



ELIMINAÇÃO DE MANIPULAÇÕES ENTRE OPERAÇÕES NUMA EMPRESA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

FRANCISCO ANTÓNIO PIRES NETO

julho de 2019

ELIMINAÇÃO DE MANIPULAÇÕES ENTRE OPERAÇÕES NUMA EMPRESA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Francisco António Pires Neto
1130727

2018/2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ELIMINAÇÃO DE MANIPULAÇÕES ENTRE OPERAÇÕES NUMA EMPRESA DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Francisco António Pires Neto
1130727

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2018/2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Maria de Fátima de Almeida Ferreira

Professor Adjunto Convidado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico do Porto

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Renault Cacia, pela oportunidade que me deu para realizar o estágio curricular, que em muito contribuiu para o meu crescimento como profissional e como pessoa. Em especial ao meu orientador, o Engenheiro João Merendeiro, por todos os ensinamentos transmitidos.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e ao seu corpo docente, por todo conhecimento transmitido e por todas as vivências académicas que me proporcionou.

Ao Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva e ao Professor Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, pela orientação prestada ao longo deste projeto.

Aos meus amigos e à minha namorada, que me apoiam em todas as etapas do meu percurso pessoal, académico e profissional.

À minha família, em especial aos meus pais, por todos os valores transmitidos na minha educação e por todas as oportunidades que me permitem experienciar.

PALAVRAS CHAVE

Desperdício, Melhoria contínua, Manipulações, Embalagens

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial, num contexto empresarial, através de um estágio curricular na empresa Renault Cacia S.A., e tem como principal objetivo a eliminação do número de manipulações entre operações do processo produtivo.

A identificação e eliminação do desperdício (*muda*), existente nas atividades de uma organização, permite a redução de custos e a melhoria do rendimento operacional. Daí a empresa sentir a necessidade de estudar ações para a eliminação do desperdício, como é o caso do excesso de manipulações existentes, em muito associado às características das embalagens utilizadas para o transporte de peças. Sendo assim, a melhoria do processo é realizada através do estudo e desenvolvimento de novas embalagens adequadas ao processo.

Numa primeira fase, foi necessário compreender profundamente o funcionamento do processo produtivo, analisando todos os seus pormenores, para dessa forma melhor desenvolver as embalagens. Consequentemente, foram elaboradas diferentes propostas, possibilitando melhorar o processo produtivo e as metodologias de trabalho, através da eliminação do número de manipulações.

As embalagens desenvolvidas neste trabalho permitem assim a redução do número de manipulações, em 30%, cumprindo o objetivo inicial traçado. Ainda associado a este estudo, encontram-se os vários ganhos: redução do espaço necessário para armazenamento das embalagens em 8%, redução da quantidade total de embalagens em 22% e da sua diversidade em 50% e, ainda, a eliminação do uso de cestos para o transporte e acondicionamento de peças, um dos principais pontos fracos do processo atual.

KEYWORDS

Waste, Continuous Improvement, Material handling, Packaging

ABSTRACT

The current project was developed as part of the Master in Mechanical Engineering, in the Industrial Management area, in an industrial context of an internship in Renault Cacia S.A., and the main objective is to eliminate the number of material handlings executed between operations of the productive process.

The identification and elimination of waste (muda), present in the activities of an organization, allows the reduction of costs and the increase of productivity. This way the company feels the need to study actions to eliminate waste, as is the case of the excess of material handling, usually associated with the characteristics of the packages used to transport parts. Therefore, the improvement of the process is carried out through the study and development of new packaging solutions appropriated to the process.

As a first step, it was necessary to have a deep understanding of the production process by analyzing all its details, in order to better develop the packaging solutions. Consequently, different proposals were made, making it possible to improve the productive process and the working methodologies, by eliminating the number of times that parts are handled.

The developed packages allow the reduction of the number of material handlings in 30%, fulfilling the initial objective. Also associated with this study are other improvements: reduction of the area required for storage the packages by 8%, reduction of the total number of packages by 22% and their diversity by 50%, and removal of small baskets for the packaging and transportation of parts, one of the main weaknesses of the current process.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke</i>
AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
AP	Árvore Primária
AS	Árvore Secundária
ASH	<i>Arbre Secondaire Haut</i>
CM	Componentes Mecânicos
CV	Caixa de Velocidades
PfX	Pinhão Fixo
PL	Pinhão Louco
Qtd.	Quantidade
TPS	<i>Toyota Production System</i>

Lista de Unidades

h	Hora
m	Metro
m ²	Metro quadrado
mm	Milímetro
min.	Minuto
kg	Quilograma

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Brainstorming</i>	Exposição de diferentes ideias
Desempeno	Processo de nivelção / eliminação do empeno
Embalagem	Recipiente ou estrutura para armazenar produtos
<i>Feedback</i>	O retorno ou opinião sobre um determinado assunto
Fosfatação	Tratamento químico superficial
Granalhagem	Processo de tratamento superficial através da projeção de pequenas esferas metálicas
<i>O'ring</i>	Vedante em forma de anel
<i>Payback</i>	Retorno de um investimento
Ponte de carga	Equipamento de elevação e transporte de cargas
Rastreabilidade	Informação relativa à localização de um produto na sua cadeia produtiva
Retificação	Maquinação de acabamento
<i>Standard</i>	Quando algo segue uma determinada norma ou modelo

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CINCO PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA <i>LEAN</i> (ADAPTADO DE SMITH & THANGARAJOO, 2015)	30
FIGURA 2 - A CASA TPS (ADAPTADO DE LIKER, 2004)	31
FIGURA 3 - METODOLOGIA 5S.....	34
FIGURA 4 - SIMBOLOGIA DAS ATIVIDADES DE UM DIAGRAMA DE PROCESSO (RETIRADO DE ÁVILA & CAVACO, 2010)	35
FIGURA 5 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE FLUXO (ADAPTADO DE PEINADO & GRAEML, 2007)	36
FIGURA 6 - VISTA AÉREA DA FÁBRICA RENAULT CACIA (RENAULT, 2017)	39
FIGURA 7 - CAIXA DE VELOCIDADES ND, BOMBAS DE ÓLEO E ÁRVORE DE EQUILIBRAGEM (DA ESQUERDA PARA A DIREITA)	40
FIGURA 8 - CAIXA DE VELOCIDADES JR (À ESQUERDA) E CAIXA DE VELOCIDADES JT4 (À DIREITA)	40
FIGURA 9 - EXEMPLO DE ÁRVORES (À ESQUERDA) E PINHÕES (À DIREITA).....	41
FIGURA 10 - ETAPAS DA PRODUÇÃO MECÂNICA (ADAPTADO DE RENAULT CACIA, 2014).....	41
FIGURA 11 - SEQUÊNCIA DE FABRICO JR	43
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE <i>SPAGHETTI</i> DOS FLUXOS ENTRE OPERAÇÕES CV JR	44
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA AP JR.....	45
FIGURA 14 - EMBALAGENS PARA A PEÇA AP JR. DA ESQUERDA PARA A DIREITA: EM_1, EM_2 E EM_3..	45
FIGURA 15 - CESTO PARA AP JR (À ESQUERDA), PEÇA INCORRETAMENTE ACONDICIONADA (AO CENTRO) E MANIPULAÇÃO DE CESTO PARA O DESCARREGAMENTO DE EM_2 (À DIREITA)	46
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA AS JR	46
FIGURA 17 - EMBALAGENS AS JR. DA ESQUERDA PARA A DIREITA: EM_4, EM_5 E EM_6	47
FIGURA 18 - DIAGRAMA DE FLUXO DAS PEÇAS PL1 E PL2 JR	48
FIGURA 19 - EMBALAGEM PL1 E PL2 JR.....	48
FIGURA 20 - DIAGRAMA DE FLUXO DAS PEÇAS PL3 JR E PL4 JR	48
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA PL5 JR	49
FIGURA 22 - EMBALAGENS DE PL3, PL4 E PL5 JR.....	49
FIGURA 23 - CESTO PARA PL3 / PL4 (À ESQUERDA) E CESTO PARA PL5 (À DIREITA).....	49
FIGURA 24 - MONTAGEM PARA A FOSFATAÇÃO DE PFX5 (À ESQUERDA), PFX5 COM <i>O'RING</i> (AO CENTRO) E EMBALAGEM EM_10 (À DIREITA)	50
FIGURA 25 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA PFX5 JR, INCLUINDO O CARREGAMENTO E DESCARREGAMENTO DAS MONTAGENS ESPECÍFICAS DA PEÇA, DESTACADOS A ROSA ESBATIDO.	51
FIGURA 26 - QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES ASSOCIADA A CADA PEÇA - CV JR	54
FIGURA 27 - TOTAL DE MANIPULAÇÕES DO PROCESSO CV JR	54
FIGURA 28 - SEQUÊNCIA DE FABRICO DAS PEÇAS PARA JT4.....	56
FIGURA 29 - VISTA FRONTAL EMBALAGEM FN_1 (À ESQUERDA) E VISTA DE TOPO (À DIREITA)	57
FIGURA 30 - DETALHE DA EMBALAGEM EM_5 (À ESQUERDA E AO CENTRO); DEMONSTRAÇÃO DA MUDANÇA DE ALTURA DA ESTRUTURA DA EMBALAGEM EM_5 PARA AS JR (À DIREITA)	57
FIGURA 31 - DISTRIBUIÇÃO DE 170 PEÇAS (À ESQUERDA) E 181 PEÇAS (À DIREITA).....	58

FIGURA 32 - PROTÓTIPO PARA ENSAIO DA DIMENSÃO DOS PINOS	59
FIGURA 33 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA AP JT4	59
FIGURA 34 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA AS JT4	59
FIGURA 35 - REPRESENTAÇÃO DA EMBALAGEM FN_2	60
FIGURA 36 - BASE ROLANTE (À ESQUERDA) E DETALHE DA EMBALAGEM EM_4 (À DIREITA)	60
FIGURA 37 - DISTRIBUIÇÃO DE 165 PEÇAS (À ESQUERDA) E 189 PEÇAS (À DIREITA).....	61
FIGURA 38 - DIMENSIONAMENTO DA PLACA PARA FN_2.....	61
FIGURA 39 - IMAGENS DO ENSAIO DA ALTURA E ÂNGULO DA PLACA.....	62
FIGURA 40 - DIAGRAMA DE FLUXO DA PEÇA ASH JT4.....	62
FIGURA 41 - REPRESENTAÇÃO DA EMBALAGEM FN_3	62
FIGURA 42 - EMBALAGEM DE EXEMPLO/PRINCÍPIO PARA FN_3	63
FIGURA 43 - DISTRIBUIÇÃO DE 25 COLUNAS (À ESQUERDA) E DE 20 COLUNAS (À DIREITA).....	63
FIGURA 44 - DIAGRAMA DE FLUXO DAS PEÇAS PL2, PFX3, PFX4, PFX5 JT4	65
FIGURA 45 - REPRESENTAÇÕES DA EMBALAGEM FN_4.....	65
FIGURA 46 - DETALHE DA ESTRUTURA DE SUPORTE PARA PL1 E PLMAR	66
FIGURA 47 - EMBALAGEM FN_4.1, VISTA FRONTAL (À ESQUERDA); VISTA LATERAL COM ESTRUTURA FECHADA (AO CENTRO) E COM ESTRUTURA ABERTA (À DIREITA)	67
FIGURA 48 - DETALHE DA ESTRUTURA PARA PL3, PL4, PL5, PL6 E PFX6	67
FIGURA 49 - EMBALAGEM FN_4.1, VISTA FRONTAL (À ESQUERDA); VISTA LATERAL COM ESTRUTURA FECHADA (AO CENTRO) E COM ESTRUTURA ABERTA (À DIREITA)	68
FIGURA 50 - DIAGRAMA DE FLUXO DAS PEÇAS PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR E PFX6 JT4	68
FIGURA 51 - <i>STANDARD</i> DE 3 EMBALAGENS (ADAPTADO DE RENAULT, 2017)	69
FIGURA 52 - QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES ASSOCIADAS ÀS EMBALAGENS DESENVOLVIDAS	71
FIGURA 53 - ANTES E DEPOIS DA QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES NO PROCESSO PRODUTIVO.....	72
FIGURA 54 - ANTES E DEPOIS DA QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES PARA PINHÕES	73
FIGURA 55 - ANTES E DEPOIS DA QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES PARA AP E AS	73
FIGURA 56 - SÍNTESE DAS ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - COMPONENTES CV JR	43
TABELA 2 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR EMBALAGEM PARA AP JR.....	45
TABELA 3 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR EMBALAGEM PARA AS JR.....	47
TABELA 4 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR EMBALAGEM PARA PL2, PL4, PL4 JR.....	49
TABELA 5 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR EMBALAGEM PARA PFX5 JR.....	51
TABELA 6 - SÍNTESE DAS EMBALAGENS UTILIZADAS PARA O TRANSPORTE DAS PEÇAS DA CV JR	52
TABELA 7 - QUANTIDADE E ÁREA OCUPADA PELAS EMBALAGENS PARA A CV JR	53
TABELA 8 - COMPONENTES CV JT4.....	55
TABELA 9 - DIVISÃO DAS PEÇAS POR GRUPOS	56
TABELA 10 - QUANTIDADE MÁXIMA DAS PEÇAS AP E AS JT4	58
TABELA 11 - QUANTIDADE MÁXIMA DE PEÇAS POR COLUNA	64
TABELA 12 - QUANTIDADE DE PEÇAS PROVENIENTES DO TRATAMENTO TÉRMICO	64
TABELA 13 - QUANTIDADES DE PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR E PFX6 NA EMBALAGEM.....	66
TABELA 14 - QUANTIDADE DE PEÇAS POR PATAMAR	68
TABELA 15 - QUANTIDADE DE EMBALAGENS.....	69
TABELA 16 - ÁREA OCUPADA PELAS EMBALAGENS	70
TABELA 17 - SÍNTESE EMBALAGENS DESENVOLVIDAS	70
TABELA 18 - CUSTOS DAS EMBALAGENS DESENVOLVIDAS.....	71
TABELA 19 - QUANTIDADE DE MANIPULAÇÕES JT4 USANDO O PRINCÍPIO DE EMBALAGENS JR.....	74
TABELA 20 - QUANTIDADES DE CARGAS E MANIPULAÇÕES POR TURNO.....	75
TABELA 21 - CÁLCULO DOS GASTOS EM MANIPULAÇÕES	76

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Enquadramento do projeto e principais objetivos	25
1.2	Metodologia	25
1.3	Estrutura da dissertação	26
1.4	A empresa de acolhimento – <i>Renault Cacia S.A.</i>	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1	Filosofia <i>Lean</i>	29
2.1.1	<i>Toyota Production System</i>	30
2.1.2	O valor e o desperdício.....	31
2.1.2.1	Manipulações (<i>material handling</i>)	32
2.1.3	Ferramentas <i>Lean</i>	32
2.1.3.1	<i>Kaizen</i> / melhoria contínua.....	32
2.1.3.2	Padronização.....	33
2.1.3.3	5S	33
2.1.3.4	<i>Value Stream Mapping</i>	34
2.1.3.5	Diagrama de <i>Spaghetti</i>	34
2.2	Diagrama de processo.....	35
3	DESENVOLVIMENTO.....	39
3.1	Grupo <i>Renault</i>	39
3.2	<i>Renault Cacia S.A.</i>	39
3.3	Processo produtivo	41
3.3.1	Caracterização das manipulações do processo produtivo	42
3.4	Descrição do processo produtivo da caixa de velocidades JR	42
3.4.1	Árvore Primária JR.....	45
3.4.2	Árvore Secundária JR.....	46
3.4.3	Pinhão Louco de 1ª e Pinhão Louco de 2ª.....	47
3.4.4	Pinhões Loucos de 3ª, 4ª e 5ª.....	48
3.4.5	Pinhão Fixo de 5ª.....	50

3.5	Síntese da situação atual.....	52
3.5.1	Embalagens utilizadas	52
3.5.2	Síntese da quantidade de embalagens e da área ocupada	53
3.5.3	Síntese das manipulações do processo atual	54
3.6	Estudo desenvolvido	55
3.6.1	Dados de entrada	55
3.6.2	Fluxos / sequência de fabrico	55
3.6.3	Desenvolvimento das embalagens.....	56
3.6.4	Embalagem FN_1.....	57
3.6.4.1	Dimensionamento da embalagem.....	57
3.6.4.2	Manipulações associadas.....	59
3.6.5	Embalagem FN_2.....	60
3.6.5.1	Dimensionamento da embalagem.....	60
3.6.5.2	Manipulações associadas.....	62
3.6.6	Embalagem FN_3.....	62
3.6.6.1	Dimensionamento da embalagem.....	63
3.6.6.2	Manipulações associadas.....	64
3.6.7	Embalagem FN_4.....	65
3.6.7.1	Dimensionamento da embalagem.....	65
3.6.7.2	Dimensionamento da embalagem FN_4.1	66
3.6.7.3	Dimensionamento da embalagem FN_4.2	67
3.6.7.4	Manipulações associadas.....	68
3.6.8	Cálculo das quantidades de embalagens necessárias	69
3.7	Síntese do estudo desenvolvido	70
3.7.1	Síntese das embalagens desenvolvidas.....	70
3.7.2	Síntese das manipulações associadas às embalagens desenvolvidas	71
3.7.3	Custos associados.....	71
3.8	Análise e comparação dos resultados.....	72
3.9	Análise do retorno financeiro	74
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	79
4.1	Conclusões	79
4.2	Proposta de trabalhos futuros	80
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	83

INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento do projeto e principais objetivos
 - 1.2 Metodologia
 - 1.3 Estrutura da dissertação
- 1.4 A empresa de acolhimento – Renault Cacia S.A.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do projeto e principais objetivos

A indústria automóvel é uma das mais competitivas e desafiantes indústrias, nas quais se integram várias marcas e vários grupos multimarca, que competem entre si para dominar o setor. Para isso, é necessário produzir veículos com qualidade e a preços competitivos, de maneira a satisfazer os clientes.

