FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Melhorias de Processos na Produção de Componentes

André Filipe dos Santos Costa Ferreira da Silva

PARA APRECIAÇÃO POR JÚRI

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor José Barros Basto

Co-orientador: Engª Clementina Dinis

25 de Janeiro de 2016

© André da Silva, 2016

Resumo

Segundo Chase e Jacobs na 13ª Edição do livro "Operations and Supply Chain Management", o acontecimento mais significante no mundo das operações e da gestão de abastecimento nos últimos 50 anos foi o aparecimento da produção em Lean.

O Lean Thinking espalhou-se rapidamente nos vários setores de atividade e negócio, e o sucesso que este pensamento tem alcançado continua a atrair empresas de vários tamanhos e cada vez são mais as organizações a orgulharem-se de seguir esta filosofia e a obterem excelentes resultados no que toca à redução de desperdícios, a melhorias de qualidade, produção, serviços orientados ao cliente e lucros. No entanto, existe um grande desafio para qualquer empresa que siga este pensamento, o de efetuar uma busca contínua pela competitividade e pela melhoria dos seus processos e produtos.

É com esta necessidade que surge o meu projeto com vista à melhoria dos processos na produção de componentes na 4Lean, Lda.

O presente trabalho tem então como principais objetivos a redução de stocks, através da revisão dos kanbans nos supermercados dos componentes que são usados para a montagem de estruturas Lean pela empresa, e a melhoria dos processos na zona de soldadura, onde se produzem esses mesmos componentes, onde se pretende reduzir tempos de soldadura e defeitos, aumentando assim os índices de qualidade.

Durante a realização deste trabalho foi ainda possível efetuar trabalhos envolvendo o tratamento de reclamações e problemas de qualidade de outros produtos, como a criação de um posto da qualidade para testes de alguns componentes.

Abstract

According to Chase and Jacobs in the 13th Edition of the book "Operations and Supply Chain Management", the most significant approach of the past 50 years in the world of operations and supply management is Lean production.

Lean Thinking spread quickly in various sectors of activity and business, and the success it has achieved this aproach continues to attract companies of various sizes and there are more and more organizations take pride to follow this philosophy and to obtain excellent results with reduction of wastes, with quality improvements, production, customer oriented services and profits. However there is a big challenge to any company that follow this thinking, like making a continuous search for competitiveness and improvement of it's processes and products.

It is from this need that comes up my project to improve the processes in the production of components in 4Lean, Lda.

Then the present work has as main objectives the reduction of stocks, by reviewing the kanbans in the supermarkets of the components that are used for assembling Lean structures by the company and improving processes in welding zone, where they produce these same components , where it intends to reduce defects and welding times and therefore increase quality indexes.

During this work it was also possible to make work involving the handling of complaints and quality problems of other products such as the creation of a post of quality for some component tests.

Agradecimentos

Começo por dizer, que muitas foram as pessoas que contribuíram para a realização do meu trajeto universitário, que culmina com o desenvolvimento deste trabalho, todas merecem um especial reconhecimento e apreço. Como tal expresso o meu sincero agradecimento:

Ao Professor Américo Azevedo, pela disponibilidade que teve, pelos conselhos transmitidos e por ter facilitado a proposta de dissertação em ambiente empresarial na 4Lean.

Ao meu orientador, Professor José Barros Basto, por toda a disponibilidade e ajuda nas várias fases deste projeto, pelas reuniões de aconselhamento e verificação do trabalho.

À Eng.ª Clementina Dinis, minha co-orientadora, e ao Eng.º Nuno Silva pela oportunidade que me deram em realizar este estágio na 4Lean, pelo conhecimento transmitido e pela confiança demonstrada no meu trabalho.

Ao Eng.º Francisco Martins, ao Eng.º Ivo Silva e a todos os funcionários da empresa, em especial àqueles que mais tempo passaram comigo no Pavilhão dos Componentes, como o Sr. Veloso e o Sr. José, cujo o empenho neste projeto e a ajuda na perceção do funcionamento da linha de produção e dos vários tipos de componentes foi fundamental para o sucesso do mesmo.

A todos aqueles cujo os seus trajetos se cruzaram com o meu ao longo destes anos, pela partilha de experiências e conhecimentos, dando um abraço especial ao Mário Ferreira pela ajuda prestada na escrita deste documento.

A toda a minha família, amigos e amigas, por todas as horas passadas boas e menos boas, por todas as experiências vividas, por todas as emoções sentidas, porque no fim acabamos sempre a rir e somos felizes, vocês sabem quem são.

Finalmente o mais especial de todos os agradecimentos, aos meus Pais e Irmã, porque sem eles nada disto teria sido possível, pelo carinho, pelo apoio e pela a paciência que têm comigo. Acima de tudo, pelos valores que sempre me transmitiram e fizeram de mim aquilo que sou hoje. Não podendo aqui deixar de referenciar o Jack, meu cão de raça Pastor Alemão, por todos os passeios que demos, que sempre foram uma fonte de tranquilidade e inspiração.

André Filipe da Silva

"Dúvida? Não. Mas luz, realidade
e sonho que, na luta, amadurece.
(...)Não há derrotas quando é firme o passo.
Ninguém fale em perder! Ninguém recua...
E a mocidade invicta em cada abraço
a si mais nos estreita. A pátria é sua."

Pedro Homem de Melo - "Aleluia"

Conteúdo

1 Introdução **1**
- 1.1 Enquadramento do Projeto . . . 1
- 1.2 Apresentação do Problema . . . 2
- 1.3 Objetivos . . . 2
- 1.4 Metodologia . . . 3
- 1.5 Estrutura da Dissertação . . . 3

2 Revisão Bibliográfica **5**
- 2.1 Lean Thinking e os seus princípios . . . 5
- 2.2 Cadeia de Abastecimento . . . 8
- 2.3 As Técnicas e Ferramentas Lean . . . 9
  - 2.3.1 Ciclo PDCA . . . 9
  - 2.3.2 Os 5S . . . 10
  - 2.3.3 Kanban . . . 11
  - 2.3.4 Gestão Visual . . . 13
  - 2.3.5 Heijunka (Produção Nivelada) . . . 14
  - 2.3.6 SMED - Single Minute Exchange of Die . . . 15
  - 2.3.7 Diagrama Causa-Efeito (Ishikawa) . . . 16
  - 2.3.8 Golden Zone . . . 17
- 2.4 Sistema Produtivo - Tipos de Produção . . . 17
- 2.5 Picking de Materiais . . . 18
- 2.6 Soldadura Manual (MMA/SMAW) . . . 19
  - 2.6.1 Gabarit de Soldadura . . . 20
- 2.7 Conclusão do Capítulo . . . 21

3 Análise e Caracterização da Empresa e dos seus Processos **23**
- 3.1 Apresentação da Empresa . . . 23
- 3.2 A Missão . . . 25
- 3.3 Produção e Produtos . . . 25
- 3.4 Estratégia . . . 27
- 3.5 Processos no Desenvolvimento do Produto . . . 28
  - 3.5.1 Receção da Encomenda . . . 28
  - 3.5.2 Desenvolvimento da Ideia . . . 28
  - 3.5.3 Desenvolvimento do Protótipo . . . 29
  - 3.5.4 Fase de Testes . . . 29
  - 3.5.5 Processos Produtivos . . . 29
- 3.6 Comunicação dentro da 4Lean . . . 32
  - 3.6.1 Comunicação nos Departamentos . . . 32

