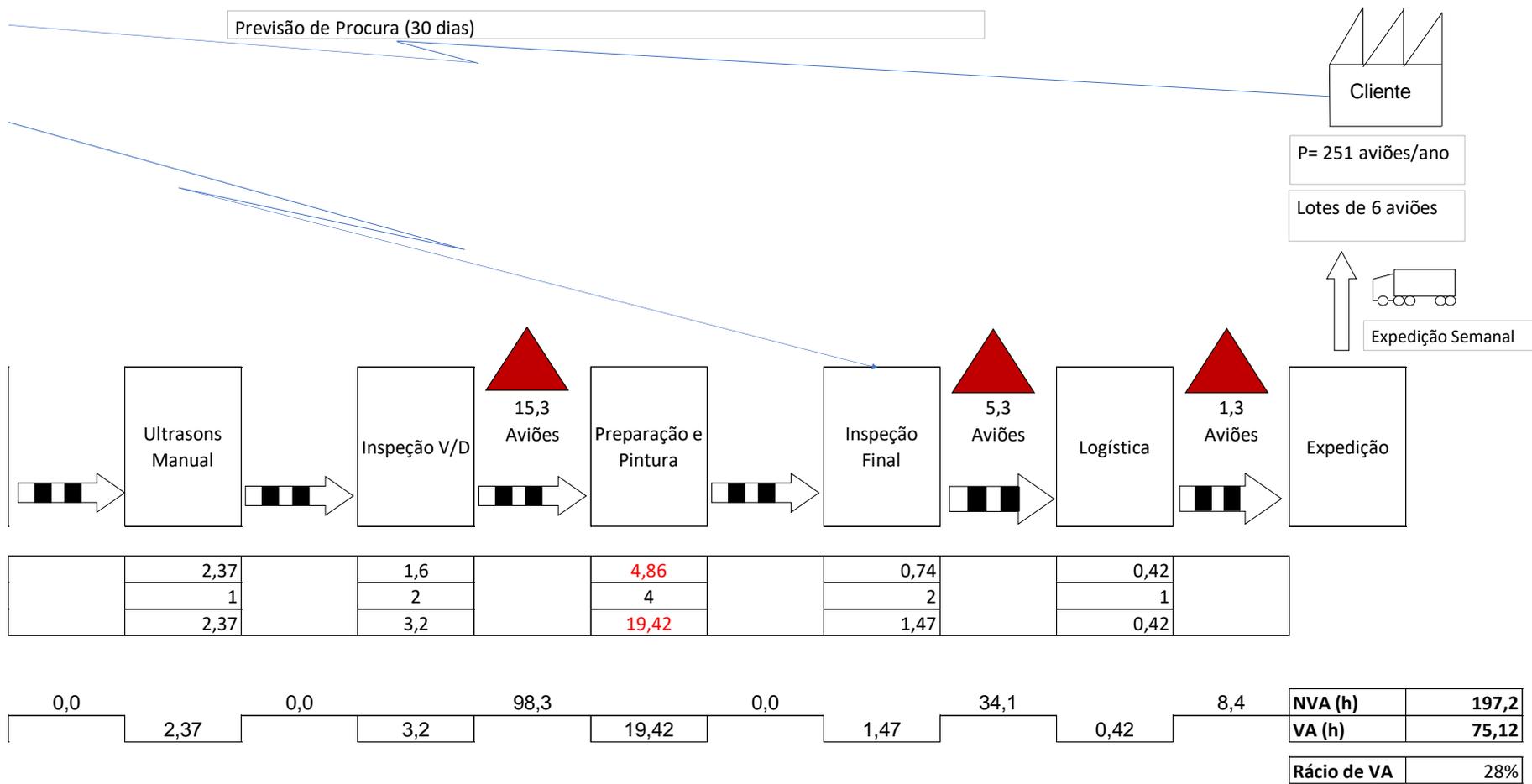


Figura 54 – VSM do processo produtivo da família de produtos A320 BBSS (continuação)