Para se manterem competitivas, as empresas desenvolvem novos produtos e aplicam constantes melhorias nos seus processos produtivos, de maneira a aumentar o desempenho e a reduzir os custos dos mesmos. Como tal, a empresa Renault Cacia encontra-se constantemente em desenvolvimento de novos projetos para garantir um futuro competitivo e sustentável da fábrica.

Com a industrialização de um novo produto que apresenta peças de diferentes características, foram identificadas várias oportunidades de melhoria das atividades do processo produtivo. Uma delas, sendo o objetivo principal deste trabalho, prende-se com a redução do número de manipulações entre as operações de Granalhagem, Desempeno, Fosfatação e Retificação.

Pretende-se assim, através do estudo e desenvolvimento de embalagens para o transporte de peças entre operações, obter um número de manipulações reduzido, o qual se deverá refletir no aumento da produtividade e da disponibilidade dos operadores, e na maior fluidez dos fluxos e das tarefas fabris.

Sendo assim, destacam-se os principais objetivos deste projeto:

- Desenvolvimento de embalagens que minimizem o número de manipulações entre operações e que anulem os pontos duros existentes no processo atual;
- Diminuição da área utilizada para o armazenamento de embalagens;
- Redução da diversidade de embalagens e compatibilização das mesmas com o maior número de peças.

1.2 Metodologia

Este projeto iniciou-se com duas etapas fundamentais:

- Revisão bibliográfica dos temas abordados na parte prática do projeto;
- Observação e compreensão dos processos produtivos e de todas as atividades inerentes, como os fluxos e as metodologias de trabalho.

Após compreendidos os diferentes pormenores ligados aos processos produtivos atuais, prosseguiu-se com a seguinte metodologia:

- Estudo dos objetivos e dos dados de entrada do projeto de melhoria;
- Análise das embalagens e manipulações existentes no processo atual, recolhendo diferentes *feedbacks* sobre as mesmas;
- *Brainstorming* e discussão de possíveis ideias para as novas embalagens;
- Desenvolvimento de novas embalagens para o transporte de peças, definindo as suas dimensões e características, consoante as limitações impostas;
- Comparação do estado atual com o proposto, verificando se todos os objetivos pretendidos foram cumpridos;
- Formulação das conclusões retiradas do estudo desenvolvido e dos trabalhos futuros que podem vir a ser realizados.

Durante a fase de desenvolvimento das embalagens, foram elaboradas diversas reuniões e ensaios para a análise e validação das soluções propostas.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos. Este primeiro capítulo apresenta o enquadramento do projeto e os objetivos pretendidos com o mesmo, a metodologia seguida e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica das metodologias aplicadas na componente prática do projeto.

O terceiro capítulo está dividido em três grandes subcapítulos, o primeiro dedicado ao retrato do processo produtivo atual, o segundo ao desenvolvimento efetuado e um último à análise e comparação dos resultados obtidos.

No quarto capítulo, estão apresentadas as conclusões do projeto e propostas de trabalhos futuros relacionados com o estudo desenvolvido.

1.4 A empresa de acolhimento – Renault Cacia S.A.

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial, no contexto de um estágio curricular no departamento de projeto da empresa Renault Cacia S.A., situada na zona industrial de Cacia, no distrito de Aveiro.

A fábrica é produtora de órgãos e componentes para a indústria automóvel e, de maneira a conservar os bons princípios de funcionamento, tem implementados os Sistemas de Gestão da Qualidade e de Gestão Ambiental, certificados pelas normas NP EN ISO 9001:2015 (desde 1995) e NP EN ISO 14001:2015 (desde 2000).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Filosofia *Lean*

2.2 Diagrama de Processo

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serve o presente capítulo de enquadramento das principais metodologias e conceitos utilizados na parte prática desta dissertação. Será abordada a Filosofia *Lean* e os seus princípios, destacando a sua origem, o *Toyota Production System* (TPS), os aspetos do valor e do desperdício, e ainda abordadas as ferramentas *Kaizen*, a Padronização, os 5S, o *Value Stream Mapping* e o Diagrama de *Spaghetti*. Por fim, serão ainda destacados os aspetos mais relevantes sobre o diagrama de processo.

2.1 Filosofia *Lean*

Uma Filosofia *Lean*, em poucas palavras, pode ser definida como fazer mais com menos (Womack & Jones, 2003). Porém, outros autores apresentam diferentes interpretações desta filosofia, como é o caso de Dailey (2003) e de Wilson (2010), definindo-a como o grupo de estratégias para identificar e eliminar o desperdício dentro dos processos produtivos, sendo que Stephens & Meyers (2013) destacam ainda a necessidade do trabalho em equipa para a eliminação desses desperdícios.

“Lean as a concept has evolved over time, and will continue to do so.”
(Hines et al., 2018, p. 997)

Embora possua diferentes diagnósticos, a Filosofia *Lean* tem origem no TPS. De uma maneira geral, o *Lean* é considerado como uma filosofia de gestão empregue na melhoria da eficiência dos processos (Syltevik et al., 2018).

Esta filosofia apresenta cinco princípios (Figura 1): a identificação do valor para o cliente; o mapeamento e gestão da cadeia de valor; o fluxo dos produtos ou serviços entre as diferentes etapas do seu processo; a produção puxada (*pull*), partindo de um pedido final e recuando todas as etapas até ao início da produção; e a constante procura pela perfeição (Carreira, 2005; Hines, Holweg & Rich, 2018; Smith & Thangarajoo, 2015; Womack & Jones 2003).

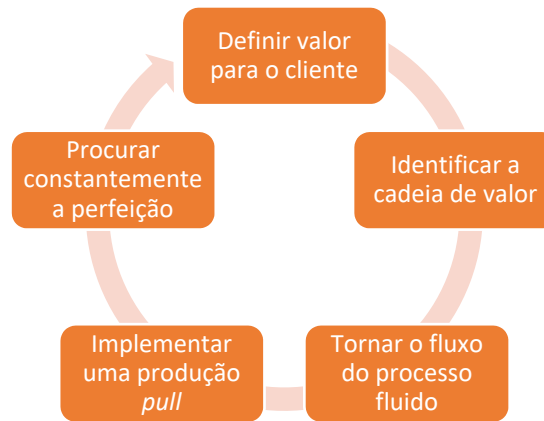


Figura 1 - Cinco princípios da Filosofia *Lean* (Adaptado de Smith & Thangarajoo, 2015)

2.1.1 *Toyota Production System*

O TPS, é um sistema de produção criado por Taiichi Ohno e Eiji Toyota, após a Segunda Guerra Mundial, com o intuito de melhor competir com a concorrência da indústria automóvel americana, através da melhoria do sistema de produção existente até então, reduzindo custos e eliminando desperdícios (Hines et al., 2018; Staats et al., 2011; Womack & Jones, 2003).

Para Ohno (1997), o TPS baseia-se em dois pilares principais:

- ***Just In Time (JIT)*** – Uma técnica que consiste num balanceamento da produção através do fornecimento das quantidades exatas, no momento exato e no local exato, reduzindo dessa maneira o custo e área de armazenamentos (Wilson, 2010);
- ***Jidoka*** – Este pilar baseia-se numa correta e consciente utilização da mão de obra manual ou automática. Isto é, utilizar *robots* para automatizar a produção e utilizar as pessoas para as tarefas que estas realizam mais eficientemente (Womack & Jones, 2003).

Na Figura 2 está representada a denominada Casa TPS, onde se observam os dois pilares anteriormente descritos e ainda as fundações e os objetivos deste sistema.

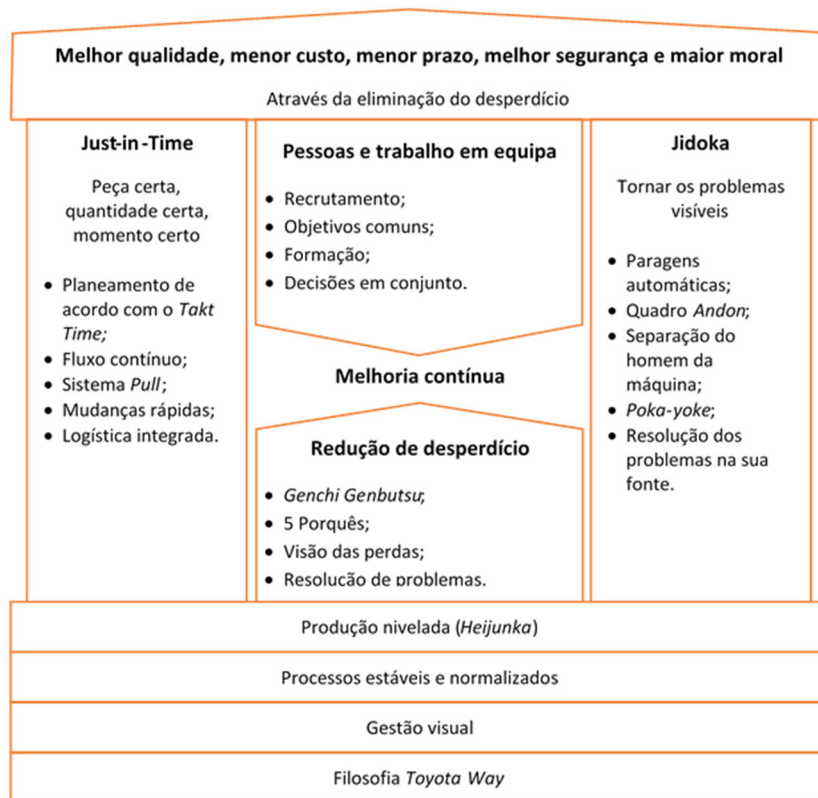


Figura 2 - A casa TPS (Adaptado de Liker, 2004)

2.1.2 O valor e o desperdício

Denominados na língua japonesa por *muda*, os desperdícios podem ser considerados quaisquer atividades que utilizam recursos materiais ou humanos, mas que no entanto não contribuem para a criação de valor para as empresas ou para os processos produtivos (Womack & Jones, 2003). Esses desperdícios podem provir de diferentes atividades, sendo originalmente assinaladas por Taiichi Ohno (1997) as sete principais origens de desperdício nas organizações:

- **Produção de defeitos** – o retrabalho de produtos devido a erros de produção, por exemplo;
- **Sobreprodução** – um nível de produção acima da procura pedida num dado momento;
- **Movimentos desnecessários dos trabalhadores;**
- **Transportes desnecessários de materiais** – movimentações de peças ou ferramentas entre diferentes zonas fabris;
- **Tempos de espera** – seja, por exemplo, por parte do operador quando este tem de aguardar pelo fim de ciclo de uma máquina ou por uma máquina, quando esta se encontra parada por falta de peças da máquina anterior a essa;
- **Excesso de inventários** – podem ser de matéria prima, intermédios entre operações ou de produto final;

- **Excesso de processamento** – operações que não são necessárias para atingir o produto final.

Mais recentemente são identificadas duas outras causas de desperdício nas organizações: as más condições de trabalho ou penalizantes a nível ergonómico; e, o mau ou inexistente aproveitamento das capacidades das pessoas (Wyrwicka & Mrugalska, 2017).

Sendo assim, a Filosofia *Lean* é reconhecida como sendo o antídoto para o *muda*, pois providencia ferramentas para identificar as atividades que realmente criam valor e apresenta métodos para as realizar de maneira cada vez mais eficiente. Estas atividades vão originar um produto ou um serviço, que irá ser adquirido pelo consumidor final e que tem de cumprir com os requisitos por ele impostos, seja a nível de qualidade, custo ou prazo. Desta forma, a identificação do desperdício e do valor que são gerados nas diversas etapas dos processos produtivos, é reconhecido como o primeiro passo de um pensamento *Lean* (Womack & Jones, 2003).

2.1.2.1 *Manipulações (material handling)*

Os movimentos desnecessários dos trabalhadores, uma das principais origens do desperdício identificadas anteriormente, engloba as manipulações de objetos, o designado *material handling*, sejam estes elementos a produzir ou ferramentas de apoio à sua produção. Este tipo de atividade por si só pode ainda originar outro tipo de desperdício, como sejam as condições de trabalho penalizantes a nível ergonómico, devido às posturas que se adotam aquando da realização desses movimentos.

Este tipo de desperdício pode ser eliminado através de várias ações, entre as quais o *redesign* dos processos ou dos meios a este associados, ou através da automatização desses movimentos (Womack & Jones, 2003).

2.1.3 *Ferramentas Lean*

O presente subcapítulo destaca as principais ferramentas associadas à aplicação de uma Filosofia *Lean*, que têm particular relevância para a concretização desta dissertação.

2.1.3.1 *Kaizen / melhoria contínua*

A melhoria contínua, ou *Kaizen* em japonês, é uma filosofia de constante melhoria e que implica todas as partes interessadas nessa atividade, com vista à otimização de um processo ou à eliminação de desperdícios existentes. É uma filosofia que deve ser encarada diariamente tendo em vista a melhoria da cadeia de valor (Dailey, 2003; Paul Brunet & New, 2003).

2.1.3.2 Padronização

A padronização, ou trabalho *standard*, baseia-se na documentação dos procedimentos de trabalho de determinadas atividades, para que estas sejam realizadas sempre da mesma maneira, seja qual for a pessoa a realizá-las (Dailey, 2003; Wilson, 2010).

A normalização das atividades traz as seguintes vantagens:

- Aumento da eficácia da formação transversal;
- Redução dos custos de formação;
- Aumento da sustentabilidade e das melhorias dos processos;
- Diminuição do tempo de inatividade;
- Redução da variabilidade do processo.

2.1.3.3 5S

A metodologia 5S, proveniente do TPS, baseia-se na organização das áreas de trabalho através da identificação e eliminação dos desperdícios, e apresenta cinco práticas (Figura 3) provenientes do japonês (Carreira, 2005; Dailey, 2003; Feld, 2001):

- **Seiri** (Separar) – consiste no reconhecimento e separação do necessário e desnecessário no local de trabalho para um normal funcionamento, eliminando o segundo e permitindo assim obter um melhor aproveitamento da área de trabalho;
- **Seiton** (Organizar) – identificação e disposição dos objetos em posições específicas consoante a sua frequência de uso ou o seu tamanho e formato, tornando o seu reconhecimento mais fácil e permitindo uma melhor gestão visual dos mesmos;
- **Seiso** (Limpar) – as zonas de trabalho devem ser limpas com uma frequência e importância definida, para que os próprios utilizadores dessas zonas se possam sentir mais confortáveis e de certa maneira orgulhosos do seu espaço de trabalho;
- **Seiketsu** (Padronizar) – as tarefas de limpeza e organização dos espaços de trabalho devem ser formalmente padronizadas com uma descrição das suas ordens e procedimentos, possibilitando desta forma um cumprimento mais acertado das mesmas;
- **Shitsuke** (Disciplinar) – serve para manter um cumprimento dos *standards* aplicados, através da motivação, treino e disciplina, pois só dessa forma é possível deixar para trás os velhos hábitos.

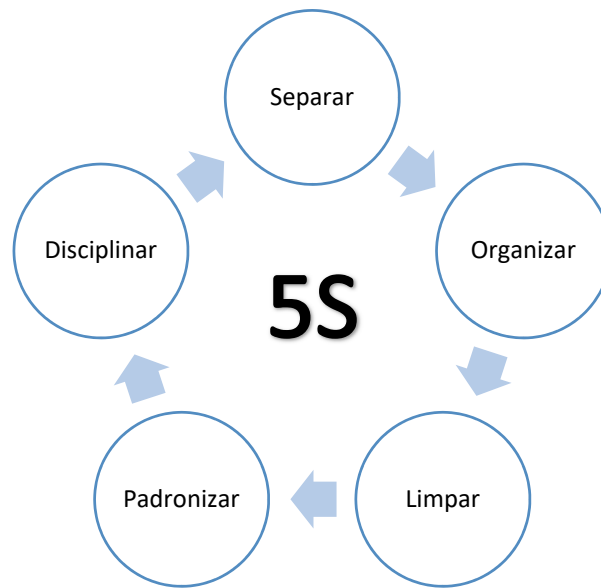


Figura 3 - Metodologia 5S

Os benefícios principais da aplicação desta ferramenta prendem-se com a melhoria da produtividade, das condições de trabalho, da segurança, e da facilidade de manutenção dos equipamentos (Dailey, 2003).

2.1.3.4 *Value Stream Mapping*

O conceito de *Value Stream Mapping*, ou seja, o mapeamento da cadeia de valor, consiste na esquematização de todas as atividades que fazem parte do processo de fabrico de um produto, tenham estas valor ou não para a concretização do mesmo. Isto vai permitir identificar todos os desperdícios e projetar as soluções para os mesmos, através de uma representação gráfica de todos os fluxos de informação, materiais e processos (Dailey, 2003; Green, Lee, & Kozman, 2010; Rother & Shook, 1999; Womack & Jones, 2003).

2.1.3.5 *Diagrama de Spaghetti*

O Diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta que permite a observação dos movimentos e transportes realizados numa determinada zona de trabalho, como os movimentos do operador entre várias máquinas ou o transporte de materiais entre diferentes locais. Com uma mais compreensível visualização dos fluxos é mais simples detetar possíveis oportunidades de melhoria e de redução dos desperdícios, como por exemplo, a reorganização da disposição de linhas de produção ou a localização de *stocks* intermédios. Esta designação deve-se ao facto da sua representação final se parecer como um conjunto de fios de esparguete (Carreira, 2005; Feld, 2001; Wilson, 2010).

2.2 Diagrama de processo

Um diagrama de fluxo ou de processo, é uma representação gráfica das várias sequências de atividades que constituem uma tarefa. Neste tipo de diagramas podem ser representadas as operações, controlos de qualidade, armazenamentos intermédios ou transportes entre diferentes pontos, e dessa forma possibilitar uma mais fácil identificação do valor que as atividades trazem para o processo (Peinado & Graeml, 2007).

Para uma mais rápida leitura e compreensão de um fluxograma, existe uma simbologia criada para identificar cada uma das atividades, representada na Figura 4.