3.6.2 Comunicação entre os Departamentos 33

4 Revisão e Melhorias dos Kanbans e dos Supermercados do Pavilhão dos Componentes 35
4.1 Fase de Integração 35
4.2 Kanbans dos Componentes 38
4.2.1 Análise ao Processo da Criação dos Kanbans 38
4.2.2 Estado Inicial do Supermercado dos Componentes 41
4.2.3 Planeamento e Implementação das Melhorias 43
4.2.4 Resultados Obtidos 52
4.3 Kanbans dos Subcomponentes 57
4.3.1 Estado Inicial do Supermercado dos Subcomponentes 58
4.3.2 Planeamento e Implementações das Melhorias nos Subcomponentes . . . 60
4.3.3 Resultados Obtidos 63
4.4 Conclusões do Capítulo 63

5 Zona de Soldadura e Outras Melhorias 65
5.1 Análise ao Processo e ao Estado Inicial da Soldadura 65
5.1.1 Estado Inicial da Zona de Soldadura 66
5.2 Implementações e Melhorias na Zona de Soldadura 67
5.2.1 Implementação dos 5S's na Zona de Soldadura 67
5.2.2 Melhorias nos Gabarits de Soldadura 74
5.3 Resultados Obtidos 77
5.4 Outras Melhorias Desenvolvidas Durante o Estágio 78
5.4.1 Criação de um Posto de Controlo da Qualidade das Molas dos Braços . . 78
5.4.2 Gabarit de Montagem de Braços 83
5.4.3 Montagem Correta dos Pinos nas Várias Famílias 84

6 Conclusões e Trabalho Futuro 87
6.1 Satisfação dos Objectivos 87
6.2 Trabalho Futuro 88

A Criação de Critérios Para os Kanbans 89

B Revisão dos Kanbans dos Componentes 91

C Folha para o Preenchimento das Horas de Trabalho 97

D Relatório da Revisão no Stock dos Subcomponentes 99

E Folha para o Preenchimento das Horas de Trabalho 101

F Exemplos de Outros Gabarits de Soldadura 103

G Folha para o Preenchimento do Resultado dos Testes às Molas 107

Referências 109

Lista de Figuras

2.1 Os 5 Princípios da filosofia Lean, retirado de [1] 7
2.2 O Ciclo PDCA, retirado de [2] 10
2.3 Exemplo de Diagrama de Funcionamento do *Kanban*, retirado de [3] 12
2.4 Exemplo de Quadro de *Kanban* por Cores, retirado de [3] 12
2.5 Exemplo de Quadro de Planeamento *Kanban* por Cores, retirado de [3] 13
2.6 Exemplo de um *Poka-Yoke*, retirado de [4] 14
2.7 Exemplo de um Painel *Andon*, retirado de [5] 14
2.8 Exemplo de uma Caixa *Heijunka*, retirado de [6] 15
2.9 Estrutura de um Diagrama de Causa-Efeito de *Ishikawa*, retirado de [7] 17
2.10 Golden Zone, retirado de [8] 17
2.11 Equipamento da Zona de Soldadura, retirado de [9] 19
2.12 Soldadura Manual, retirado de [10] 20
2.13 *Gabarit* de soldadura do BaseWagon na 4Lean 21

3.1 Planta do Pavilhão junto à Sede 24
3.2 Planta do Pavilhão dos Componentes 24
3.3 Exemplo de Estrutura em *4Lean System* (Tubo Redondo) 26
3.4 Exemplo de Estrutura em *4Lean System Plus* (Tubo Quadrado) 26
3.5 Quantidade de Componentes Produzidos na 4Lean nos primeiros 5 Anos 27
3.6 Exemplo de *Stickers* usados na 4Lean 28
3.7 Guilhotina usada na 4Lean 29
3.8 Quinadeira usada na 4Lean 30
3.9 Puncionadora Maqfort usada na 4Lean 30
3.10 Serra de fita no Pavilhão dos Componentes usada na 4Lean 31
3.11 Esquadrejadora usada na 4Lean 31
3.12 Máquina de Furar Tubo Quadrado usada na 4Lean 32
3.13 Serra para Tubo Redondo e Rolos do Pavilhão da Sede usada na 4Lean 32
3.14 Local da Reunião do Departamento dos Projetistas na 4Lean 33
3.15 Local da Reunião DOR na 4Lean 33

4.1 Exemplo de OPL sobre a Arrumação das Cadeiras e Bancos na Fábrica 36
4.2 Exemplo de TR sobre a Alteração de um Subcomponente 37
4.3 Quadro do meu Projeto da Revisão dos Kanbans dos Componentes na sala dos Projetistas 38
4.4 Supermercado dos Componentes no Pavilhão dos Componentes na 4Lean 39
4.5 Organograma dos Departamentos na 4Lean 39
4.6 Exemplo de um Kanban Verde do Componente C-PG10 na 4 Lean 41
4.7 Exemplo de uma Prateleira do Supermercado dos Componentes 41

4.8 Exemplo de um Kanban dos Componentes com informação pouco visível 42
4.9 Estado do Quadro de Kanbans dos Componentes 42
4.10 Simplificações nos Braços 4Lean System Plus e Mini-wagons 45
4.11 Simplificações nos Pinos 46
4.12 Simplificações nos Braços 4Lean System 46
4.13 Simplificações nas Pegas 47
4.14 Simplificações nas Juntas para Rodas 48
4.15 Simplificações nas Juntas para Tubos 49
4.16 Lista dos monos em Dezembro de 2015 50
4.17 Informação visível colocada nos supermercados para conhecimento dos trabalhadores do pavilhão 50
4.18 Estantes do supermercado dos componentes com as juntas para tubos e para rodas 53
4.19 Estante ocupada com os braços, pinos e com várias prateleiras vazias 54
4.20 Estantes ocupadas com os monos e os componentes que deixaram de ser produzidos para stock 54
4.21 Estado do quadro de kanbans em Dezembro de 2015 55
4.22 Gráfico do Nº Ruturas diário antes das implementações 56
4.23 Gráfico do Nº Ruturas diário depois das implementações 57
4.24 Estado inicial do supermercado dos subcomponentes 58
4.25 Estado inicial do quadro dos subcomponentes 59
4.26 Estado do sequenciador de corte no serrote 60
4.27 Estado do sequenciador da guilhotina 60
4.28 Algumas simplificações nos kanbans dos subcomponentes 61
4.29 Estado do quadro de kanbans dos subcomponentes em Dezembro de 2015 62

5.1 Estado Inicial da Zona de Soldadura 66
5.2 Estado da Zona de Soldadura após o primeiro passo dos 5S's 67
5.3 Algum do material retirado da zona de soldadura 68
5.4 Disposição pensada para a zona de soldadura 68
5.5 Mesa de soldadura nova 69
5.6 Estrutura para os gabartis de soldadura ao nível da visão 70
5.7 Base-Wagon para a zona de soldadura 70
5.8 Estrutura para o picking de subcomponentes 71
5.9 Exemplo da soldadura do BR-3 com a nova mesa e a estrutura para o picking . . 71
5.10 Estrutura com os gabarits de soldaduras nas caixas identificadas 72
5.11 Vista da zona de soldadura pela abertura principal 73
5.12 Vista da zona de soldadura para o supermercado dos subcomponentes pela a abertura secundária 73
5.13 Gabarits de soldadura pintados a vermelho na estrutura 74
5.14 Componentes que tinham a sua qualidade garantida pelos gabarits 75
5.15 Exemplo de uma ponteira do ARM-003 que não estava centrada 76
5.16 Exemplo da utilização do gabarit para a ponteira do ARM-003 76
5.17 Componentes que tinham a sua qualidade garantida pelos gabarits aquando do fim do estágio 77
5.18 Tipo de mola usada no ARM-003 79
5.19 Gabarit construido para quinar a segunda ponta das molas dos ARM-003 80
5.20 Zona para a montagem dos braços 81
5.21 Exemplos de Mini-wagon com o braço BR-3 que os une num comboio logístico . 81
5.22 Quadro construido para expor os comprimentos para os braços e os gabarits . . . 82