APÊNDICE 3 – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DO PRODUTO 1 DA FAMÍLIA DE PRODUTOS A400M-CC

Produto 1							
Ordem	Operações	Transporte	Stock	Tempo (h)	Operação	C.T.	Soma Tempos (h)
1		X		N.A.	Recebe matéria-prima do fornecedor	Corte Telas	0,0
2			X	N.A.	Armazena no armazém de matéria-prima		
3		X		N.A.	Requisição de MP para a produção de A400M-CC		
4		X		N.A.	Verificação e requisição do molde para a produção do A400M-CC	Layup	38,9
5	X			11,3	Aplicação de plies antes do núcleo		
6	X			0,9	Preparação do núcleo estabilizado		
7	X			26,7	Aplicação de plies depois do núcleo		
8	X			N.A.	Realizar saco de vácuo		
9	X			N.A.	Verificação do saco de vácuo		
10		X		0,1	Preparar e carregar Autoclave	Autoclave	0,8
11	X			0,6	Curar em Autoclave		
12		X		0,1	Retirar do Autoclave		
13	X			0,3	Desmoldar	Desmolde	0,9
14	X			0,6	Verificação do produto		
15		X		0,1	Embalagem e envio a subcontratado para corte e furação	Corte	0,6
16	X			0,5	Verificação do produto		
17		X		N.A.	Transporte		

Figura 55 – Diagrama de sequência do produto 1 da família de produtos A400M-CC

18	X			0,3	Aplicação de selante	Pintura	2,9
19	X			0,3	Verificação do produto		
20	X			N.A.	Mascaramento		
21	X			0,3	Preparação de superfície		
22	X			0,6	Aplicar flash		
23	X			0,2	Aplicar tapaporos		
24	X			0,1	Aplicar Primário		
25	X			N.A.	Remover mascaramento		
26	X			0,2	Verificação do produto		
27	X			N.A.	Preparação de superfície tedlar		
28	X			0,6	Aplicar pintura antifricção		
29	X			N.A.	Remover mascaramento		
30	X			0,5	Verificação do produto		
31		X		N.A.	Transporte	Logística	0,2
32		X		0,2	Embalagem e expedição		

Figura 56 – Diagrama de sequência produto 1 da família de produtos A400M-CC (continuação)

APÊNDICE 4 – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DO PRODUTO 2 DA FAMÍLIA DE PRODUTOS A400M-CC

Produto 2							
Ordem	Operações	Transporte	Stock	Tempo (h)	Operação	C.T.	Soma Tempos (h)
1		X		N.A.	Recebe matéria-prima do fornecedor	Corte Telas	0,0
2			X	N.A.	Armazena no armazém de matéria-prima		
3		X		N.A.	Requisição de MP para a produção de A400M-CC		
4		X		N.A.	Verificação e requisição do molde para a produção do A400M-CC	Layup	29,4
5	X			13,3	Aplicação de plies antes do núcleo		
6	X			0,7	Preparação do núcleo estabilizado		
7	X			15,5	Aplicação de plies depois do núcleo		
8	X			N.A.	Realizar saco de vácuo		
9	X			N.A.	Verificação do saco de vácuo	Autoclave	0,8
10		X		0,1	Preparar e carregar Autoclave		
11	X			0,6	Curar em Autoclave		
12		X		0,1	Retirar do Autoclave	Desmolde	0,9
13	X			0,3	Desmoldar		
14	X			0,6	Verificação do produto	Corte	0,6
15		X		0,1	Embalagem e envio a subcontratado para corte e furação		
16	X			0,5	Verificação do produto		
17		X		N.A.	Transporte		