Actividade Básica	Actividade Específica	Símbolo	Significado
Operação de Transformação		○	Alteração da forma ou outras características do material, obtenção de produto semi-acabado ou produto em via de fabricação.
Transporte ou Manuseamento		⇒	Troca de lugar do material, produto acabado ou produto semi-acabado.
Inspeção ¹	Conferência de materiais	□	Contagem e conferência de materiais ou comparação de produtos de acordo com as suas especificações.
	Inspeção / controlo de qualidade	◇	Teste e inspeção visual de materiais componentes ou produtos por comparação com qualidades standard que permitem avaliar a existência de defeitos nos produtos fabricados.
Retenção	Armazenagem	▽	Acumulação agendada ou programada de materiais, componentes ou produtos.
	Atraso	D	Acumulação não esperada de materiais, componentes ou produtos.
Actividades Combinadas (exemplos)		⊖	Operação com controlo de Qualidade.
		▽	Armazenagem com transporte

Figura 4 - Simbologia das atividades de um diagrama de processo (Retirado de Ávila & Cavaco, 2010)

Este tipo de diagrama permite ainda a análise do tempo de execução das tarefas e pode também servir para a explicação da execução de determinados procedimentos ou ajudar na atuação em determinadas situações, como na ocorrência de uma não conformidade (Peinado & Graeml 2007). Na Figura 5, está representado um exemplo de um fluxograma de um procedimento.

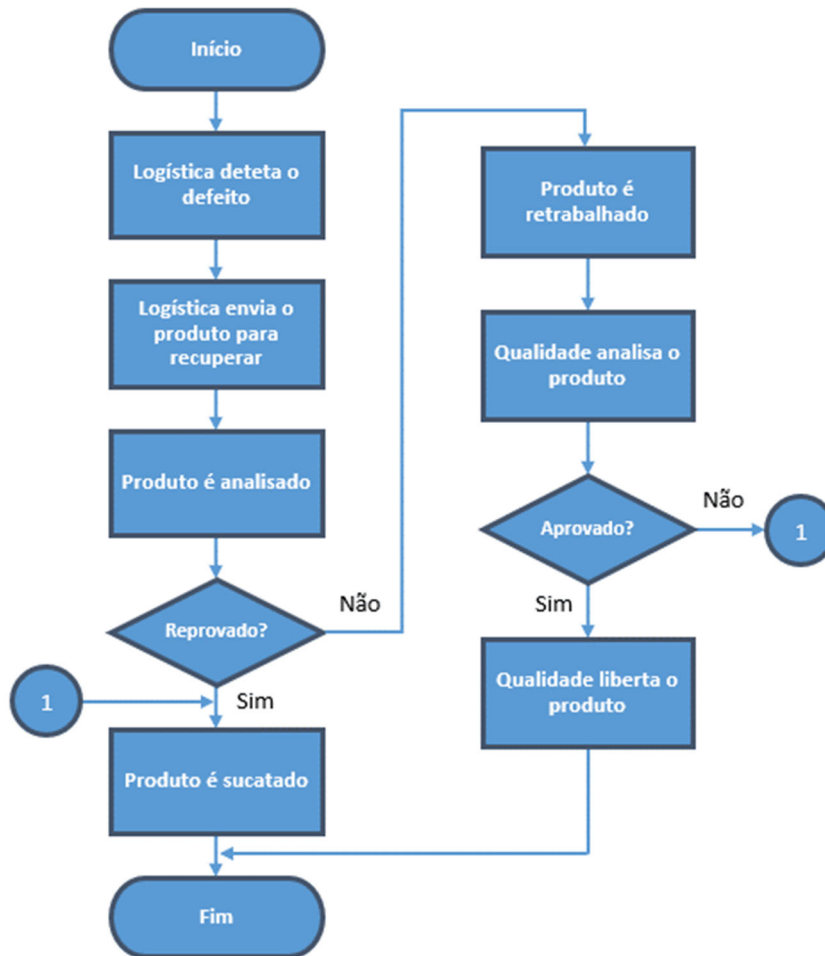


Figura 5 - Exemplo de Diagrama de Fluxo
(Adaptado de Peinado & Graeml, 2007)

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Grupo Renault
- 3.2 Renault Cacia S.A.
- 3.3 Processo Produtivo
- 3.4 Descrição do processo produtivo da Caixa de Velocidades JR
 - 3.5 Síntese da situação atual
 - 3.6 Estudo desenvolvido
 - 3.7 Síntese do estudo desenvolvido
- 3.8 Análise e comparação dos resultados
 - 3.9 Análise do retorno financeiro

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Grupo Renault

O Grupo Renault é um produtor de automóveis francês, fundado em 1898 pelos irmãos Louis, Marcel e Fernand Renault. É composto pelas marcas Renault, Dacia, Renault Samsung Motors, Alpine e LADA, e sempre primou pela criação de veículos simples e práticos. A sua presença mundial reflete-se em 39 fábricas, 3 laboratórios de inovação e 6 centros tecnológicos. Com mais de 180 mil colaboradores, o Grupo Renault vendeu, em 2018, cerca de 3,9 milhões de veículos.

3.2 Renault Cacia S.A.

A Renault Cacia S.A., antiga C.A.C.I.A. – Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel – é uma fábrica pertencente ao Grupo Renault, situada em Cacia, no distrito de Aveiro, e que desde 1981 produz componentes para automóveis. Com uma superfície total de 340.000 m², dos quais 70.000 m² cobertos, representados na Figura 6, a empresa exporta 100% da sua produção para as fábricas de montagem de viaturas do grupo, situadas por todo o mundo, como Espanha, França, Roménia, Chile e Índia.



Figura 6 - Vista aérea da fábrica Renault Cacia (Renault, 2017)

A empresa encontra-se dividida em onze departamentos que respondem diretamente à Direção Geral da Fábrica, dividindo a sua produção em duas grandes unidades, a Unidade de Produção de Caixas de Velocidades (CV), onde são produzidos dois tipos de caixas de velocidades, a caixa JR e a caixa ND (Figura 7) e a Unidade de Produção de Componentes Mecânicos (CM), onde são produzidos diversos componentes mecânicos para automóveis, tais como bombas de óleo e árvores de equilibragem (Figura 7).



Figura 7 - Caixa de velocidades ND, bombas de óleo e árvore de equilibragem (da esquerda para a direita)

Desde 2015 que a fábrica de Cacia é a referência do Grupo Renault no fabrico de caixas de velocidades, recebendo por dois anos consecutivos (2015 e 2016) o prémio *Meilleure Performance Usine Boites de Vitesses* (Melhor Desempenho das Fábricas de Caixas de Velocidades).

Sendo o principal símbolo da fábrica, a Caixa de Velocidades JR (CV JR), produzida desde 2002, é uma caixa de 5 velocidades que equipa uma vasta gama de veículos, como as conhecidas gamas Renault Clio, Mégane e Kangoo. Pertence à família de caixas de velocidades “J”, uma família que sempre se adaptou a diferentes exigências do mercado automóvel. Porém, a CV JR já não responde às normas exigidas ao nível do ambiente. Assim, a fábrica da Renault Cacia foi escolhida como a fábrica que, a partir de 2020, iniciará a produção da nova Caixa de Velocidades JT4 (Figura 8), uma caixa com 6 velocidades, mais compacta, com redução de peso e do nível de óleo utilizado e mais amiga do ambiente. Em 2017, iniciou-se a industrialização do processo produtivo da nova caixa de velocidades (Renault, 2018).

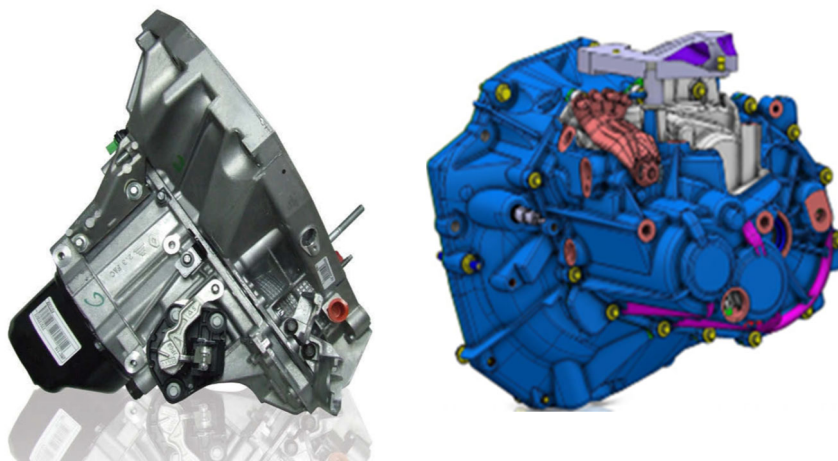


Figura 8 - Caixa de Velocidades JR (à esquerda) e Caixa de Velocidades JT4 (à direita)

3.3 Processo produtivo

Dos diversos componentes fabricados na Renault Cacia, os que irão ser alvo deste estudo, tanto para a caixa de velocidades JR como para a JT4, são denominados de Árvores e Pinhões (Figura 9), cujo processo produtivo geral é possível observar na Figura 10: inicia-se com um bruto de fundição que sofre várias operações de maquinação, é tratado termicamente e finalmente retificado. Durante todas as operações, existem controlos de maneira a assegurar que as peças cumprem os requisitos de qualidade impostos.

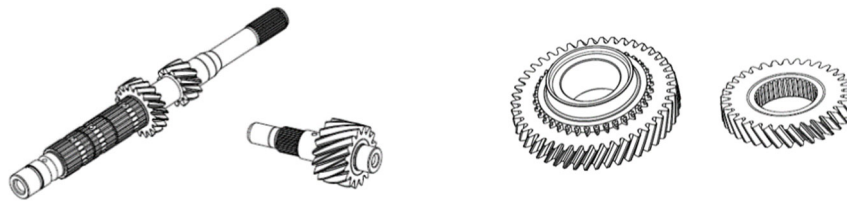


Figura 9 - Exemplo de Árvores (à esquerda) e Pinhões (à direita)



Figura 10 - Etapas da produção mecânica (Adaptado de Renault Cacia, 2014)

Nesse processo de fabrico, existem atividades que, apesar de necessárias, podem não trazer valor acrescentado ao mesmo, tais como as manipulações de peças ou de outros objetos associados. Refiram-se neste âmbito a manipulações para realizar controlos, transportes entre operações, embalamentos, ou para o carregamento e descarregamento de máquinas. Se não criam valor para o processo produtivo, devem-se adotar estratégias para as reduzir ou eliminar (Womack & Jones, 2003).

3.3.1 Caracterização das manipulações do processo produtivo

Uma vez compreendido o funcionamento do processo de fabrico e de todas as atividades a ele inerentes, procedeu-se à caracterização das manipulações associadas, dividindo-as em três tipos:

- **Manipulação de peças** – quando se carregam ou descarregam as peças diretamente de uma embalagem para uma máquina, ou o oposto, sem o manuseamento de qualquer outro objeto auxiliar como cestos. As peças a manipular podem pesar entre 0,2 kg e 2 kg.
- **Manipulação de peças e cestos** – quando as peças são transportadas em pequenos cestos e estes são posteriormente transportados dentro de embalagens, sendo que para o carregamento ou descarregamento dessas embalagens é necessário que, para além da manipulação das peças, se manipulem repetitivamente os vários cestos que as transportam. Estes cestos, quando vazios, pesam cerca de 1,5 kg.
- **Manipulação de cestos** – quando é necessário transferir cestos carregados com peças entre duas embalagens distintas, realiza-se essa transferência manualmente, com o auxílio de uma ponte de carga, pois trata-se de pesos mais elevados. Os cestos com peças pesam entre 13 kg e 25 kg.

3.4 Descrição do processo produtivo da caixa de velocidades JR

Como referido anteriormente, o estado atual do processo está associado à caixa de velocidades JR. Como tal, este capítulo pretende descrever os fluxos, as embalagens utilizadas para o transporte de peças e as manipulações a estas associadas.

As ligações entre as quatro operações em estudo neste projeto – Granalhagem, Desempeno, Fosfatação e Retificação – além de apresentarem fluxos que ligam dois edifícios na fábrica, apresentam também zonas produtivas distantes umas das outras, daí haver a necessidade do uso de embalagens de transporte que facilitem o transporte das peças entre os diferentes pontos.

Estas quatro operações são constituídas da seguinte maneira:

- Granalhagem: 6 máquinas;
- Desempeno: 2 máquinas;
- Fosfatação: 1 máquina;
- Retificação: 6 linhas de produção.

Relativamente aos componentes fabricados, os de estudo encontram-se descritos na Tabela 1. A sequência de operações de cada um deles é semelhante, havendo pequenas variações, consoante as especificações técnicas. Estas sequências de fabrico estão representadas na Figura 11.

Tabela 1 - Componentes CV JR

Nome da peça	Referência	Nome da peça	Referência
Pinhão Louco de 1ª	PL1	Pinhão Louco de 5ª	PL5
Pinhão Louco de 2ª	PL2	Pinhão Fixo de 5ª	PFx5
Pinhão Louco de 3ª	PL3	Árvore Primária	AP
Pinhão Louco de 4ª	PL4	Árvore Secundária	AS

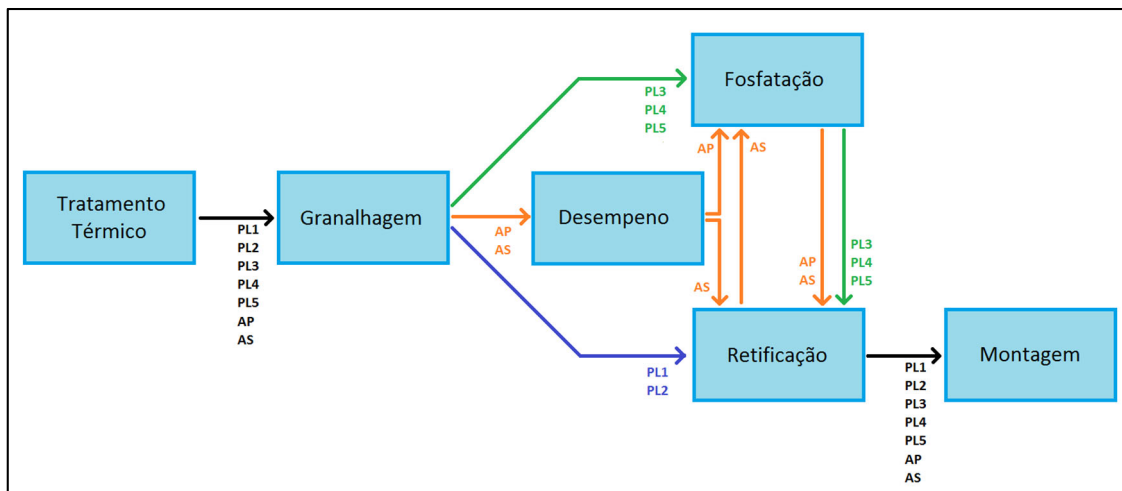


Figura 11 - Sequência de fabrico JR

Uma análise ao diagrama geral das sequências de fabrico, permite concluir que todas as peças passam pela operação de Granalhagem e chegam à operação de Retificação.

Algumas delas, nesse percurso, realizam operações de Desempeno e/ ou de Fosfatação.

Após compreendida a sequência de fabrico das várias peças entre as operações descritas na Figura 11, realizou-se um Diagrama de *Spaghetti* (Figura 12) para representar os movimentos e os transportes entre operações, inseridos na planta da fábrica.

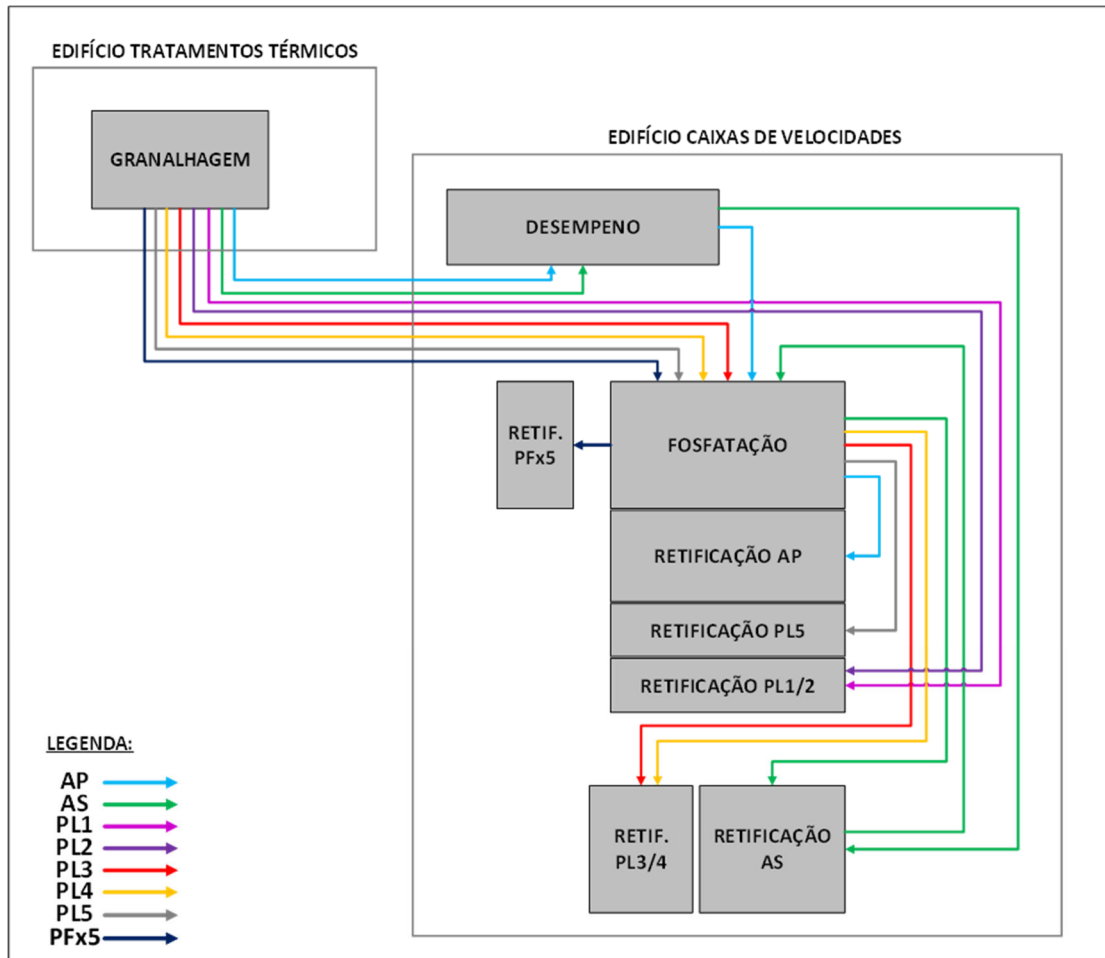


Figura 12 - Diagrama de *Spaghetti* dos fluxos entre operações CV JR

Seguem-se vários subcapítulos onde serão demonstrados os fluxogramas do processo de fabrico para as peças produzidas, a diversidade de embalagens utilizada e o número de manipulações associadas às mesmas.