5.23 Quadro construido para expor os comprimentos para os braços e os gabarits . . . 82
5.24 OPL do controlo de qualidade dos braços do 4Lean System e do 4Lean System Plus 83
5.25 Demonstração do funcionamento do gabarit de montagem do BR-7 84
5.26 Pino de chapa - PIN-003 85
5.27 Exemplo de estrutura projetada em 4LeanSystem com o pino de chapa 85
5.28 OPL da escolha correta do pino para as estruturas em 4Lean System Plus 86

A.1 Página 1 da Instrução Geral criada para a criação de um novo kanban 89
A.2 Página 2 da Instrução Geral criada para a criação de um novo kanban 90

B.1 Página 1 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas . 91
B.2 Página 2 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas . 92
B.3 Página 3 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas . 92
B.4 Página 4 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas . 93
B.5 TR com as mudanças no stock das juntas para tubos 94
B.6 TR com as mudanças no stock das juntas para rodas 95

C.1 Exemplo de folha entregue ao chefe de equipa do pavilhão dos componentes para o preenchimento das horas de trabalho diárias 98

D.1 TR da revisão de stock nos subcomponentes 100

E.1 Exemplo de uma das folhas com a tabela onde se registavam os setups diários da puncionadora 101

F.1 Gabarit que garante a centralidade, horizontalidade e verticalidade das juntas com tudo redondo 104
F.2 Gabarit para uma pega inclinada que foi produzida em MTO no total de 90 unidades 105

G.1 Folha para o registo dos testes às molas dos braços de tubo quadrado 107

Lista de Tabelas

4.1 Tipos de Kanbans existentes na 4Lean 40
4.2 Resultado da Análise ABC às Vendas dos Componentes com Kanban 44
4.3 Resultado do reajustamento dos componentes em stock 52
4.4 Horas de trabalho em MTS e MTO antes da revisão final dos kanbans componentes 56
4.5 Horas de trabalho em MTS e MTO após a revisão final dos kanbans componentes 56

5.1 Reclamações registadas sobre os componentes soldados 78

Abreviaturas e Símbolos

DOR	Department Orientation Reunion
GOPE	Gestão das Operações
MIEEC	Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
MTO	Make To Order
MTS	Make To Stock
OPL	One Point Lesson
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPS	Toyota Production System
TR	Technical Request
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (termos em japonês)
7W	7 Wastes

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo introdutório é apresentado um enquadramento do trabalho desenvolvido, bem como a apresentação do problema, os objetivos da dissertação e a metodologia de investigação. Já na parte final deste capítulo, é feita por mim uma breve descrição da organização desta dissertação.

1.1 Enquadramento do Projeto

Este projeto surgiu no culminar do curso Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular Dissertação da especialização em Gestão Industrial do ramo de Automação do MIEEC, tendo sido efetuada na empresa 4Lean, Lda, sob o tema "Melhorias de Processos na Produção de Componentes".

Nesta dissertação, que teve a duração de 4 meses, serão analisados alguns dos processos na produção de componentes da 4Lean, entre os quais, o processo de criação de kanbans e da existência de material em stock e o processo de soldadura dos componentes.

Face à crise financeira e à forte concorrência industrial e evolução dos mercados, as organizações necessitam cada vez mais de ter flexibilidade e forte capacidade de adaptação à mudança. É requerido uma melhoria nos seus processos e operações de forma a reduzir os custos e oferecer elevados níveis de serviço, para as empresas se tornarem mais competitivas nos mercados e garantir a satisfação total do cliente.

Na tentativa de garantir essa satisfação e assegurar a sustentabilidade da organização, diversas empresas têm-se preocupado em reduzir desperdícios no chão da fábrica em vez de fazerem grandes investimentos a nível tecnológico, comercial ou técnico. Desta forma as empresas têm uma produção flexível de forma a conseguirem responder rapidamente às constantes mudanças dos mercados e têm-se tornado mais competitivas através da apreensão e aplicação de novas filosofias de trabalho, entre muitas, a filosofia Lean.

Grande parte das medidas que foram implementadas neste trabalho baseiam-se no pensamento designado por Lean Thinking, que teve origem no Japão, no também conhecido Toyota Production System. As ferramentas/metodologias Lean são muito fáceis de se perceber, porém, a dificuldade

encontra-se na sua aplicação num ambiente industrial com muita pressão, cansaço, em que os trabalhadores querem apenas cumprir o seu trabalho diário. Esta abordagem Lean tem a vantagem de ter custos muito reduzidos, focando-se apenas nas formas de trabalhar e mentalidade dos operadores. Um desafio importante num trabalho destes é implementar uma cultura organizacional necessária para que metodologias de melhoria consigam ser bem implementadas e produzir efeito.

É com o cenário de base, anteriormente caracterizado, que será abordado este projeto para a melhoria dos processos na produção de componentes, de uma empresa que adotou a filosofia Lean e produz soluções Lean.

1.2 Apresentação do Problema

Atualmente melhoria é a palavra que qualquer pessoa gosta de ouvir, é significado de algo positivo e de uma diferença de um estado para outro melhor. A melhoria é atingida através de um estudo intensivo do estado em causa, para se perceber aquilo que pode fazer para melhorar esse mesmo estado.

Um dos grandes problemas atuais das indústrias é a dificuldade em aguentar um mercado tão competitivo em que qualquer erro cometido a nível de produção, de ineficiência operacional e/ou desperdício pode comprometer seriamente o futuro da indústria em questão. Por esta razão, as indústrias tentam encontrar e implementar os melhores métodos de satisfazer as necessidades dos clientes, reduzindo os tempos de produção e os custos e aumentando a qualidade, ou seja, fazer mais com menos.

Assim sendo, no caso deste trabalho, o problema que se pretende melhorar é o da produção de componentes e dos seus processos, com vista a melhorar a qualidade dos próprios componentes que depois são aplicados na construção de soluções Lean que vão desde as áreas de postos de trabalho, comboios logísticos, supermercados, armazéns, logística externa e gestão Lean. O principal desafio na implementação destas melhorias foi o de haver a criação de componentes novos todas as semanas.

1.3 Objetivos

O principal objetivo desta dissertação é então o de melhorar os processos da produção de componentes e ao mesmo tempo melhorar essa mesma produção. Para tal, ficou decidido numa reunião com a empresa que seriam abordadas as seguintes áreas da produção:

• Revisão do stock e dos Kanbans dos Componentes, com o objetivo de criar critérios para a criação de kanbans, reajustar o valor dos kanbans à realidade atual das vendas, reduzir stocks, eliminar monos e evitar ruturas de stock;

• Melhorias de processos na zona de soldadura, com o objetivo de se melhorar o espaço da soldadura (5S's) e criar gabarits de forma a melhorar a qualidade dos componentes, reduzir defeitos e reclamações e reduzir tempos de soldadura.