Figura 57 – Diagrama de sequência do produto 2 da família de produtos A400M-CC

18	X			0,5	Aplicação de selante	Pintura	4,7
19	X			0,3	Verificação do produto		
20	X			N.A.	Mascaramento		
21	X			0,3	Preparação de superfície		
22	X			0,8	Aplicar flash		
23	X			1,1	Aplicar tapaporos		
24	X			0,6	Aplicar Primário		
25	X			N.A.	Remover mascaramento		
26	X			0,1	Verificação do produto		
27	X			N.A.	Preparação de superfície tedlar		
28	X			0,6	Aplicar pintura antifricção		
29	X			N.A.	Remover mascaramento		
30	X			0,5	Verificação do produto		
31		X		N.A.	Transporte	Logística	0,2
32		X		0,2	Embalagem e expedição		

Figura 58 – Diagrama de seqüência do produto 2 da família de produtos A400M-CC (continuação)

APÊNDICE 5 – DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA DO PRODUTO 3 DA FAMÍLIA DE PRODUTOS A400M-CC

Produto 3							
Ordem	Operações	Transporte	Stock	Tempo (h)	Operação	C.T.	Soma Tempos (h)
1		X		N.A.	Recebe matéria-prima do fornecedor	Corte Telas	0,0
2			X	N.A.	Armazena no armazém de matéria-prima		
3		X		N.A.	Requisição de MP para a produção de A400M-CC		
4		X		N.A.	Verificação e requisição do molde para a produção do A400M-CC	Layup	23,8
5	X			23,8	Aplicação de plies		
6	X						
7	X						
8	X			N.A.	Realizar saco de vácuo		
9	X			N.A.	Verificação do saco de vácuo		
10		X		0,3	Preparar e carregar Autoclave	Autoclave	1,3
11	X			0,6	Curar em Autoclave		
12		X		0,3	Retirar do Autoclave		
13	X			0,4	Desmoldar	Desmolde	1,0
14	X			0,6	Verificação do produto		
15		X		0,1	Embalagem e envio a subcontratado para corte e furação	Corte	0,6
16	X			0,5	Verificação do produto		
17		X		N.A.	Transporte		

Figura 59 – Diagrama de sequência do produto 3 da família de produtos A400M-CC

18	X			1,0	Aplicação de selante	Pintura	8,2
19	X			0,3	Verificação do produto		
20	X			N.A.	Mascaramento		
21	X			0,7	Preparação de superfície		
22	X			1,6	Aplicar flash		
23	X			3,0	Aplicar tapaporos		
24	X			1,6	Aplicar Primário		
25	X			N.A.	Remover mascaramento		
26	X			0,2	Verificação do produto		
27		X		N.A.	Transporte	Logística	0,2
28		X		0,2	Embalagem e expedição		

Figura 60 – Diagrama de seqüência do produto 3 da família de produtos A400M-CC (continuação)

APÊNDICE 6 – STANDARD WORK DO COLABORADOR DO CORTE AUTOMÁTICO

Tabela 20 – *Standard work* do processo de corte automático A320 2.08

Nº	Standard work A320 2.08 Corte Automático	Tempo (s)
1	Pickar e verificar peça 3	15
2	Fechar vácuo + Retirar peça 1 + Limpar MAP	15
2	Colocar peça 2 + Abrir vácuo + Confirmar verde	15
3	Limpar peça 1 com ar e pano	25
3	Dar acabamento scotch peça 1	30
3	Inspeção V/D	60
3	Carimbar OP da peça 1	22
4	Colocar peça 1 na estante	15

Tabela 21 – *Standard work* do processo de corte automático A320 BBSS

Nº	Standard work A320 BBSS Corte Automático	Tempo (s)
1	Pickar e verificar peça 3	15
2	Fechar vácuo + Remover parafusos	40
2	Retirar peça 1 + Limpar MAP	35
2	Colocar peça 2 + Abrir vácuo + Confirmar verde	20
3	Limpar peça 1 com ar e pano	25
3	Dar acabamento scotch peça 1	30
2	Limpar peça 2 + Colocar parafusos + Confirmar verde	65
3	Inspeção V/D	60
3	Carimbar OP da peça 1	22
4	Colocar peça 1 na estante	15