3.4.1 *Árvore Primária JR*

O fluxograma da Árvore Primária (Figura 13) apresenta quais as embalagens utilizadas nas ligações entre as operações de Granalhagem, Desempeno, Fosfatação e Retificação. Essas embalagens apresentam-se na Figura 14, enquanto que na Tabela 2, estão representadas as quantidades de peças que estas transportam.

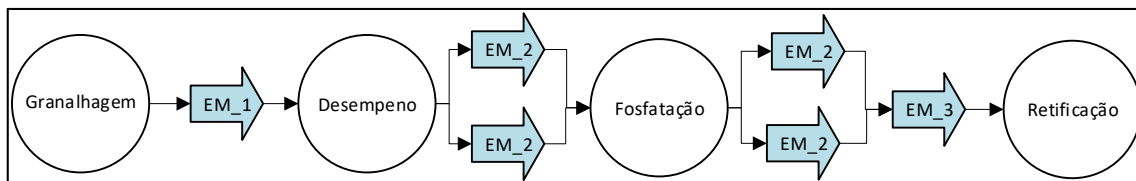


Figura 13 - Diagrama de Fluxo da peça AP JR

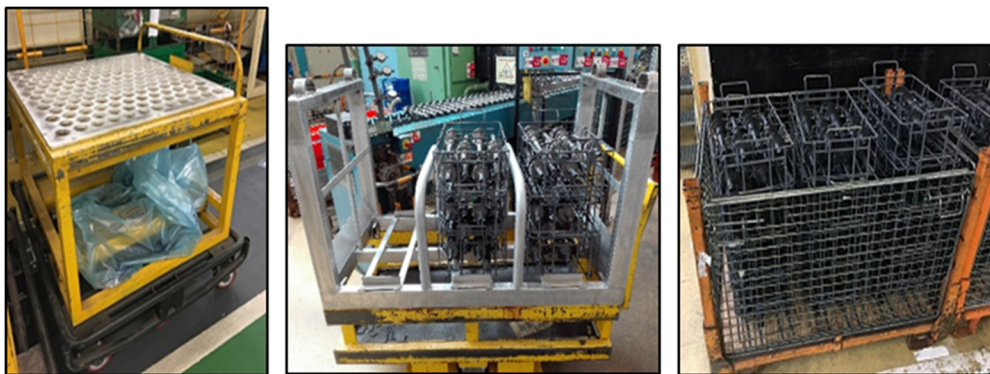


Figura 14 - Embalagens para a peça AP JR. Da esquerda para a direita: EM_1, EM_2 e EM_3

Tabela 2 - Quantidade de peças por embalagem para AP JR

Referência	EM_1	EM_2	EM_3
Quantidade de peças	144	72	144

Como referido anteriormente, existem vários tipos de manipulações associadas às ligações entre processos. Assim, para a AP JR, são contabilizadas as seguintes manipulações:

- **Manipulação de peças** – duas – referem-se ao carregamento de EM_1 e ao seu descarregamento;
- **Manipulação de peças e de cestos** – três – sendo que duas ocorrem depois da operação de desempenho, ao carregar duas embalagens EM_2, e uma antes da operação de retificação, ao descarregar a embalagem EM_3;

- **Manipulação de cestos** – duas – quando se transferem cestos de duas embalagens EM_2 para uma EM_3.

O ponto crítico das três embalagens prende-se principalmente com o uso de cestos para o transporte das peças. Em primeiro lugar, cada um desses cestos, representados na Figura 15, à esquerda, carregam oito peças, em dois patamares de quatro peças cada, obrigando o operador a ter de abrir e fechar os cestos durante o seu carregamento ou descarregamento. Em segundo lugar, o estado degradado de alguns cestos faz com que, por vezes, haja peças incorretamente acondicionadas (Figura 15). Por último, tal como se pode observar na Figura 15, a manipulação de cestos através do uso de uma ponte de carga, para a transferência de uma embalagem para a outra, é uma atividade que não traz qualquer valor acrescentado ao processo.

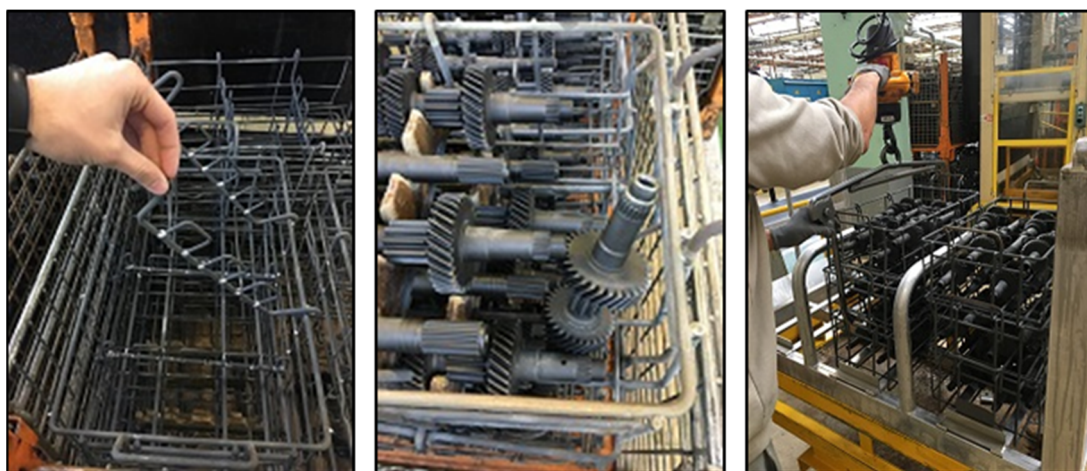


Figura 15 - Cesto para AP JR (à esquerda), peça incorretamente acondicionada (ao centro) e manipulação de cesto para o descarregamento de EM_2 (à direita)

3.4.2 *Árvore Secundária JR*

Analisando o componente *Árvore Secundária*, é mostrado o diagrama de fluxo (Figura 16) que apresenta quais as embalagens utilizadas para o transporte desta peça entre as operações identificadas. A Figura 17 representa essas mesmas embalagens, cujas quantidades transportadas podem ser analisadas na Tabela 3.

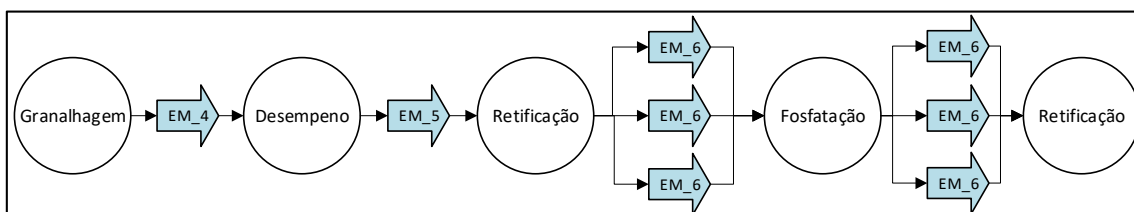


Figura 16 - Diagrama de fluxo da peça AS JR



Figura 17 - Embalagens AS JR. Da esquerda para a direita: EM_4, EM_5 e EM_6

Tabela 3 - Quantidade de peças por embalagem para AS JR

Referência	EM_4	EM_5	EM_6
Quantidade de peças	252	252	84

As embalagens EM_4 e EM_5 são fisicamente idênticas, no entanto, a segunda tem a parte lateral pintada de verde, para se poder distinguir quais as embalagens que realizam o percurso entre a Granalhagem e o Desempeno, e quais as que realizam o percurso entre o Desempeno e a Retificação.

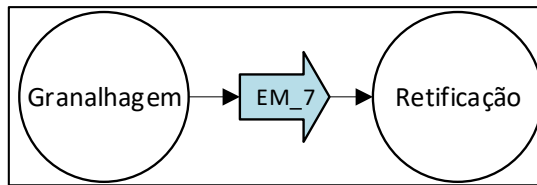
Para esta peça, foram contabilizadas as seguintes manipulações:

- **Manipulação de peças** – dez – referem-se aos carregamentos e descarregamentos das embalagens EM_4, EM_5 e EM_6.

Neste caso, o uso de três tipos de embalagens e a divisão das quantidades de cada lote transportado, quando se realiza a operação de Fosfatação, apresentam-se como os pontos críticos, pois originam quebras num fluxo e obrigam à utilização de um maior número de carros de transporte de peças.

3.4.3 *Pinhão Louco de 1ª e Pinhão Louco de 2ª*

Podem-se agrupar os componentes PL1 e PL2 no mesmo subcapítulo, pois apresentam iguais diagramas do processo de fabrico e são utilizadas as mesmas embalagens para o transporte das duas peças. Neste caso, tal como observado na Figura 18, estas peças passam diretamente da operação de Granalhagem para a operação de Retificação.



A embalagem EM_7, utilizada para o transporte das peças entre essas operações e representada na Figura 19, é constituída por um total de 24 cestos com capacidade para 20 peças em cada um, totalizando 462 peças na embalagem.

Figura 18 - Diagrama de Fluxo das peças PL1 e PL2 JR



Figura 19 - Embalagem PL1 e PL2 JR

Uma vez mais, o desperdício criado nos fluxos do processo produtivo destas duas peças está relacionado com o uso de cestos para o transporte e manipulações que estes obrigam a realizar quando se procede à sua carga e descarga.

As manipulações analisadas são as seguintes:

- **Manipulação de peças e de cestos** – duas – contabilizadas no carregamento e descarregamento da embalagem, respetivamente, após Granalhagem e antes do processo de Retificação.

3.4.4 Pinhões Loucos de 3ª, 4ª e 5ª

Tal como no subcapítulo anterior, também neste se reúnem diversas peças, os Pinhões Loucos de 3ª, de 4ª e de 5ª, cujos diagramas do processo de fabrico se encontram representados na Figura 20 e Figura 21. As embalagens referidas nestes diagramas estão exibidas na Figura 22.

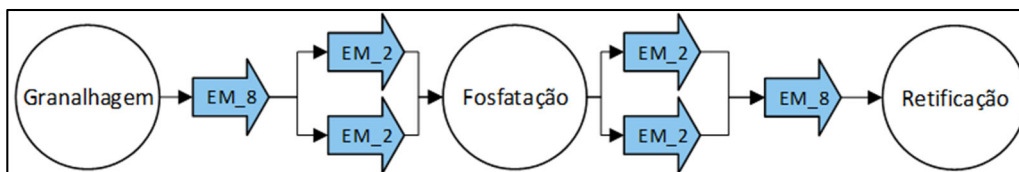


Figura 20 - Diagrama de Fluxo das peças PL3 JR e PL4 JR

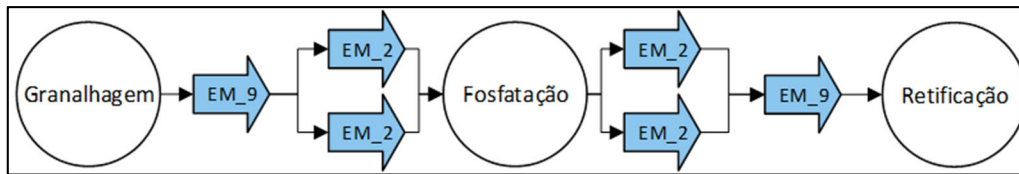


Figura 21 - Diagrama de Fluxo da peça PL5 JR

Observa-se nos diagramas anteriores, após a operação de Fosfatação, a uma ligação de duas embalagens EM_2 à embalagem EM_8 ou EM_9, pois a embalagem EM_2 destina-se apenas ao uso na operação de Fosfatação e as outras duas embalagens são

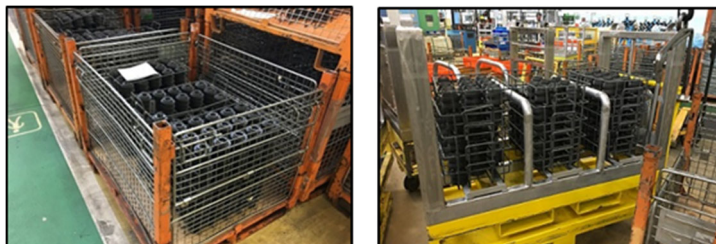


Figura 22 - Embalagens de PL3, PL4 e PL5 JR

de seguida utilizadas para o transporte das peças entre esta e a Retificação.

Não se efetua uma distinção em imagem das embalagens EM_8 e EM_9 visto que são ambos contentores *standard* do departamento logístico da empresa, em que são transportados cestos. Estes últimos, apresentam diferenças, daí tornar-se a embalagem EM_8 específica para as peças PL3 e PL4, enquanto a embalagem EM_9 para a peça PL5.

Ao todo, a embalagem EM_8 transporta 27 cestos, cada um com capacidade para 28 peças de PL3 ou de PL4. A embalagem EM_9 transporta 17 cestos, tendo cada um deles capacidade para 45 peças de PL5. Esses cestos estão representados na Figura 23. Encontram-se ainda apresentadas na Tabela 4 as quantidades totais de peças que cada uma dessas embalagens transporta.

Tabela 4 - Quantidade de peças por embalagem para PL2, PL4, PL4 JR

Referência	EM_8	EM_2	EM_9
Quantidade de peças	756	378	756



Figura 23 - Cesto para PL3 / PL4 (à esquerda) e cesto para PL5 (à direita)

Podem-se então contabilizar as seguintes manipulações para cada uma das peças:

- **Manipulação de peças e de cestos** – duas – ocorrem depois da operação de Granalhagem, ao carregar a embalagem EM_8 ou EM_9 e antes da operação de Retificação, ao descarregar essas mesmas embalagens;
- **Manipulação de cestos** – quatro – concretizadas na transferência de cestos de EM_8 ou EM_9 para a embalagem EM_2 e na transferência inversa.

Identifica-se novamente como ponto crítico a utilização de cestos para o transporte das peças e ainda, para este tipo de cestos, a questão da degradação dos mesmos e o impacto que trazem para o processo produtivo. Isto é, quando os cestos estão degradados e não permitem transportar o número de peças definido, usam-se mais para compensar essas perdas, o que faz com que comecem a existir cada vez menos embalagens EM_8 ou EM_9 completas, o que pode levar mesmo à paragem de máquinas, por falta de embalagens para colocar as peças.

3.4.5 *Pinhão Fixo de 5ª*

Durante o processo de Fosfatação, devido a especificações técnicas, o interior do Pinhão Fixo de 5ª não pode entrar em contacto com os líquidos do processo. Desta forma, antes da operação, é inserido um *o'ring* em cada uma das peças, à medida que são carregadas num cesto com uma montagem específica (Figura 24). Após completados três cestos, cada um com 210 peças, são transferidos para a embalagem EM_2, na qual realizam a Fosfatação. As atividades de carregamento e descarregamento dessas montagens específicas do PFX5 são realizadas com o auxílio de um carro de apoio.

Esta peça é transportada entre a Granalhagem e a Fosfatação através da embalagem EM_10, representada na Figura 24.

O processo aqui descrito pode ser melhor compreendido através da análise do diagrama da Figura 25.

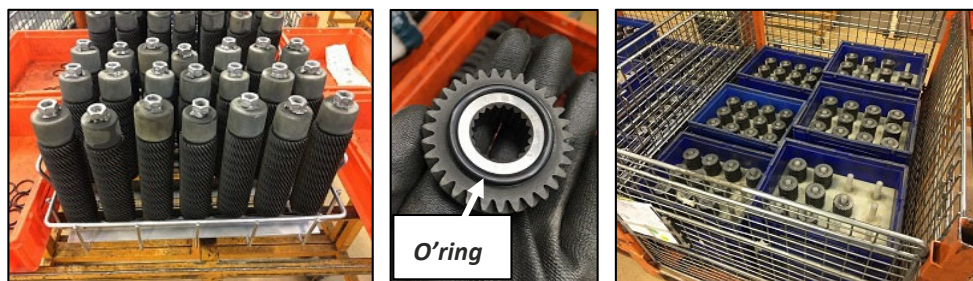


Figura 24 - Montagem para a Fosfatação de PFX5 (à esquerda), PFX5 com *o'ring* (ao centro) e Embalagem EM_10 (à direita)

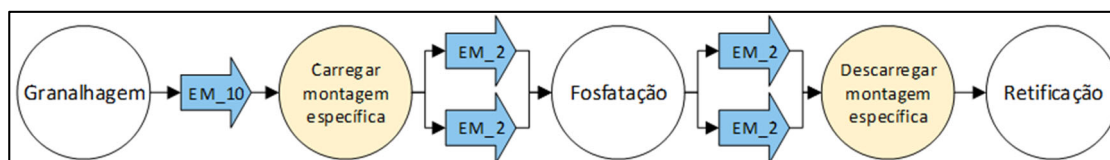


Figura 25 - Diagrama de Fluxo da peça PFX5 JR, incluindo o carregamento e descarregamento das montagens específicas da peça, destacados a rosa esbatido

A quantidade de peças transportada em cada uma das embalagens, encontra-se representada na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantidade de peças por embalagem para PFX5 JR

Referência	EM_10	EM_2
Quantidade de peças	1260	630

As manipulações associadas a esta peça são as seguintes:

- **Manipulação de peças e de cestos** – duas – para o carregamento e descarregamento da embalagem EM_10;
- **Manipulação de cestos** – quatro – nos carregamentos e descarregamentos dos cestos da embalagem EM_2, de ou para o carro de apoio, onde são montados ou desmontados os cestos com as montagens específicas.