Inicialmente ficou definido que faria também parte do projeto analisar a máquina da quinagem, de forma a melhorar a qualidade e reduzir os tempos dessa operação. No entanto, como será analisado neste relatório noutro capítulo, durante o decorrer da revisão do stock dos componentes a empresa optou por alargar esta parte do projeto e acrescentar também aos meus objetivos a revisão do stock e dos kanbans dos subcomponentes, em que se pedia que reduzisse o stock e eliminasse monos.

1.4 Metodologia

O trabalho está dividido nos 2 grandes objetivos falados no ponto anterior, em que ambos serão trabalhados em 3 fases distintas:

1º- Fase de Estudo e Preparação

2º- Fase de Desenvolvimento e Implementação

3º- Fase de Verificação e Padronização das Ações Implementadas

4º- Propostas de melhorias futuras

Durante e após a realização dos 2 objetivos, terei a fase da escrita da dissertação que relata todo o trabalho desenvolvido.

1.5 Estrutura da Dissertação

Para além da introdução, esta dissertação contém mais 5 capítulos. No capítulo 2, é descrito o estado da arte e toda a pesquisa envolvente com o trabalho realizado. No capítulo 3, é feita a apresentação da empresa e dos respetivos processos da mesma. No capítulo 4, retrata-se o trabalho desenvolvido no Pavilhão dos Componentes no que toca à revisão e melhorias nos Kanbans e dos Supermercados. No capítulo 5, apresenta-se as melhorias realizadas na soldadura e outras melhorias desenvolvidas durante o estágio. Finalmente no último, capítulo 6, são feitas as conclusões e é apresentado o trabalho futuro.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feito o enquadramento teórico. É explicada a origem do pensamento Lean, sendo este a base do trabalho desenvolvido; são também abordadas e explicadas as metodologias e ferramentas de melhoria, relacionadas com o trabalho desenvolvido, sendo para isso feitas diversas referências bibliográficas ao longo do capítulo.

2.1 Lean Thinking e os seus princípios

Todo o conjunto de conceitos e metodologias que mais tarde foram classificadas por Lean Manufacturing surgiram nos anos 50, na fábrica da Toyota, num período de reconstrução do Japão após a 2ª Guerra Mundial. Houve então nos anos 50 uma mudança do paradigma a nível do método de produção que nos Estados Unidos da América era baseado em produção em massa, onde estava envolvido muito capital e muita mão-de-obra. O Japão encontrava-se então numa situação muito oposta à dos EUA, uma vez que o país se encontrava completamente destruído pela guerra e não havia investidores e consequentemente dinheiro para se poder investir e dinamizar de novo a indústria.

Curiosamente, foram dois consultores norte-americanos, Dr. Joseph Juran e Dr. W. Edwards Deming, que foram para o Japão a seguir à guerra para ajudar na reconstrução do país, que se tornaram os principais impulsionadores da nova cultura industrial no Japão. A primeira edição do livro de Joseph Juran, intitulado de "Quality Control"(considerada obra de referência), de 1951, levou os japoneses a convidá-lo no ano seguinte para ser consultor em indústrias japoneses, chegando a dar aulas em várias universidades [11]. Este focava-se mais na produção com qualidade, abrangendo todas as áreas de uma empresa.

Por sua vez Deming que estava a trabalhar de forma independente, defendia que uma organização com bons princípios de gestão iria ter menos custos e mais qualidade, como se pode perceber na seguinte frase: “No one knows the cost of a defective product - don’t tell me you do. You know the cost of replacing it, but not the cost of a dissatisfied customer.” - W.Edwards Deming. Eiji Toyoda e Taichii Ohno, da Toyota, depois de constatarem que o tipo de produção usado pelo mundo todo não servia para o Japão, criaram então o TPS - Toyota Production System.

Assim sendo, os responsáveis do sistema de produção da Toyota (TPS) começaram a implementar nas fábricas da Toyota técnicas e pensamentos ao nível da produção revolucionários, dando principal atenção para a capacidade do sistema de produção em conseguir responder rapidamente às variações de mercado, ou seja flexibilidade, para a mão-de-obra motivada e qualificada e para uma redução de todos os desperdícios. Além disso, passou a haver um envolvimento muito diferente dos operadores, isto é, estes sabem a carga de trabalhos que têm pendente, que é fundamental para que sintam alguma pressão, responsabilidade e motivação, já que um dos objetivos desta filosofia é evitar o retrabalho e retificação dos produtos no final da produção, que corresponde a um custo muito elevado de muitas empresas. Para isso, foi transmitida essa responsabilidade para os operadores, através de uma confiança total nas suas capacidades.

As décadas seguintes foram fundamentais para o surgimento e melhoria das ferramentas e metodologias do Lean Manufacturing, uma vez que os resultados iam sendo cada vez mais animadores, de tal maneira que na década de 90, o termo Lean ficou conhecido no livro “The Machine that Changed the World", Womack et al. [12]. Este livro juntamente com outros anteriores, fez com que o Lean ganhasse uma dimensão global em que muitas indústrias de todo o Mundo tentaram adotar esta filosofia também. Em “Lean Thinking”, de Womack et al. [13], os autores apresentaram 5 princípios fundamentais que qualquer organização que pretenda implementar esta filosofia tem de seguir de forma a alcançar o mesmo sucesso que a indústria Japonesa alcançou. Sendo assim, os 5 princípios chave da filosofia Lean são:

- **Valor:** consiste em especificar e identificar o que cria valor para o cliente, da perspetiva deste em cada produto ou serviço, pois são estas características que fazem a diferença no momento da decisão por parte do cliente.

- **Cadeia de Valor:** identifica e define todas as etapas do processo necessárias pelas quais o produto ou o serviço tem de passar para serem concluídos de forma a satisfazer o cliente consoante a sua encomenda.

- **Fluxo:** eliminar ações/etapas que não acrescentem valor para o cliente de maneira a tornar o processo o mais fluído possível entre si.

- **Puxar (Sistema tipo Pull):** produzir apenas aquilo que é necessário, isto é, o que é pedido pelo cliente (just-in-time) evitando-se assim a acumulação de stocks.

- **Perfeição:** este princípio tem como objetivo a qualidade e a eliminação de todos os desperdícios, sendo por isso uma autêntica jornada de melhoria contínua, que tem de ser realizada em conjunto com todos os envolvidos nas etapas da cadeia de valor.

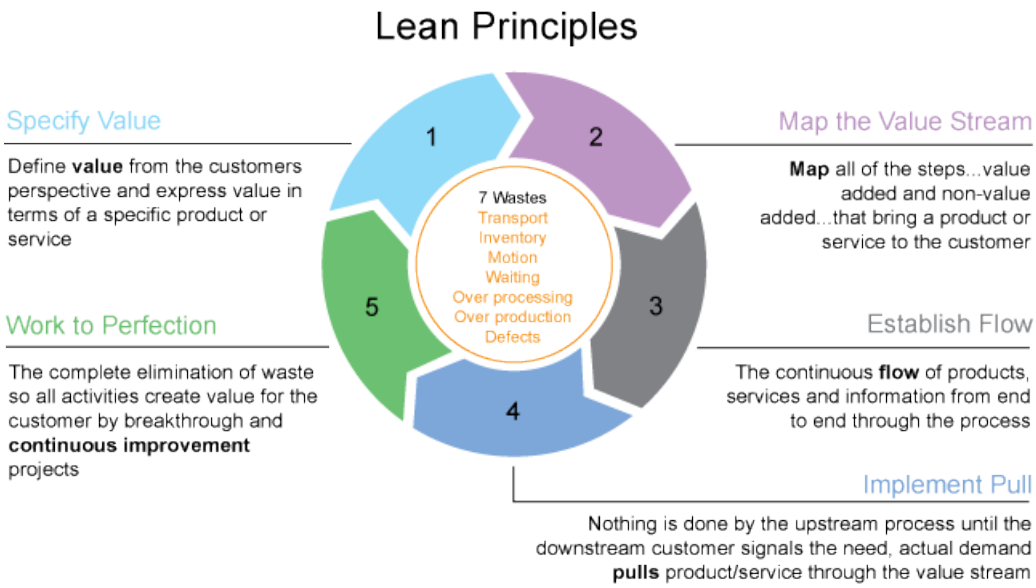


Figura 2.1: Os 5 Princípios da filosofia Lean, retirado de [1]

Como podemos ver pela figura acima, a filosofia Lean está directamente ligada com a redução ou eliminação dos desperdícios, para isso foram listados por Ohno [14] os conhecidos "7 desperdícios" ou "7W" pela TPS. Estes 7 desperdícios são então considerados, os maiores tipos de perdas na indústria, sendo divididos da seguinte maneira:

- **Transporte:** todas as deslocações que não são necessárias para transportar materiais ou outro tipo de coisas, e que não acrescentam valor para o cliente, fazem com que se perca tempos enormes, que têm efectivamente de ser reduzidos.

- **Inventário:** o excesso de material quer seja sob a forma de matérias-primas, de WIP, ou de produtos já acabados, fazem com que se ocupe espaço importante e o material perde valor.

- **Movimentação:** todas as movimentações desnecessárias que fazem os operadores perderem tempo enquanto estão no seu local de trabalho.

- **Espera:** é um desperdício brutal, pois vários estudos indicam que as matérias primas passam bem mais de metade do tempo paradas à espera de serem trabalhadas, quer seja devido à falta de material, ferramentas, ou tempo em que o operador não está a trabalhar (tempos-mortos).

- **Sobreprodução:** deve-se produzir apenas aquilo que o cliente pede, ou seja, nunca produzir mais do que aquilo que é pedido, é um desperdício que se vê regularmente em indústrias que produzem em grandes lotes/quantidades.

• **Sobreprocessamento:** normalmente são realizadas operações desnecessárias para produzir aquilo que é pretendido, quer sejam por erro do operador ou da máquina, que fazem com que os custos sejam maiores, logo os lucros serão menores.

• **Defeitos ou Retrabalho:** são todos os erros que acontecem durante a produção, que obriga os operadores e as máquinas a refazerem o mesmo trabalho novamente. Estes erros tem que ser obviamente reduzidos, uma vez que representam custos elevados.

Atualmente diz-se haver mais um desperdício, passando a ser então os "7W + 1", sendo esse o desperdício do conhecimento dos trabalhadores, ou seja, situações em que se possuem trabalhadores com grande conhecimento e grandes capacidades, mas as suas mais-valias estarem a ser desaproveitadas, ocupando esses trabalhadores com trabalhos bastante simples.

Toda esta filosofia Lean, constituída pelos elementos vistos acima, é implementada através duma cultura de: eliminação de desperdícios, análise das causas principais, procura pelos erros principais, observação in loco, respeito pelos funcionários, simplificação dos processos, foco no "chão" da fábrica (Gemba) e através do trabalho estandardizado/padronizado. Os resultados que podem ser obtidos com estas implementações são vários: menor tempo de ciclo, menos trabalho em processos, menos retrabalho e defeitos, menor tempo para responder às mudanças do mercado, aumento da moral dos funcionários e melhoria das medidas financeiras a longo prazo.

2.2 Cadeia de Abastecimento

O conceito de cadeia de abastecimento, ou supply chain como é abordado na literatura internacional, surge com o desenvolvimento das redes de transporte, sistemas de informação e da necessidade de melhorar a cadeia de valor de um produto, nomeadamente na relação entre fornecedor e cliente.

É importante perceber o conceito de cadeia de abastecimento e as metodologias de trabalho dos fornecedores, de forma a facilitar uma envolvência bem-sucedida entre comprador e vendedor numa forma de pensar Lean. Liker e Choi [15], acrescentam que perceber a forma de trabalhar de um fornecedor é o alicerce para se estabelecerem parcerias e que estas só são verdadeiramente criadas quando o comprador souber tanto do fornecedor, como este último do cliente. Vários são os fatores relevantes no critério de seleção de um fornecedor, tais como custos, qualidade e entrega. Liker e Choi dão então ênfase ao controlo de fornecedores mas em situações de ganho mútuo (win-win). Os autores insistem na ideia de estabelecer relações de confiança, definição de objetivos e de monitorização da performance dos fornecedores, com maior enfoque na qualidade e entrega dos produtos.

É preciso portanto procurar atingir níveis de serviço elevado para as empresas se manterem competitivas no mercado. Ling [16], apresenta para tal três considerações sobre gestão da cadeia

de abastecimento. Define a função da gestão da cadeia como sendo a de fabricar produtos conforme os requisitos do cliente; o objetivo da mesma como sendo a eficiência a nível de custos em todo o processo; e considera que o âmbito da gestão da cadeia de abastecimento conduz para um outro nível estratégico as atividades da empresa, desde que devidamente integrados fornecedores, produtores, retalhistas e consumidor.

Ferramentas lean ou outras técnicas que visem melhorar o sistema de abastecimento têm sido gradualmente utilizadas para se atingirem mais rapidamente as metas e objetivos que os mercados atuais exigem, com tempos de resposta mais curtos, custos reduzidos, qualidade perfeita e serviços personalizados, Pillet et al. [17]. Hines e Taylor [18] sugerem ferramentas que acrescentem mais detalhe e capacidade analítica que os mapas de fluxo de valor (Value Stream Mapping), tal como análises de processos, de custos, entregas e qualidade, de forma a identificar, por exemplo, duplicações de inventários ou onde ocorreram determinados defeitos.

Hagstrom e Wollner [19] e Van Weele [20] realçam a importância das análises e classificações ABC para se identificar quais os 20% de fornecedores e peças representam a maior percentagem de valor de custo (80%) e que estratégias adotar perante estes. Baudin em 2004 [21] por sua vez sugerem EDI (Electronic Data Interchange) e kanbans com fornecedores para gerirem o processo, mantendo os níveis de inventário precisos e definindo as ordens de transporte. O autor destaca a redução de inventários e o transporte e produção de peças apenas quando necessário, como as vantagens do uso de kanbans num sistema de gestão de inventário. Um outro tipo de gestão de inventários bastante comum para lidar com prazos de entrega curtos em empresas com práticas lean é o de consignação com fornecedores, segundo Lamming [22].

2.3 As Técnicas e Ferramentas Lean

As medidas Lean são aplicadas há várias décadas, tendo sido criadas à medida que foram passando os anos e as experiências de aplicação desta filosofia. São várias as técnicas e ferramentas essenciais para as melhorias quer ao nível da eficiência quer da eficácia nas empresas. Essencialmente são ferramentas que visam boas práticas de organização e gestão.