A maior dificuldade relacionada com as atividades anteriormente descritas prende-se com o trabalho realizado para o carregamento e descarregamento das montagens específicas de Fosfatação para esta peça. É uma atividade que não traz valor acrescentado para o produto ou para o processo, mas, no entanto, é necessária para que os requisitos de qualidade sejam cumpridos. Por esse motivo, as manipulações associadas a esse processo não irão ser contabilizadas.

3.5 Síntese da situação atual

Apresenta-se de seguida uma síntese relativa ao estado atual do processo descrito nos subcapítulos anteriores.

3.5.1 Embalagens utilizadas

Nos subcapítulos anteriores, foi possível compreender que são utilizadas um total de 10 tipos de embalagens para realizar o transporte de 8 peças entre as operações dos seus processos de fabrico, tal como se pode observar na síntese da Tabela 6.

Tabela 6 - Síntese das embalagens utilizadas para o transporte das peças da CV JR

Referência da embalagem	Peça(s)	Operação de origem	→	Operação de destino
EM_1		Granalhagem	→	Desempeno
EM_2	AP	Desempeno	→	Fosfatação
EM_3		Fosfatação	→	Retificação
EM_4		Granalhagem	→	Desempeno
EM_5	AS	Desempeno	→	Retificação
EM_6		Retificação	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação
EM_7	PL1, PL2	Granalhagem	→	Retificação
EM_8	PL3, PL4	Granalhagem	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação
EM_9	PL5	Granalhagem	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação
EM_10	PfX5	Granalhagem	→	Fosfatação
EM_2		Fosfatação	→	Retificação

A embalagem EM_2 é comum a várias peças (AP, PL3, PL4, PL5 e PFx5), pois é utilizada para a Fosfatação de peças transportadas em cestos.

As embalagens EM_3, EM_7, EM_8, EM_9 e EM_10 são compostas por contentores *standard* da empresa, que podem transportar diferentes tipos de cestos no seu interior. Estes contentores têm de ser movimentados no espaço de trabalho com o uso de porta paletes e entre operações são transportados por empilhadores.

O transporte dos diferentes tipos de cestos dentro dos contentores, à parte das manipulações a que obriga, apresenta ainda os seguintes inconvenientes:

- Cestos danificados não permitem o transporte da quantidade de peças especificada, condicionando a quantidade de embalagens e alterando os modos de funcionamento;
- Custo de manutenção dos cestos danificados;
- Configuração dos cestos, leva a que não seja possível aplicar a automatização da sua carga ou descarga, algo que é pretendido pela empresa;
- O manuseamento dos cestos dentro dos contentores é difícil de executar e obriga a que, sempre que se carrega ou descarrega um contentor, se empilhe os cestos uns em cima dos outros, para permitir o acesso aos que estão nos níveis inferiores;
- Impacto nas condições ergonómicas do posto de trabalho, devido à má postura em que são realizados os movimentos de manipulação de peças e cestos.

3.5.2 Síntese da quantidade de embalagens e da área ocupada

Na Tabela 7, são apresentadas as quantidades de embalagens, as suas medidas e a área que ocupam. De notar que as embalagens do tipo contentor (EM_3, EM_7, EM_8, EM_9 e EM_10) são armazenadas de forma empilhada em duas de altura, por isso, a área ocupada é calculada utilizando a fórmula (1). Para as restantes embalagens a área ocupada é calculada multiplicando a sua quantidade pela respetiva área.

$$\text{Área ocupada} = \frac{\text{Quantidade} \times \text{Área da embalagem}}{2} \quad (1)$$

Tabela 7 - Quantidade e área ocupada pelas embalagens para a CV JR

Referência	Quantidade	Comprimento (m)	Largura (m)	Área da embalagem (m ²)	Área ocupada (m ²)
EM_1	8	1,40	1,20	1,68	13,44
EM_2	7	1,40	0,75	1,05	7,35
EM_3	15	1,20	1,00	1,20	9,00
EM_4	7	1,40	1,20	1,68	11,76
EM_5	5	1,40	0,75	1,05	5,25
EM_6	8	1,40	1,20	1,68	13,44
EM_7	15	1,20	1,00	1,20	9,00
EM_8	10	1,20	1,00	1,20	6,00
EM_9	5	1,20	1,00	1,20	3,00
EM_10	5	1,20	1,00	1,20	3,00

Somando as quantidades de embalagens e as áreas ocupadas, conclui-se que são utilizados 81,24 m² de área da fábrica para o armazenamento de um total de 85 embalagens.

3.5.3 Síntese das manipulações do processo atual

Relativamente às atividades de manipulação conclui-se que, para o transporte de um lote de cada uma das oito peças entre as operações dos seus ciclos de produção, se contabilizam um total de 12 ocorrências de manipulação de peças, 15 ocorrências de manipulação de peças e de cestos e ainda 18 ocorrências de manipulação de cestos, informações representadas nos gráficos da Figura 26 e da Figura 27.

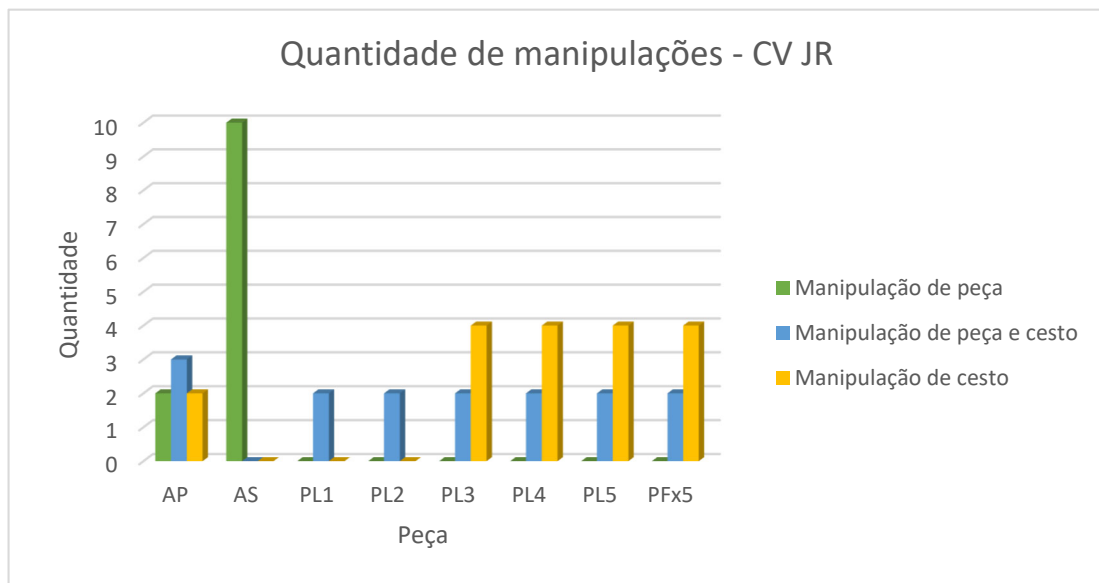


Figura 26 - Quantidade de manipulações associada a cada peça - CV JR

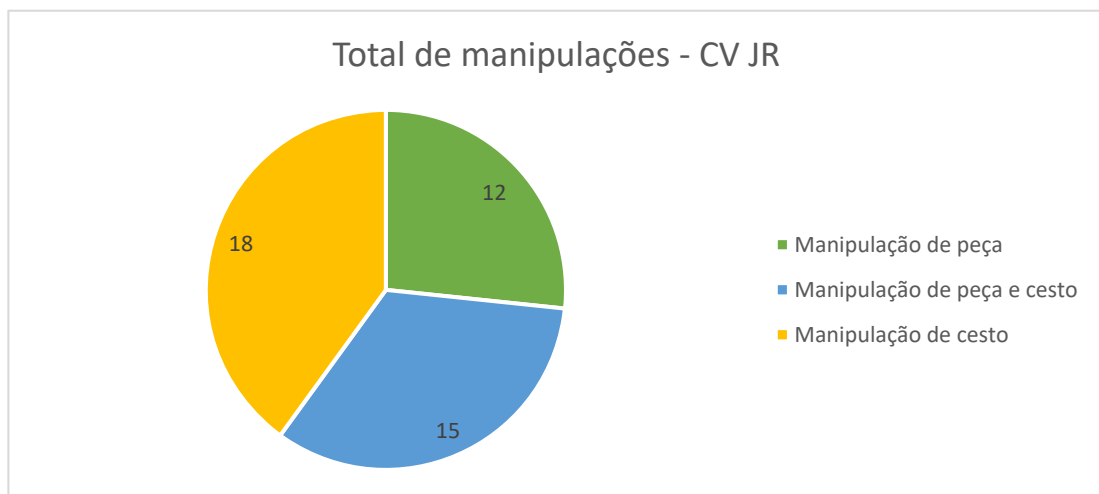


Figura 27 - Total de manipulações do processo CV JR

3.6 Estudo desenvolvido

Para a descrição e análise do estudo desenvolvido, este capítulo, à semelhança do anterior, divide-se em vários subcapítulos para uma mais clara explicação e compreensão dos conteúdos. Porém, ao invés de se realizar a divisão por cada tipo de peça, esta será efetuada por cada tipo de embalagem desenvolvida, explicando o seu princípio, as suas etapas de desenvolvimento e as atividades de manipulação associadas.

3.6.1 Dados de entrada

Começando pelos dados de entrada que foram tidos em consideração para a elaboração deste projeto, esses são os seguintes:

- Variedade, dimensões e pesos das peças JT4;
- Quantidade de peças provenientes das operações anteriores;
- Sequência de fabrico das diferentes peças;
- Possibilidade de automatização da carga e descarga das embalagens;
- Limite máximo de 300 kg para embalagens do processo de Fosfatação;
- Limites das dimensões da embalagem de Fosfatação;
- Menor diversidade possível de embalagens;
- Bom acondicionamento das peças, sem choques entre elas.

3.6.2 Fluxos / sequência de fabrico

Com base nos dados de entrada apresentados, iniciou-se o estudo e desenvolvimento de novas embalagens a utilizar para o transporte das peças da caixa de velocidades JT4 (Tabela 8), cujas sequências de fabrico estão representadas na Figura 28.

Tabela 8 - Componentes CV JT4

Peça	Referência	Peça	Referência
Pinhão Louco de 1ª	PL1	Pinhão Fixo de 3ª	PFx3
Pinhão Louco de 2ª	PL2	Pinhão Fixo de 4ª	PFx4
Pinhão Louco de 3ª	PL3	Pinhão Fixo de 5ª	PFx5
Pinhão Louco de 4ª	PL4	Pinhão Fixo de 6ª	PFx6
Pinhão Louco de 5ª	PL5	Árvore Primária	AP
Pinhão Louco de 6ª	PL6	Árvore Secundária	AS
Pinhão Louco de Marcha atrás	PLMAR	Árvore Secundária Alta	ASH

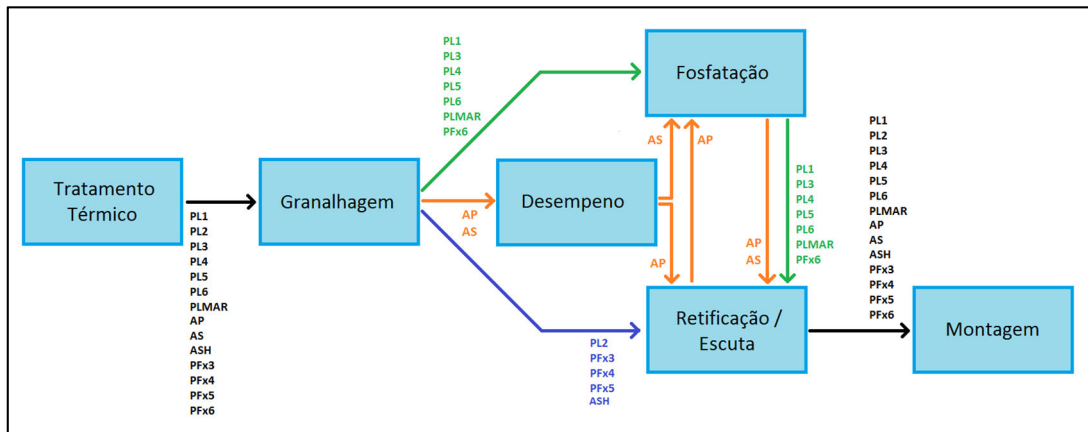


Figura 28 - Sequência de fabrico das peças para JT4

O processo de Retificação é composto por sete linhas de produção: Linha PL3 e PL4; Linha PL5 e PL6; Linha PL1 e PL2; Linha Pinhões Fixos; Linha AP; Linha AS e Linha ASH. Para o processo de Desempeno, existe uma linha para AP e outra para AS.

3.6.3 Desenvolvimento das embalagens

Iniciou-se o desenvolvimento das embalagens dividindo as peças em quatro grupos, exibidos na Tabela 9, seguindo os seguintes princípios: a operação após a Granalhagem; o tipo de peça; e se passam pela operação de Fosfatação durante o seu ciclo de produção. Cada um dos grupos representa uma embalagem a desenvolver, respetivamente as embalagens FN_1, FN_2, FN_3 e FN_4.

Tabela 9 - Divisão das peças por grupos

Grupo	1	2	3	4
Peças	AP, AS	ASH	PL2, PFX3, PFX4, PFX5	PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR, PFX6
Operação após Granalhagem	Desempeno	Retificação	Retificação	Fosfatação
Tipo de peça	Árvores	Árvores	Pinhões	Pinhões
Fosfatação	Sim	Não	Não	Sim
Referência Embalagem	FN_1	FN_2	FN_3	FN_4

Para o desenvolvimento das diferentes embalagens, utilizaram-se os programas *Draftsight* e *Solidworks* para auxiliar, respetivamente, com desenhos 2D e 3D.

3.6.4 Embalagem FN_1

A embalagem designada por FN_1 foi desenvolvida para o transporte dos componentes AP JT4 e AS JT4 entre as operações de Granalhagem, Desempeno, Fosfatação e Retificação. O seu objetivo é ser comum às duas peças e ser utilizada para todos os fluxos de ligação de operações. A Figura 29 serve de representação dessa embalagem.

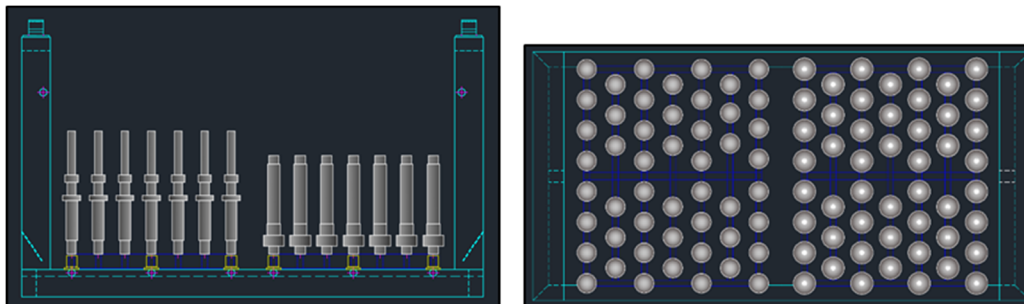


Figura 29 - Vista frontal embalagem FN_1 (à esquerda) e vista de topo (à direita)

O princípio de elaboração desta embalagem partiu do mesmo princípio que é utilizado atualmente na embalagem EM_5 para o transporte das AS JR. Nesta embalagem, as peças estão montadas na vertical e apoiadas pelo seu furo interior, numa estrutura com pequenos pinos metálicos, tal como se pode observar na Figura 30.

Assim, o objetivo seria transportar as peças AP e AS JT4 numa montagem semelhante, e logo se reparou que o nível a que as peças estão montadas na embalagem teria de ser mais baixo, pois o comprimento das mesmas é maior. Assim, na Figura 30 está o exemplo do pretendido, ao baixar o nível da estrutura para a base da embalagem.

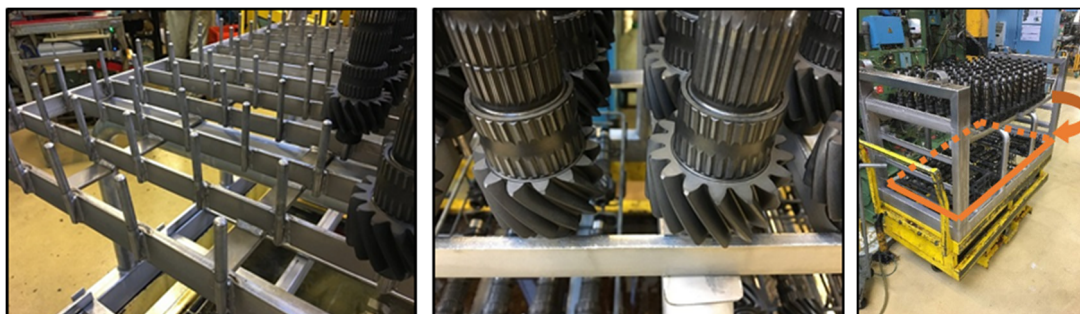


Figura 30 - Detalhe da embalagem EM_5 (à esquerda e ao centro); Demonstração da mudança de altura da estrutura da embalagem EM_5 para AS JR (à direita)

3.6.4.1 Dimensionamento da embalagem

Para dimensionar a embalagem, começou-se por chegar ao número de peças que esta tem capacidade de transportar. Foi necessário ter em consideração as dimensões da estrutura exterior da embalagem que é utilizada para a Fosfatação, pois esta tem medidas definidas que não podem ser alteradas, só o seu interior pode ser modificado. Para tal, através de desenhos 2D e 3D da embalagem e das peças em questão,

realizaram-se vários ensaios para determinar qual a quantidade máxima de peças que caberiam no espaço interior da embalagem.