2.3.1 Ciclo PDCA

Este ciclo foi criado por William Deming nos anos 50 na Toyota Production System, no Japão. É um dos conceitos Kaizen, que defende que a vida da empresa é uma alternância entre inovação e melhoria contínua. O ciclo PDCA é caracterizado por ter 4 fases e segundo o Lean Enterprise Institute são as seguintes segundo Shook and Marchwinski [23]:

- **Plan:**planear todas as acções de melhoria que se pretendem implementar de forma a atingir os objectivos;

- **Do:** implementar e executar as acções de acordo com o planeado mas em pequenas partes da empresa ou da fábrica;

- **Check:** verificar e avaliar os efeitos que as implementações provocaram. Caso os resultados tenham sido positivos, pode-se começar a implementar de forma gradual em toda a empresa/fábrica;

- **Act:** Normalizar e estabilizar todas as mudanças implementadas que obtiveram sucesso. Não sendo os resultados positivos, deve-se corrigir e voltar a planear todo o ciclo novamente.



Figura 2.2: O Ciclo PDCA, retirado de [2]

2.3.2 Os 5S

Esta é uma ferramenta de grande utilidade no que toca à organização e limpeza do espaço de trabalho. Basicamente o que se faz é retirar todo o tipo de ferramentas não utilizadas frequentemente e organizar o espaço de forma a que cada trabalhador ou operário saibam onde estão cada peça/ferramenta que precisam, algo que melhora todo o processo produtivo. Os 5S foram implementados pela primeira vez em 1980 no Japão e é uma ferramenta composta pelos seguintes 5 passos, segundo Hirano [24]:

1. Seiri/Sort – começar por separar todo o material existente no espaço de trabalho, para se proceder a uma triagem, onde se vai retirar todas as ferramentas que o operador não precisa para realizar a sua tarefa, de forma a se obter mais espaço.

2. Seiton/Simplify – trata-se de toda a arrumação e organização do espaço, em que para isso se define lugares para cada coisa e se marcam esses lugares, de maneira a que os trabalhadores

saibam onde está cada ferramenta, e saibam também onde a colocar depois de a usarem.

3. Seiso/Shine – Limpar todo o posto de trabalho, já que depois de este estar arrumado se tem de garantir que permanece sempre limpo, para isso são criados métodos de limpeza, que garantem um ambiente de trabalho limpo e sem material desnecessário, de forma a evitar a confusão que muitas vezes origina erros de produção.

4. Seiketsu/Standardise – Aqui é realizada a normalização e uniformização de todas as medidas tomadas nos 3 primeiros 'S', ou seja, garante-se que toda a gente percebe e segue as regras como sendo a melhor maneira de garantir o sucesso.

5. Shitsuke/Sustain – Disciplinar todos os colaboradores e operários a manter os procedimentos criados anteriormente, pois só com a união e motivação de todos é possível cumprir constantemente com estas regras e assim conseguir que toda a gente se adapte às novas medidas e que mesmo com todas estas mudanças se consiga manter um desempenho elevado.

2.3.3 Kanban

Kanban é uma palavra japonesa que significa "cartão" ou "placa visível", é uma ferramenta do "Just-In-Time" (que defende que tudo deve ser feito no tempo certo) e foi uma ferramenta desenvolvida e aperfeiçoada através do TPS. Esta ferramenta, o que faz é agilizar a entrega e a produção de qualquer matéria prima, por outras palavras, ajuda-nos a decidir o que produzir, quando produzir e em que quantidades. Num contexto fabril, tal como diz Kiyoshi Suzaki [25], o kanban é um cartão que identifica a referência da peça, quantidade, origem e destino.

Criado por Ohno no final dos anos 50 nas linhas de produção da Toyota, os kanbans surgiram como uma solução para a tendência que as empresas tinham para produzir mais que o necessário. Ohno procurou então uma forma de reduzir ou eliminar o desperdício verificado, tentado produzir apenas o que o cliente queria, quando queria e nas quantidades pretendidas, numa lógica de Just In Time, Pillet et al. [17]

Segundo Srinivasan, um sistema de kanbans promove um fluxo ordenado por todos os processos da cadeia de abastecimento, produção e distribuição [26]. A ideia do uso de kanbans é o de reabastecer o stock automaticamente sem recorrer a planeamento de previsões ao pedir a montante o material apenas quando este é necessário, figura 2.3. Este processo a montante pode ser interno ou externo, segundo Baudin [21]. Ling em 2007 [16] descreve um sistema kanban entre dois pontos da cadeia logística onde a matéria-prima é transportada em caixas acompanhadas do respetivo kanban, e sempre que o material é consumido a jusante, o kanban dá origem a uma ordem de reaprovisionamento que é enviada a montante.

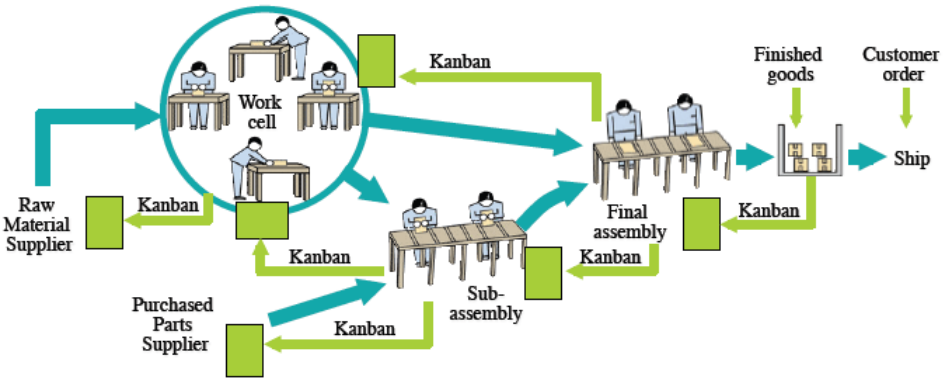


Figura 2.3: Exemplo de Diagrama de Funcionamento do *Kanban*, retirado de [3]



Figura 2.4: Exemplo de Quadro de *Kanban* por Cores, retirado de [3]

Pelo exemplo da figura 2.4, podemos verificar que os Kanbans são colocados dentro dos espaços com as cores (verde, amarelo e vermelho), enquanto são colocados nos espaços a verde significa que tudo está bem, a partir do momento em que se coloca no amarelo significa que se deve começar a produzir e caso chega ao espaço vermelho a produção deve então ser iniciada de imediato.

Por norma são usados cartões de várias cores, em que cada cor tem o seu significado. Habitualmente existem dois tipos de Kanbans físicos, os de movimentação e os de produção, em que são colocados os cartões de determinada cor que indicam que se deve começar a produzir ou transportar peças, de forma a permitir que a produção se realize. Sendo assim com esta sinalização todos os colaboradores passarão a visualizar os stocks de outra forma, ajudando-lhes a tomar decisões corretas, no que toca à produção e transporte, pois passam a faze-lo apenas quando necessário, reduzindo assim inúmeros desperdícios.