Obtiveram-se dois resultados, um com 170 e outro com 181 peças, tal como se observa na Figura 31. As linhas verdes representam os limites da montagem da Fosfatação, e os círculos vermelhos os limites das peças.

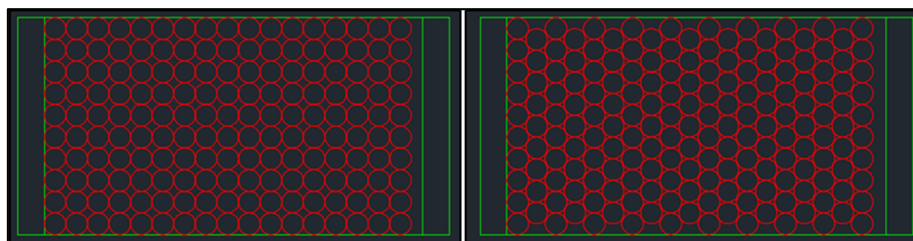


Figura 31 - Distribuição de 170 peças (à esquerda) e 181 peças (à direita)

Em segundo lugar, após obtido o valor máximo dimensional possível, introduziu-se o peso máximo admissível, pois, como referido anteriormente, o equipamento associado ao processo de Fosfatação, tem um limite de carga de 300 kg.

Assim sendo, apresenta-se na Tabela 10 os resultados do cálculo da quantidade máxima de peças possíveis de transportar, realizado através da equação (2), sendo que se admite um peso de 50kg para a embalagem vazia.

$$Qtd. \text{máxima} = \frac{\text{Peso máximo admitido} - \text{Peso da embalagem vazia}}{\text{Peso da peça}} \quad (2)$$

Ainda na Tabela 10, está representada a intersecção desse valor com o número de peças que provêm da operação anterior à Granalhagem, o Tratamento Térmico. Desta operação, tanto a peça AP JT4 como AS JT4, saem em lotes de 50 peças, ou seja, a embalagem FN_1 deverá poder transportar valores múltiplos de 50 peças.

Tabela 10 - Quantidade máxima das peças AP e AS JT4

Peça	Peso peça (kg)	Quantidade máxima calculada	Quantidade máxima múltipla de 1 lote
AP JT4	1,531	163	100
AS JT4	2,135	117	100

Alcançando este valor, dimensionou-se a embalagem tendo em conta uma distribuição uniforme das peças para o seu melhor acondicionamento. Optou-se ainda por realizar uma divisão visual de duas partes de 50 peças, possibilitando assim a colocação de, por exemplo, duas referências diferentes da mesma peça, ou até mesmo 50 AP mais 50 AS. Tendo o dimensionamento geral definido, para o detalhe do encaixe da peça, foi realizado um protótipo (Figura 32) com diferentes dimensões de diâmetros e comprimentos dos pinos, para ensaiar qual a dimensão que permitia uma melhor estabilidade da peça. Estava assim o dimensionamento da embalagem FN_1 finalizado.



Figura 32 - Protótipo para ensaio da dimensão dos pinos

3.6.4.2 Manipulações associadas

Com a utilização desta embalagem, os diagramas destas duas peças ficam representados na Figura 33 e na Figura 34, respetivamente, para AP e AS, em que se pode ver de imediato que não existem divisões em mais que uma embalagem, como existe para a CV JR.

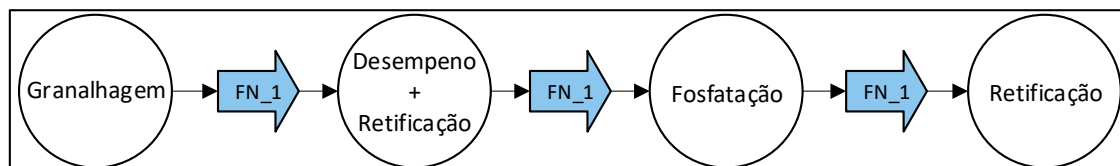


Figura 33 - Diagrama de fluxo da peça AP JT4

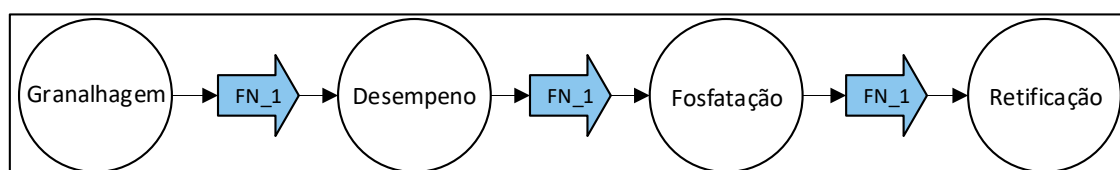


Figura 34 - Diagrama de fluxo da peça AS JT4

No que diz respeito às manipulações que estão associadas ao manuseamento da embalagem FN_1, destaca-se a inexistência de qualquer tipo de cesto de aprovisionamento de peças, contabilizando-se assim as seguintes manipulações:

- **Manipulação de peças** – quatro – referentes ao carregamento e descarregamento da embalagem.

3.6.5 Embalagem FN_2

A embalagem FN_2, representada na Figura 35, tem como intenção o transporte da peça ASH JT4 entre a operação de Granalhagem e a operação de Retificação. Esta peça, como foi possível observar na Figura 28, não passa pelas operações de Desempeno e Fosfatação. Assim, o objetivo desta embalagem seria ter o seu processo de carregamento e descarregamento o mais simples possível, tornando mais fluidas as atividades dos operadores e não criando mais atividades sem valor acrescentado.

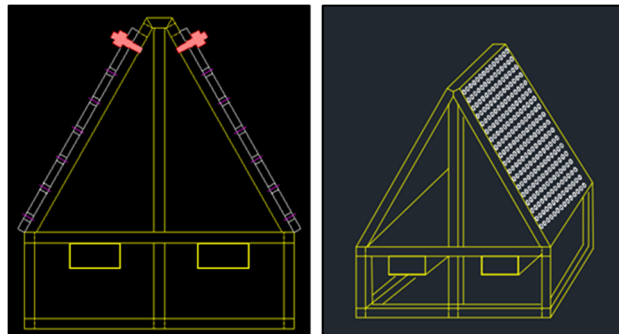


Figura 35 - Representação da embalagem FN_2

O objetivo prendeu-se em desenvolver uma embalagem semelhante à embalagem EM_4 que é utilizada para a peça AS JR, dado que esta possibilita o transporte de uma elevada quantidade de peças, facilmente carregáveis e descarregáveis.

3.6.5.1 Dimensionamento da embalagem

O dimensionamento desta embalagem iniciou-se, à semelhança da embalagem FN_1, ensaiando qual a quantidade máxima de peças que caberia dentro dos limites dimensionais que, neste caso, são os limites da placa de encaixe das peças e as medidas da base rolante que suporta a estrutura geral da embalagem (Figura 36).

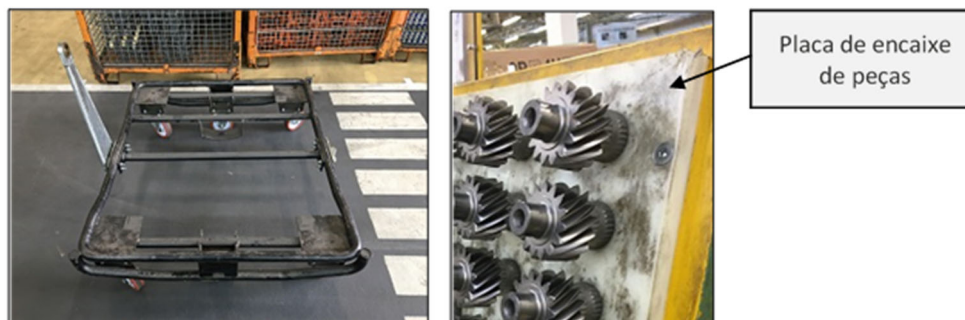


Figura 36 - Base rolante (à esquerda) e detalhe da embalagem EM_4 (à direita)

Na Figura 37, está representado o ensaio do número de peças ASH que caberiam dentro dos limites da placa utilizada na embalagem EM_4, testando se as medidas poderiam ser de certa maneira copiadas para a embalagem FN_1. As linhas verdes representam as dimensões da placa e os círculos vermelhos, os limites das peças.

Verificaram-se então duas distribuições de peças, uma com 165 e outra com 189 peças, o que representa um máximo de 330 ou 378 peças, respectivamente, visto que cada embalagem possui duas placas de encaixe de peças.

Cruzando estes dados com o número de peças que perfazem uma carga proveniente da operação de Tratamento Térmico, que são 378 peças, tem-se como escolhida a distribuição à direita, da Figura 37.

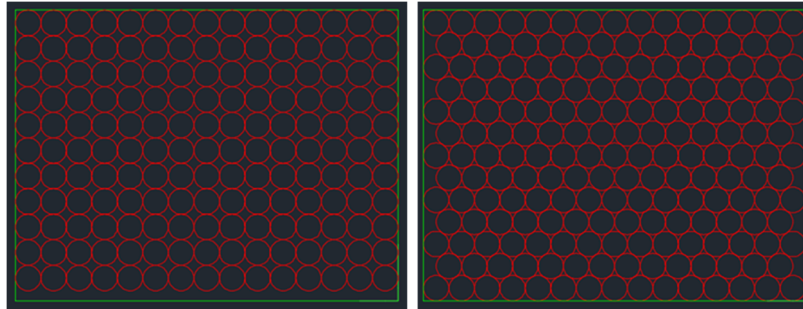


Figura 37 - Distribuição de 165 peças (à esquerda) e 189 peças (à direita)

No entanto, caso se aumentasse as medidas da placa, respeitando os limites da base rolante, ter-se-ia um maior espaço entre as peças, reduzindo assim as possibilidades de haver choques entre elas. Dessa maneira, a placa de encaixe das peças ASH foi dimensionada tal como representado na Figura 38, em que os círculos brancos representam as furações da placa onde vão encaixar as peças.



Figura 38 - Dimensionamento da placa para FN_2

Posteriormente, foi executado o dimensionamento da restante estrutura da embalagem, durante o qual surgiram alguns pontos a ter em atenção:

- Altura máxima e mínima da estrutura e da placa de encaixe das peças, para fácil carregamento e descarregamento por pessoas de diferentes alturas;
- Ângulo da estrutura, para maior estabilidade da peça;
- Fácil transporte da embalagem.

Para o esclarecimento dos referidos pontos, foi elaborado um protótipo para a realização de ensaios, de modo a obter os valores para altura e para o ângulo da estrutura. Podem-se ver algumas imagens desses ensaios na Figura 39.

Reunidos todos os dados obtidos no ensaio, finalizou-se o desenvolvimento da embalagem FN_2.

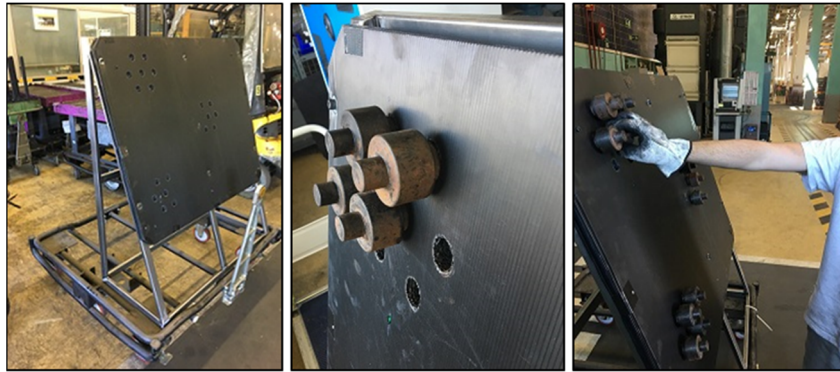


Figura 39 - Imagens do ensaio da altura e ângulo da placa

3.6.5.2 Manipulações associadas

Analisando as manipulações associadas a esta embalagem, pode-se apurar as seguintes manipulações:

- **Manipulação de peças** – duas – associadas ao carregamento e descarregamento da embalagem.

Desta maneira, o diagrama de fluxo da peça ASH JT4 pode ser observado na Figura 40.

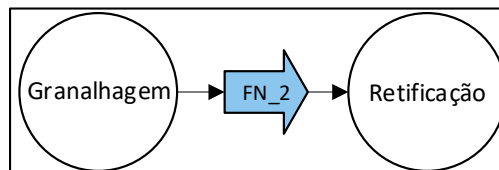


Figura 40 - Diagrama de Fluxo da peça ASH JT4

3.6.6 Embalagem FN_3

Para o transporte das peças PL2, PFx3, PFx4 e PFx5 da caixa de velocidades JT4, foi desenvolvida a embalagem FN_3, representada na Figura 41.

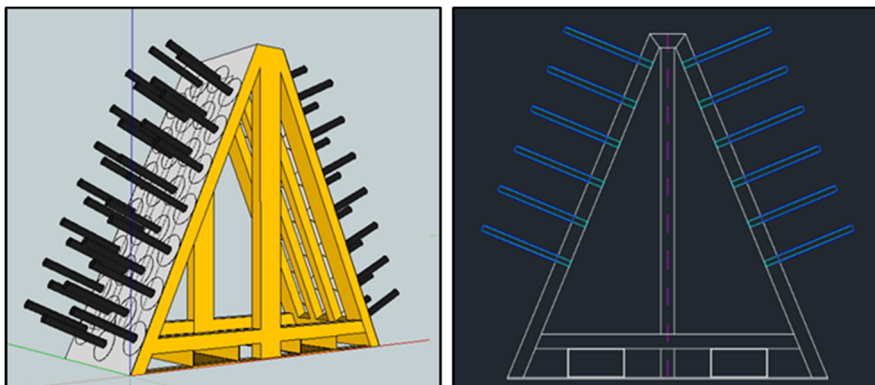


Figura 41 - Representação da embalagem FN_3

Esta embalagem foi desenvolvida a partir do mesmo princípio de funcionamento de uma embalagem utilizada para o transporte de outro tipo de peça na fábrica, representada na Figura 42, que se baseia numa estrutura com formato triangular, em que as peças são colocadas em colunas de suporte.



Figura 42 - Embalagem de exemplo/princípio para FN_3

3.6.6.1 Dimensionamento da embalagem

O desenvolvimento desta embalagem, iniciou-se comparando as dimensões das peças em questão e retirando quais as dimensões máximas e mínimas a ter em consideração para o dimensionamento das colunas de suporte – no espaçamento entre colunas, no seu comprimento e diâmetro.

Em primeiro lugar, verificou-se qual o número máximo de colunas possível de aplicar na estrutura, da qual resultaram os valores de 50 e 40 colunas por cada embalagem. Na Figura 43 está representado o ensaio do número de colunas, para um dos lados da estrutura.

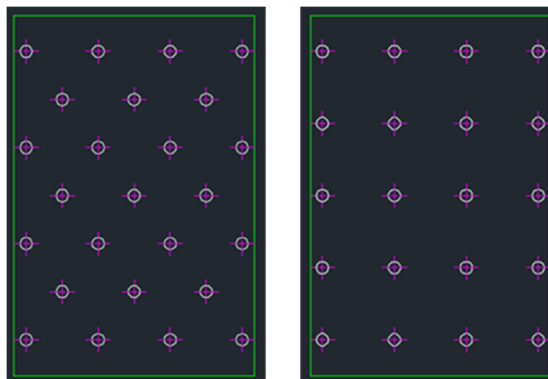


Figura 43 - Distribuição de 25 colunas (à esquerda) e de 20 colunas (à direita)

A escolha do tipo de distribuição depende principalmente do número mínimo de colunas que seria necessário para transportar a quantidade de peças pretendida. Sendo assim, averiguou-se qual a quantidade obrigatória de peças a transportar e calculou-se qual o número de colunas a ter.

O cálculo da quantidade máxima de peças a colocar por coluna foi realizado através da fórmula (3), arredondando para baixo os valores obtidos.

$$Qtd. \text{máxima} = \frac{\text{Comprimento da coluna}}{\text{Espessura da peça}} \quad (3)$$

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Quantidade máxima de peças por coluna

Peça	Quantidade máxima de peças por coluna
PL2	8
PfX3	15
PfX4	17
PfX5	17

Após obtidos estes resultados, analisaram-se as quantidades de peças provenientes do Tratamento Térmico, sabendo que o objetivo seria transportar numa embalagem dois lotes de cada peça. Dividiu-se essa quantidade de peças pelo número de peças máximo por coluna, e obteve-se o número de colunas necessário para transportar os dois lotes de peças. Estes resultados estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 - Quantidade de peças provenientes do Tratamento Térmico

Peça	Quantidade proveniente do Tratamento Térmico (2 lotes de peças)	Número de colunas necessário
PL2	216	27
PfX3	396	27
PfX4	576	34
PfX5	704	42

Chegou-se assim à conclusão que teria de ser utilizada a distribuição à esquerda da Figura 43, aplicando um total de 42 colunas (21 de cada lado) e possibilitando assim o transporte de dois lotes dos quatro tipos de peças. Isto permite ainda que se consiga transportar, por exemplo, um lote de um tipo de peça de um lado e um lote de outro tipo de peça do outro lado.

3.6.6.2 Manipulações associadas

No que diz respeito às manipulações e à sua caracterização, relativamente à embalagem FN_3, para qualquer uma das quatro peças que transporta (PL2, PfX3, PfX4 e PfX5 JT4), estão relacionadas as seguintes manipulações:

- **Manipulação de peças** – duas – ligadas ao carregamento e descarregamento da embalagem.

O diagrama de fluxo é idêntico para as quatro peças (Figura 44).

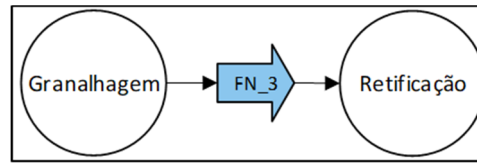


Figura 44 - Diagrama de Fluxo das peças PL2, PFx3, PFx4, PFx5 JT4

3.6.7 Embalagem FN_4

A embalagem FN_4 é a quarta embalagem desenvolvida para o transporte de peças e pode-se considerar a embalagem com maior complexidade de elaboração, devido a todas as limitações impostas ao nível dimensional. Esta embalagem, apresentada na Figura 45, irá transportar todas as peças do tipo Pinhão da CV JT4 que passam pela operação de Fosfatação, entre a Granalhagem e a Retificação, tais como: PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR e PFx6.