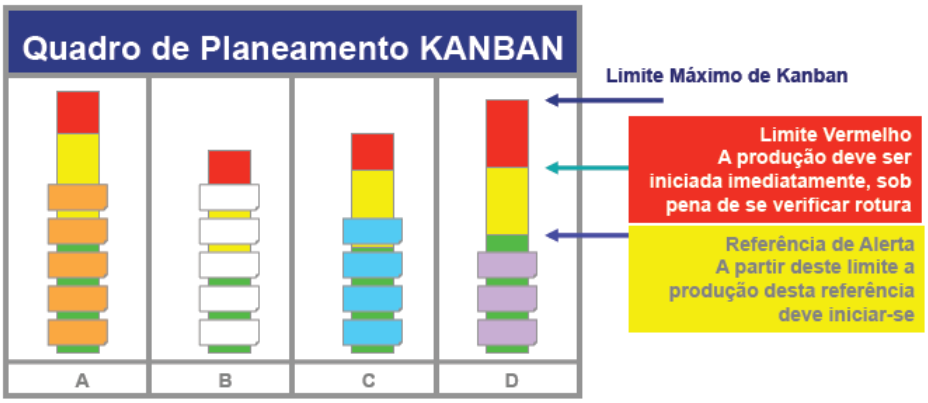


Figura 2.5: Exemplo de Quadro de Planeamento *Kanban* por Cores, retirado de [3]

2.3.4 Gestão Visual

A gestão visual é mais uma das ferramentas que é aplicada em "Lean Thinking", que surge quase que invariavelmente após se aplicar a regra dos 5S. Através de uma boa gestão visual qualquer pessoa, seja o diretor ou um funcionário, consegue facilmente se enquadrar no contexto da empresa, passando a saber o objetivo e o caminho a seguir. No entanto é possível também através da gestão visual rapidamente perceber se alguma falha está a acontecer e em que local acontece.

Vários estudos apontam que a visão seja responsável por 83% das informações captadas pelos humanos, enquanto os restantes 17% são repartidos pelos outros 4 sentidos.

Como tal, no contexto Lean a visão foi aproveitada da seguinte forma:

- Indicadores visuais, de leitura rápida e acessível em que apenas é mostrada uma informação, que sugere um comportamento;

- Sinais visuais do tipo Andon, como o apresentado na figura 2.7 que são bastante utilizados na "Shop Floor" ou por alguns equipamentos em que este tipo de painéis representa as eventuais falhas das próprias máquinas, ou até mesmo as falhas dos trabalhadores, para além disso apresentam também os resultados obtidos. Esta ferramenta é bastante útil no que toca à melhoria contínua dentro de uma fábrica, uma vez que permite perceções bastante úteis quase em tempo real, podendo-se reagir de forma rápida e eficaz àquilo que se observa;

- Dispositivos de garantia visual, que como o nome indica, garantem que apenas as coisas certas acontecem, como exemplo o "poka-yoke", como está especificado na figura 2.6.

- Controles visuais, que são os casos das linhas limitadoras, que restringem opções, obrigando a que não se escolham aleatoriamente os locais – exemplo: linhas limitadoras de um parque de estacionamento.

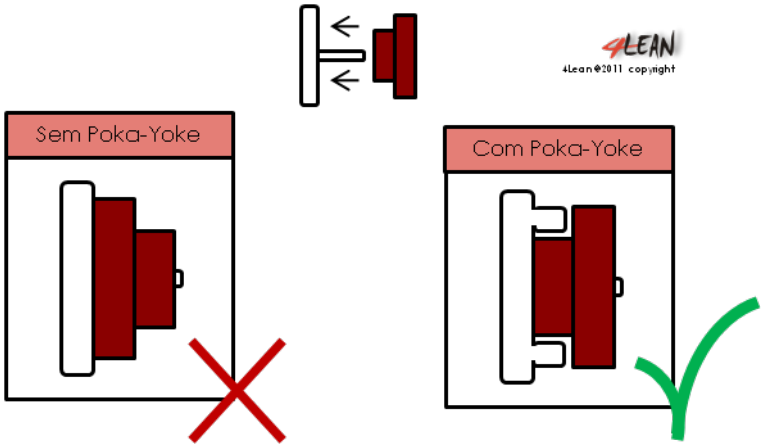


Figura 2.6: Exemplo de um *Poka-Yoke*, retirado de [4]



Figura 2.7: Exemplo de um Painel *Andon*, retirado de [5]

2.3.5 Heijunka (Produção Nivelada)

A Heijunka, que também advém da TPS, é basicamente uma ferramenta de agendamento de tarefas, que normalmente são organizadas em várias caixas, em linhas e colunas, como se fossem caixas de correio que facilita a visualização da cronologia das tarefas, para que não suscitem dúvidas. O objectivo máximo desta ferramenta é o de se obter uma produção nivelada (Production Leveling), ou seja, uma taxa de produção que não se altera independentemente da variação da procura de modo a que a capacidade de utilização da fábrica seja maximizada, Friddle [27].

Heijunka é então a criação de uma programação nivelada através do sequenciamento de pedidos que seguem um padrão repetitivo, onde normalmente cada linha representa o que se vai produzir, cada coluna representa o período de tempo com que se altera a produção. A produção nivelada, da forma como é utilizada na Toyota, permite a produção em pequenos lotes e a minimização dos inventários, que logicamente provocam:

• Uma maior rapidez na satisfação da procura dos clientes;
• Diminuição de stocks;
• Menor ocupação dos armazéns;

Para que Heijunka funcione com sucesso, tem de existir uma simbiose perfeita na triangulação entre a flexibilidade, a previsibilidade e a estabilidade. Isso quer dizer que com este método, sempre que existir uma grande procura do produto, a previsibilidade vai nivelar esta procura, a flexibilidade vai fazer com que o tempo de troca de produção de um produto diferente seja menor e por fim, a estabilidade que vai assegurar que o volume de produção ao longo do tempo seja contínuo.

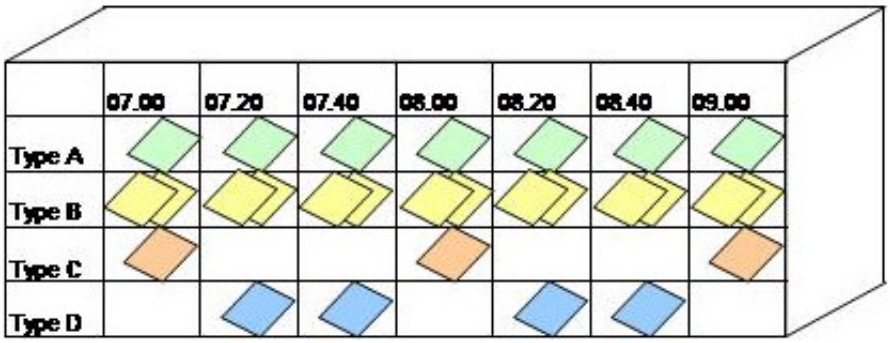


Figura 2.8: Exemplo de uma Caixa *Heijunka*, retirado de [6]

2.3.6 SMED - Single Minute Exchange of Die

É uma técnica para se reduzir o tempo de setup (preparação do equipamento desde que acaba a produção de um produto até ao início da produção do seguinte) e segundo Shingo [28] é possível ter um setup com a duração de um dígito, isto é, menos de 10 minutos. Tanco [29] refere que o tempo gasto em setups é considerado desperdício por ser uma operação que não acrescenta valor para o cliente e aumenta os custos de produção.

O objetivo desta ferramenta, depois de reconhecer todas as fases do processo de changeover, é identificar quais são as que se podem executar antes do equipamento ou máquina terminar o que está a fazer. Assim, essa preparação adiantada vai fazer com que o tempo de preparação seja diminuído. Marchwinski em 2004 [30], menciona que o changeover é o processo de mudança da produção de um tipo de produto ou peça para outro numa máquina alterando partes, moldes, acessórios, etc. O changeover time é medido como o tempo decorrido entre a última peça completa e a primeira peça boa em regime de cruzeiro. Os termos de changeover e setup são muitas vezes usados como sinónimos mas normalmente refere-se como setup à parte do changeover que se foca na configuração da máquina para alterar o tipo de produção.