O objetivo seria desenvolver um novo interior para a embalagem de Fosfatação que permitisse ter o mínimo de manipulações possível e que eliminasse os cestos que são utilizados atualmente. Ter-se-ia então que criar uma embalagem que tivesse apenas de ser carregada após Granalhagem e descarregada na entrada da Retificação, isto apenas com a manipulação de peças.

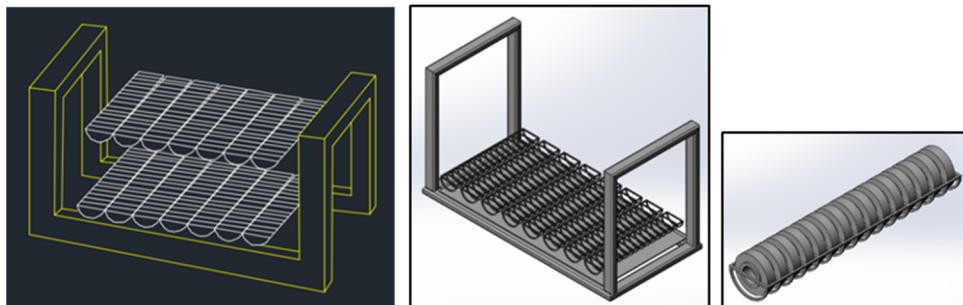


Figura 45 - Representações da embalagem FN_4

3.6.7.1 Dimensionamento da embalagem

Uma vez mais, para este tipo de embalagem existe um limite de peso imposto. Como tal, para o desenvolvimento da mesma, em primeiro lugar, analisaram-se os pesos das peças e as quantidades provenientes da operação de Tratamento Térmico.

De forma a determinar as quantidades máximas possíveis de transportar, foi utilizada a fórmula (2) e realizado um cruzamento dos resultados obtidos com os valores múltiplos de um lote de peças, obtendo assim a quantidade máxima de peças a transportar. Os resultados alcançados, que representam dois lotes de cada tipo de peça, estão representados na Tabela 13.

Utilizou-se o valor de 65 kg como peso da embalagem vazia.

Tabela 13 - Quantidades de PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR e PFx6 na embalagem

Peça	Peso peça (kg)	Qtd. Tratamento Térmico (1 lote de peças)	Qtd. máxima calculada	Qtd. máxima múltipla de 1 lote
PL1	1,023	90	229	180
PL3	0,507	192	463	384
PL4	0,622	144	377	288
PL5	0,624	144	376	288
PL6	0,670	144	350	288
PLMAR	1,079	108	217	216
PFx6	0,202	416	1163	832

Com as quantidades obtidas, iniciou-se o dimensionamento da embalagem, durante o qual foi constatado que havia diferenças significativas entre os diâmetros exteriores de PL1 e PLMAR e os diâmetros das restantes peças, o que levava a um incorreto acondicionamento de todas as peças. Foi então dividido o desenvolvimento da estrutura em dois modelos de embalagem:

- Embalagem FN_4.1 – para PL1 e PLMAR;
- Embalagem FN_4.2 – para PL3, PL4, PL5, PL6 e PFx6.

3.6.7.2 Dimensionamento da embalagem FN_4.1

O dimensionamento da embalagem FN_4.1 foi iniciado pela definição e desenho das medidas da estrutura que vai suportar cada uma das peças, representada na Figura 46, e de seguida, fazendo a sua distribuição pela embalagem, para compreender quais as dimensões totais e qual a distribuição das peças.

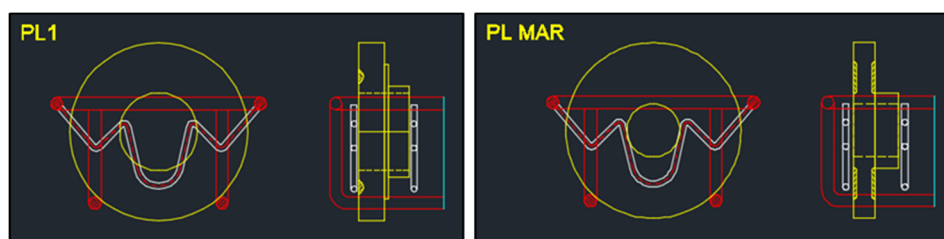


Figura 46 - Detalhe da estrutura de suporte para PL1 e PLMAR

Prontamente verificou-se que seriam necessários dois patamares na estrutura, cada um com capacidade para 112 peças, pois as dimensões das peças não permitem a colocação de um maior número dentro dos limites. Desta forma, o resultado obtido está representado na Figura 47, em que o patamar inferior é fixo e o superior é basculante, para que se possa aceder ao inferior.

Em síntese, com a embalagem FN_4.1 é possível transportar 180 ou 216 peças, respectivamente de PL1 e PLMAR.

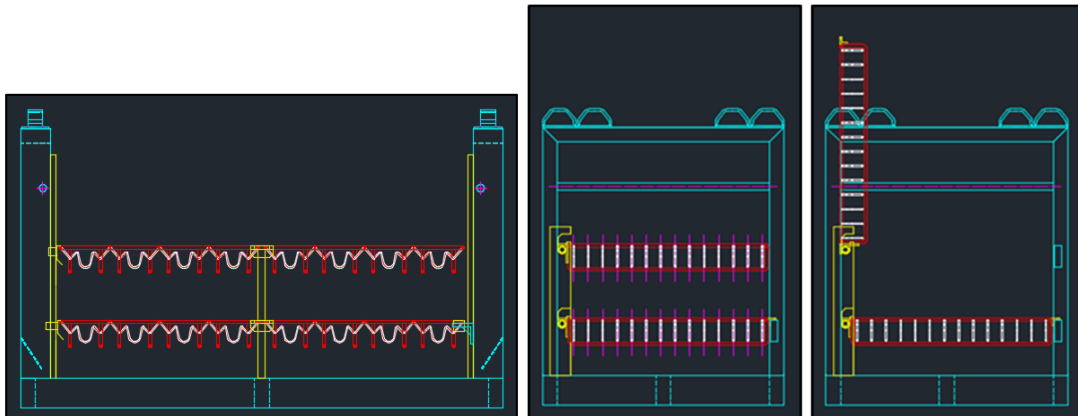


Figura 47 - Embalagem FN_4.1, vista frontal (à esquerda); Vista lateral com estrutura fechada (ao centro) e com estrutura aberta (à direita)

3.6.7.3 Dimensionamento da embalagem FN_4.2

O dimensionamento desta embalagem foi elaborado da mesma forma da anterior, começando pela definição da estrutura de suporte das peças. Esta, representada na Figura 48, foi desenhada para ser compatível com todas as peças e transporta uma peça de PL3, PL4, PL5 e PL6 em cada abertura ou duas peças do PFX6.

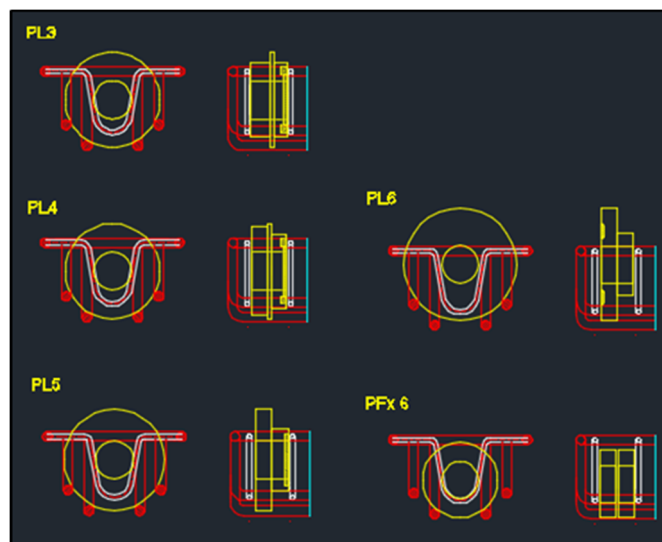


Figura 48 - Detalhe da estrutura para PL3, PL4, PL5, PL6 e PFX6

Também foi percebido que apenas um nível de peças não seria suficiente, pois o máximo que este poderia acondicionar seriam 140 peças. Criou-se então uma estrutura com três patamares, possibilitando assim o carregamento de um total de 420 peças. Esta estrutura está representada na Figura 49, e as quantidades de peças a distribuir pelos patamares definidas na Tabela 14.

Tabela 14 - Quantidade de peças por patamar

Peça	Qtd. total de peças a transportar	Divisão das peças pelos patamares		
		Patamar inferior	Patamar intermédio	Patamar superior
PL3	384	140	140	104
PL4	288	140	140	8
PL5	288	140	140	8
PL6	288	140	140	8
PfX6	832	140	140	412

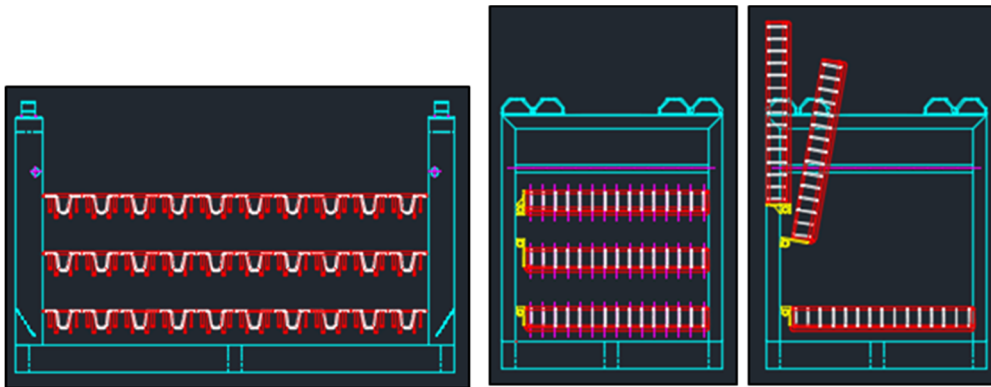


Figura 49 - Embalagem FN_4.1, vista frontal (à esquerda); Vista lateral com estrutura fechada (ao centro) e com estrutura aberta (à direita)

3.6.7.4 Manipulações associadas

Utilizando as embalagens FN_4.1 e FN_4.2 para o transporte de PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR e PFx6, os fluxos das peças aparentam-se mais fluidos e diretos, sem mudanças de embalagens ou divisões das mesmas, tal como apresentado na Figura 50.

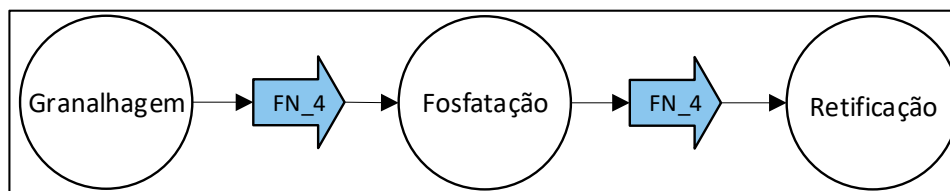


Figura 50 - Diagrama de Fluxo das peças PL1, PL3, PL4, PL5, PL6, PLMAR e PFx6 JT4

Atendendo às manipulações associadas a estas duas embalagens, estas caracterizam-se e contabilizam-se da seguinte maneira:

- **Manipulação de peça** – duas – no carregamento e no descarregamento da embalagem.

3.6.8 Cálculo das quantidades de embalagens necessárias

Os cálculos das quantidades necessárias de cada tipo de embalagem, seguem um *standard* da empresa, que indica que “por cada zona de abastecimento e expedição de produto acabado, serão necessárias 3 posições para os contentores (1 em consumo, 1 cheio, 1 vazio)”, como representado na Figura 51 (Renault, 2017).



Figura 51 - Standard de 3 embalagens (Adaptado de Renault, 2017)

Segundo este princípio, a Granalhagem, o Desempeno e a Retificação são consideradas zonas de abastecimento ou expedição, enquanto a Fosfatação não se trata de uma dessas zonas, mas sim de uma operação em que as embalagens entram e saem, sem haver interação com as peças. Seguindo a regra, as quantidades de embalagens que foram calculadas por cada linha estão apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 - Quantidade de embalagens

Embalagem	Peça	Granalhagem	Desempeno	Retificação	Total
FN_1	AP	3	3	3	18
	AS	3	3	3	
FN_2	ASH	3	-	3	6
FN_3	PL2	3		3	12
	PfX3		-		
	PfX4	3		3	
	PfX5				
FN_4.1	PL1	3	-	3	12
	PLMAR	3		3	
FN_4.2	PL3	3		3	18
	PL4				
	PL5	3	-	3	
	PL6				
	PfX6	3		3	

Tendo definidas as quantidades de embalagens necessárias, procedeu-se ao cálculo da área resultante para o armazenamento das mesmas, apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 - Área ocupada pelas embalagens

Referência	Quantidade	Comprimento (m)	Largura (m)	Área da embalagem (m ²)	Área ocupada (m ²)
FN_1	18	1,40	0,75	1,05	18,90
FN_2	6	1,40	1,20	1,68	10,08
FN_3	12	1,60	0,75	1,20	14,40
FN_4.1	12	1,40	0,75	1,05	12,60
FN_4.2	18	1,40	0,75	1,05	18,90

Somando as áreas apresentadas, perfaz um total de 74,88 m² ocupados por uma quantidade de 66 embalagens.

3.7 Síntese do estudo desenvolvido

Serve o presente subcapítulo para resumir o estudo apresentado anteriormente.

3.7.1 Síntese das embalagens desenvolvidas

Com o estudo realizado, verifica-se que podem ser usadas cinco diversidades de embalagens para o transporte de catorze peças. Na Tabela 17 apresenta-se essa mesma síntese.

Tabela 17 - Síntese embalagens desenvolvidas

Referência	Peça(s)	Operação de origem	→	Operação de destino
FN_1	AP, AS	Granalhagem	→	Desempeno
		Desempeno	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação
FN_2	ASH	Granalhagem	→	Retificação
FN_3	PL2, PFx3, PFx4, PFx5	Granalhagem	→	Retificação
FN_4.1	PL1, PLMAR	Granalhagem	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação
FN_4.2	PPL3, PL4, PL5, PL6, PFx6	Granalhagem	→	Fosfatação
		Fosfatação	→	Retificação

3.7.2 Síntese das manipulações associadas às embalagens desenvolvidas

Com cinco variedades de embalagens e diferentes ligações de processos que estas realizam, as manipulações que trazem associadas podem ser comprovadas na Figura 52, sendo que o total associado à ligação entre os processos de Granalhagem, Desempeno, Fosfatação e Retificação é de 32 manipulações.

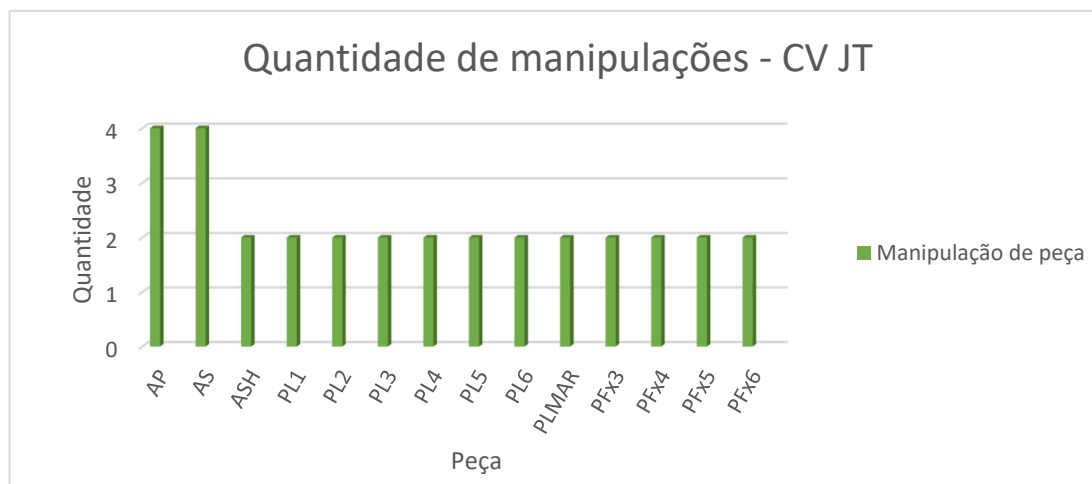


Figura 52 - Quantidade de manipulações associadas às embalagens desenvolvidas

3.7.3 Custos associados

A eliminação do número de manipulações e a criação de embalagens novas têm um custo associado. Assim sendo, o custo das embalagens desenvolvidas está apresentado na Tabela 18. Esses valores foram obtidos através de consultas realizadas junto de alguns fornecedores e da análise dos valores de compras de embalagens semelhantes, anteriormente realizadas pela empresa.

Tabela 18 - Custos das embalagens desenvolvidas

Embalagem	Preço unitário (€)	Quantidade	Preço total (€)
FN_1	2500	18	45.000
FN_2	2300	6	13.800
FN_3	1500	12	18.000
FN_4.1	5000	12	60.000
FN_4.2	5000	18	90.000

O investimento total necessário nas embalagens desenvolvidas é de 226.800 €.

3.8 Análise e comparação dos resultados

Uma vez que o objetivo deste estudo se centra na eliminação do número de manipulações no processo produtivo da CV JT4 em relação ao processo da CV JR, desenvolvendo novas variedades de embalagens para o transporte das peças, chegou-se à conclusão que o número total de manipulações de um processo produtivo para o outro, é reduzido em cerca de 30%, mesmo com um acréscimo do número de componentes a transportar (Figura 53).

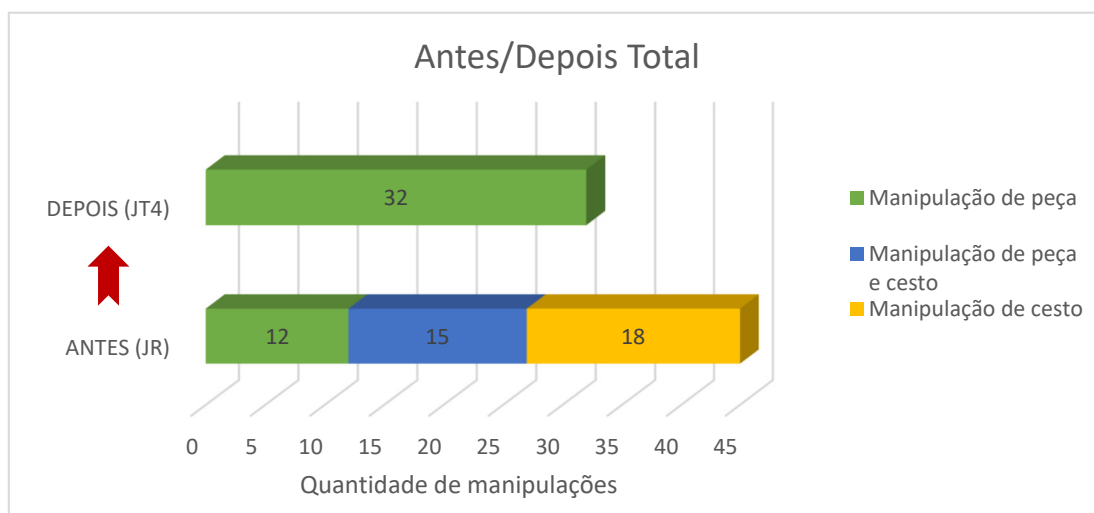


Figura 53 - Antes e depois da quantidade de manipulações no processo produtivo

Fazendo uma análise por cada grupo de peças, consoante os seus fluxos produtivos, verificam-se os seguintes resultados relativos ao total de manipulações, sintetizados ainda na Figura 54 e na Figura 55:

- Árvore Primária – Redução do número total de manipulações de 7 para 4 e eliminação do uso de cestos;
- Árvore Secundária – Redução da quantidade de manipulações de 10 para 4;
- Pinhões com Fosfatação – Redução de 6 para duas e eliminação dos cestos;
- Pinhões de Granalhagem para Retificação – Eliminação do uso de cestos, significando a eliminação de duas manipulações de peça e cesto e transformando apenas em duas manipulações de peça.

Destaca-se como ponto de maior importância, a eliminação de todo o tipo de cesto para o transporte de peças, acabando assim com movimentações e deslocamentos extra e desnecessários para o processo produtivo, indo de encontro a uma filosofia com zero desperdícios.

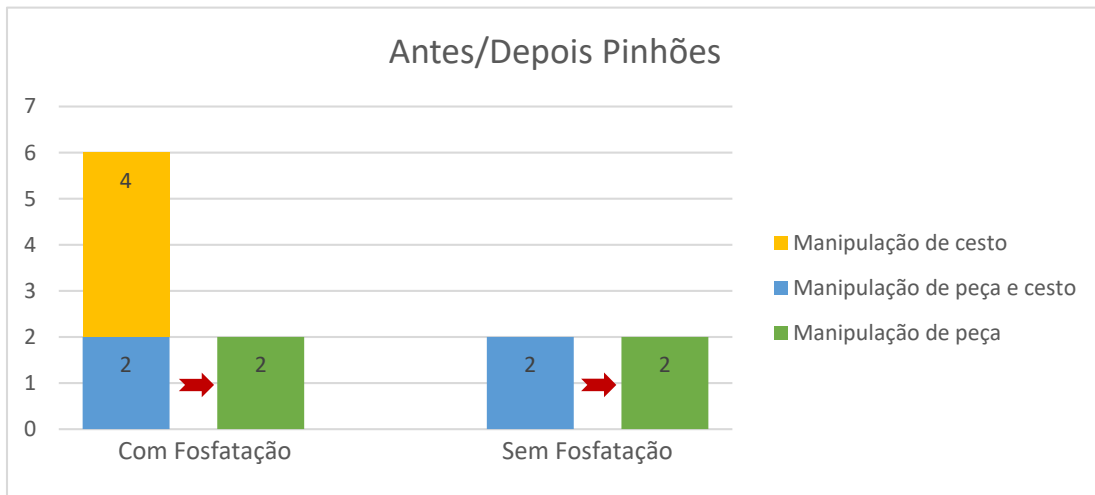


Figura 54 - Antes e depois da quantidade de manipulações para Pinhões

É possível ainda concluir que a quantidade total de embalagens em uso desce 22%, enquanto a área para o seu armazenamento diminui em cerca de 8% (Tabela 7). Assim sendo, pode-se resumir na Figura 56 os principais valores associados à análise e comparação dos resultados.

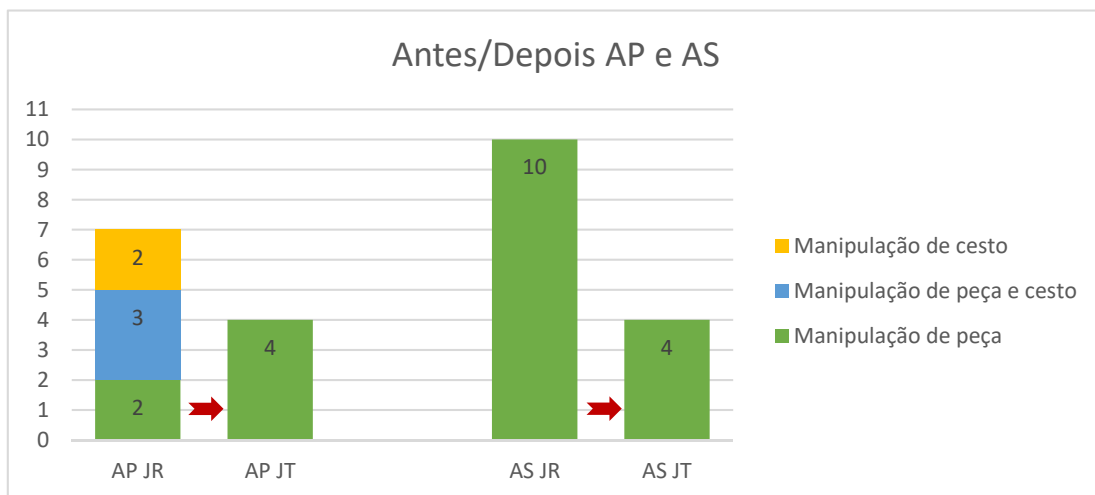


Figura 55 - Antes e depois da quantidade de manipulações para AP e AS

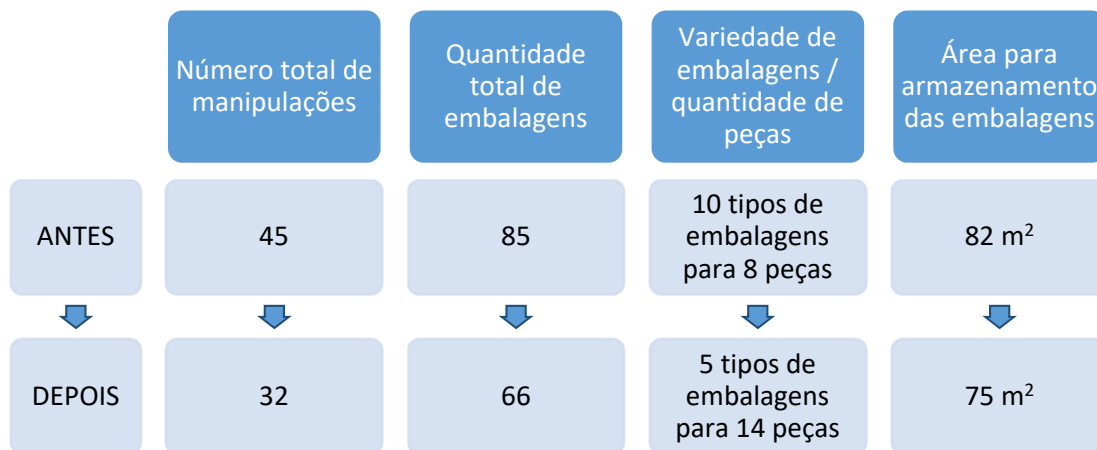


Figura 56 - Síntese das análise e comparação dos resultados

3.9 Análise do retorno financeiro

Foi ainda realizada uma análise do retorno financeiro do investimento em novas embalagens. Para isso, foi necessário, em primeiro lugar, realizar uma comparação do modo de funcionamento que se teria sem esse investimento. Sendo assim, foram consideradas as quantidades e os diagramas de fluxo anteriormente apresentados, com o uso das embalagens desenvolvidas, dos ciclos produtivos das peças JT4, para a avaliação do número de manipulações associadas, caso se trabalhasse segundo o princípio de embalagens usado para a Caixa de Velocidades JR. Os resultados obtidos estão exibidos na Tabela 19.

Tabela 19 - Quantidade de manipulações JT4 usando o princípio de embalagens JR

Peça	Quantidade de manipulações de peças	Quantidade de manipulações de cestos	Quantidade de manipulações de peças e cestos
PL1		2	2
PL2			2
PL3		2	2
PL4		2	2
PL5		2	2
PL6		2	2
PLMAR		2	2
PFx3			2
PFx4			2
PFx5			2
PFx6		2	2
AP	2	1	2
AS	4		
ASH			2
TOTAL	6	15	26

Tendo em conta uma produção anual de 650.000 caixas de velocidades (Renault Cacia, 2017), o que, considerando 48 semanas de trabalho, 7 dias por semana e 3 turnos (de 8 horas cada) por dia, equivale a 644 caixas por turno, são obtidas as quantidades de cargas necessárias produzir por cada turno, utilizando a fórmula (4) e multiplicando os resultados pelo número de manipulações de cada tipo, expostos na Tabela 19. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 20.

$$Qtd. \text{ de cargas necessárias} = \frac{\text{Produção de CV por turno}}{\text{Quantidade de peças por carga}} \quad (4)$$

Tabela 20 - Quantidades de cargas e manipulações por turno

Peça	Qtd. por carga	Qtd. de cargas necessárias	Qtd. total de manipulações de cestos	Qtd. total de manipulações de peças e cestos
PL1	180	4	8	8
PL2	216	3	0	6
PL3	384	2	4	4
PL4	288	3	6	6
PL5	288	3	6	6
PL6	288	3	6	6
PLMAR	216	3	6	6
PfX3	396	2	0	4
PfX4	576	2	0	4
PfX5	704	1	0	2
PfX6	832	1	2	2
AP	100	7	7	14
AS	100	7	0	0
ASH	378	2	0	4

Considerando o custo de mão de obra de 6 € por hora, podem-se obter os valores mensais dispensados no manuseamento de cestos ou na manipulação de peças e cestos. As manipulações de peças não são consideradas, pois vão sempre ocorrer com ou sem cestos. Na Tabela 21 verifica-se esse cálculo.

Tabela 21 - Cálculo dos gastos em manipulações

Tipo de manipulação	Tempo de 1 manipulação (min)	Frequência por turno	Tempo por turno (min)	Custo mão de obra (€/hora)	Custo mensal (€/mês)
Manipulações de cestos	0,5	45	22,5	16,65	12.387
Manipulações de peças e cestos	2	72	114		

Com estes dados, e tendo em conta o valor do investimento, anteriormente calculado, aplicando a equação (5) é possível obter qual o período para a recuperação desse investimento, tendo em conta a poupança mensal adquirida.

$$\text{Período de retorno (Payback)} = \frac{\text{Valor do Investimento}}{\text{Poupança Mensal}} \Leftrightarrow \quad (5)$$

$$\Leftrightarrow \text{Período de retorno (Payback)} = \frac{226800}{12387} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \text{Período de retorno (Payback)} = 18,31 \text{ meses} \simeq 1 \text{ ano e 6 meses}$$

Conclui-se assim que um investimento de 226.800 € reflete-se numa poupança mensal de 12.387 €, e será recuperado ao final de 1 ano e 6 meses.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo encontra-se dividido em duas partes, as conclusões, onde se irá realizar uma análise ao trabalho desenvolvido e ao cumprimento dos objetivos traçados, e as propostas de trabalhos futuros, onde se destacam propostas de atividades que podem ser realizadas após as implementações deste estudo.

4.1 Conclusões

De uma forma geral, podem-se considerar todos os objetivos cumpridos, em particular a redução do número de manipulações associadas ao processo de fabrico em causa.

Em primeiro lugar, partindo de uma observação profunda dos modos de funcionamento dos vários processos atuais, foi possível fazer uma análise crítica e realizar um desenvolvimento de novos meios de acondicionamento e transporte de peças, transpondo os melhores princípios de funcionamento do processo da CV JR, e mesmo criando ideias de raiz.

Iniciou-se o desenvolvimento de 4 embalagens, mas no seu decorrer, verificou-se a necessidade de desenvolver uma 5ª embalagem, para obedecer a todos os dados de entrada do projeto.

Relativamente ao cumprimento dos objetivos traçados, pode-se sintetizar que a quantidade de manipulações é reduzida em 30%, com a aplicação de 5 diferentes embalagens para o transporte de 14 componentes da nova CV JT4. Esta redução não apresenta apenas impacto nas condições de trabalho ou nos modos de funcionamento, mas tem influência também na área ocupada em armazenamento de embalagens, reduzindo-a em 8%.

As embalagens desenvolvidas possibilitam resumir as seguintes conclusões:

- ✓ Eliminação do *muda* do processo produtivo em diversas vertentes, tais como o espaço de armazenamento, movimentações, transportes, ergonomia e condições de trabalho:
 - ✓ Redução da área necessária para o armazenamento de embalagens;
 - ✓ Eliminação do uso de cestos para o transporte das peças;
- ✓ Redução dos custos em atividades sem valor acrescentado;
- ✓ Fluidez dos fluxos produtivos, sem quebras e divisões das quantidades de peças em transporte;

Um importante fator atingido é este último ponto, permitindo um ganho de 136,5 minutos, por cada turno, de tempo despendido em manipulações associadas ao uso dos mesmos. Apesar do investimento (226.800 €), ao fim de cerca de um ano e meio, é possível obter retorno do mesmo.

4.2 Proposta de trabalhos futuros

Identificam-se como propostas de trabalhos futuros provenientes do estudo efetuado, as seguintes atividades:

- Aplicação do princípio 5S para a normalização das zonas produtivas que irão servir para o armazenamento das embalagens;
- O estudo e aplicação dos *standards* de rastreabilidade do processo, com as embalagens desenvolvidas;
- Aplicação de princípios logísticos tais como a utilização de *Automated Guided Vehicles* (AGV) para o transporte das embalagens entre diferentes zonas;
- Automatização das atividades de carregamento e descarregamento das embalagens, para ou desde uma máquina.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Alkhoraif, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2018). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*.
<https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.100089>
- Ávila, P., & Cavaco, I. (2008). *Processo Conceito e Fundamentos*.
- Carreira, B. (2005). Lean Manufacturing that Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits. In *American Management Association*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=rzhMnwEACAAJ>
- Carver, J. (2013). The Ten Principles of Material Handling. *Material Handling Institute*. Retrieved from <http://www.mhi.org/>
- Dailey, K. W. (2003). Lean Manufacturing Pocket HandBook. In *DW Publishing Co*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=lkRQAAAACAAJ>
- Feld, W. M. (2001). Lean Manufacturing Tools, Techniques, and How to Use Them. In *CRC Press*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=BcYgCAAQBAJ>
- Green, J. C., Lee, J., & Kozman, T. A. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research*, 48(10), 2975–2993. <https://doi.org/10.1080/00207540902791819>
- Handfield, R. B., & Nichols, E. L. (2002). Supply Chain Redesign : Transforming Supply Chains Into Integrated Value Systems. In *Financial Times Prentice Hall*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=XG-u73Fu8QYC>
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2018). Learning to evolve. *Entrepreneurial Learning*, 24(10), 994–1011. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Liker, J. K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. In *McGraw-Hill*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=eZutzPww02EC>
- Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, 3(2015), 890–897.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>
- Ortiz, C. A. (2006). Kaizen assembly : designing, constructing, and managing a lean assembly line. In CRC Press (Ed.), *CRC Press*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=h9bLBQAAQBAJ>
- Paul Brunet, A., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426–1446.
<https://doi.org/10.1108/01443570310506704>

- Peinado, J., & Graeml, A. (2007). Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços). In *UnicenP*. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000000093>
- Renault Cacia. (2017). *Cacia Eficácia*.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). Learning to See. In *Lean Enterprise Institute*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=mrNIH6Oo87wC>
- Smith, A., & Thangarajoo, Y. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, 4(2), 1–5. <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Sorli, M., Sopelana, A., Taisch, M., Al-Shaab, A., & et al. (2010). Applying lean thinking concepts to new product development. *International Conference Advances in Production Management Systems Book of Abstracts*, 50. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228452501_Applying_Lean_thinking_concepts_to_New_Product_Development
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2011). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, 29(5), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.005>
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2013). Manufacturing Facilities Design & Material Handling. In *Purdue University Press*. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=aE4ltwEACAAJ>
- Syltevik, S., Karamperidis, S., Antony, J., & Taheri, B. (2018). Lean for airport services: a systematic literature review and agenda for future research. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(1), 34–49. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2016-0135>
- Wilson, L. (2010). How to Implement Lean Manufacturing. In McGraw-Hill (Ed.), *McGraw-Hill*. Retrieved from <https://books.google.nl/books?id=gJFJ1A7aR-8C>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. In *Free Press* (Vol. 18). <https://doi.org/10.1007/BF01807056>
- Wyrwicka, M. K., & Mrugalska, B. (2017). Mirages of Lean Manufacturing in Practice. *Procedia Engineering*, 182, 780–785. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.200>
- Yamagar, A. C., & Ravanan, P. M. (2010). Material Management By Using Lean Manufacturing Principles a Case Study. *Proceedings of the 2nd International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems*, 104–112. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/7caf/605c65b499d8afd7ab4d448e7a3e804c45fcc.pdf>