Segundo Rubrich e Watson [31]:

• Designam-se por operações externas trabalhos que podem ser feitos enquanto a máquina está a trabalhar. Exemplo: transportar os recursos para perto do equipamento, preparar as ferramentas, etc.

• Operações internas são operações em que a máquina tem de estar parada, para desmontar ou substituir/acrescentar alguma peça.

Os quatro passos básicos para se implementar esta ferramenta, SMED, são:

1. Confirmar que operações externas estão a ser realmente executadas durante o tempo em que o equipamento está a trabalhar;

2. Separar operações internas das externas;

3. Converter operações internas em externas;

4. Reduzir todos os tempos de setup - melhoria contínua.

Para concluir, além dos 4 passos a cima descritos a standardização dos procedimentos é também uma ferramenta poderosa para redução do tempo de setup, Musa et al. [32].

2.3.7 Diagrama Causa-Efeito (Ishikawa)

É uma ferramenta visual que tem como objetivo demonstrar a relação existente entre o resultado de um processo (efeito) e os fatores que influenciam esse mesmo resultado (causas). Este diagrama 2.9 serve para identificar, explorar, salientar e mapear fatores que podem influenciar um problema. Segundo Pekar em 1995 [7], o Ishikawa pode ser construído através das regras dos 5M's (máquinas, matéria-prima, mão-de-obra, métodos e meio ambiente). Estas regras são designadas causas gerais, dado que têm influência direta no problema a ser resolvido. As causas de nível inferior, por sua vez, afetam diretamente o efeito em análise, Gama [33].

Em suma, este diagrama é um instrumento fundamental para descobrir as causas que produzem os efeitos indesejados.

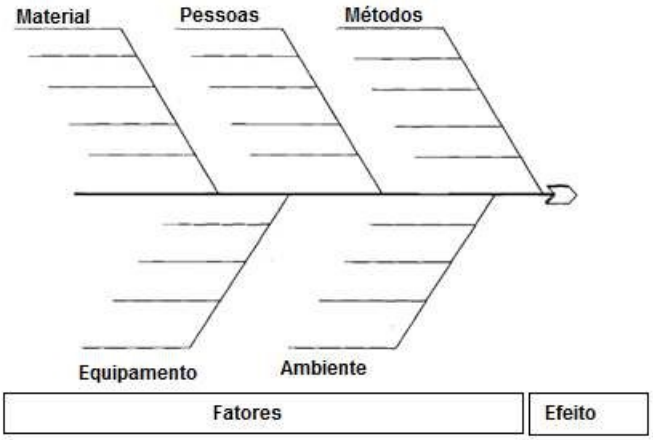


Figura 2.9: Estrutura de um Diagrama de Causa-Efeito de *Ishikawa*, retirado de [7]

A vantagem principal da utilização desta ferramenta é a de identificar e separar as causas explícitas num único efeito. Contudo, há que ter em atenção as seguintes situações: todos os envolvidos devem participar na elaboração deste diagrama, para garantir que todas as causas sejam analisadas, sem sobrecarregar o mesmo (se necessário adicionar mais diagrama) e cada diagrama deve ter apenas um problema específico, Juran et al. [34].

2.3.8 Golden Zone

Para reduzir o desperdício e aumentar a produtividade é necessário que o operador trabalhe nas condições mais favoráveis e sem executar muitas movimentações durante a realização das suas tarefas, como tal, é necessário definir a área ideal para os materiais e ferramentas necessárias para a execução das mesmas.

Assim para reduzir o desperdício e melhorar a ergonomia no posto de trabalho deve-se privilegiar a zona de trabalho marcada a verde, como é possível visualizar na seguinte imagem 2.10.

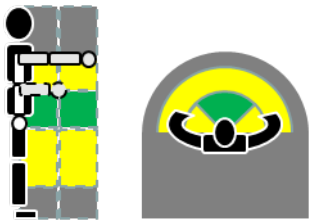


Figura 2.10: Golden Zone, retirado de [8]

2.4 Sistema Produtivo - Tipos de Produção

Make-to-Stock (MTS) e Make-to-Order (MTO) são duas metodologias que caracterizam se a empresa produz para ter stock disponível (MTS) ou se produz para dar resposta a um pedido do

cliente (MTO). Caso a empresa adote um processo MTO esta deverá não só manter os inventários no mínimo como ser capaz de responder de um modo eficaz aos diferentes pedidos dos clientes. Os tempos de entrega com este tipo de processo serão de médio a longo prazo. Um exemplo típico de Make-to-Order são os restaurantes. Se a empresa optar por um processo MTS terá um inventário elevado respondendo aos pedidos dos clientes rapidamente e com produtos padronizados, Jacobs et al. [35].

Alternativamente uma empresa pode adotar um sistema híbrido, onde se produz um stock intermédio, ou seja, produz-se para stock subcomponentes que podem ser utilizados em vários produtos standard, ou mesmo ter em stock componentes que depois são usados ou montados em várias estruturas padronizadas. Estes subcomponentes ou componentes mantêm-se em stock até chegada de uma encomenda, momento em que serão utilizados para produzir ou montar os componentes ou as estruturas necessárias para o pedido do cliente.

2.5 Picking de Materiais

O picking é o processo que consiste na recolha de material do armazém com o intuito de satisfazer a procura, quer da produção quer dos clientes. É um dos processos com maior relevância para a produtividade de um armazém e consequentemente onde as melhorias são mais significativas, De Koster et al. [36].

A definição do processo e da zona de picking é uma etapa fundamental, sendo necessária uma análise bastante cuidada dos mesmos, de forma a suportar adequadamente o processo logístico. Geralmente o picking é efetuado através de uma picking list, uma lista que contém todos os materiais a serem recolhidos do armazém para satisfazerem uma ordem específica de expedição ou produção.

Como seria de esperar, a deslocação durante a recolha de pedidos é o fator que mais contribui para o tempo gasto pelos operadores em armazém. Posto isto, e visando a redução de tempo de deslocação, é necessário tentar diminuir essas movimentações aumentando assim os níveis de produtividade. Assim, independentemente do tipo de armazém, ou do material a armazenar, o principal fator que se deve atender com o objetivo de melhorar a atividade de picking é o posicionamento dos produtos e melhorar o fluxo de informação e documentos, Rodrigues [37].

Assim, no que diz respeito ao posicionamento dos produtos deve-se:

• Dar prioridade aos produtos com valores de consumo/rotação mais elevados. Esses devem ficar alocados nos pontos de mais fácil acesso dos colaboradores;

• Organizar os pedidos segundo a sua localização. Organizar tendo em conta a proximidade entre os produtos requisitados, minimizando deslocações;

2.6 Soldadura Manual (MMA/SMAW)

A soldagem a arco elétrico com elétrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW), também é conhecida como soldagem manual a arco elétrico (Manual Metal Arc – MMA), figura 2.11.

Este tipo de soldadura é realizado com o calor de um arco elétrico mantido entre duas partes metálicas, a extremidade de um elétrodo metálico revestido e a peça de trabalho/metal base. O calor produzido pelo arco elétrico é suficiente para fundir o metal de base, a alma do elétrodo e o revestimento, como demonstrado na figura 2.12. Quando as gotas de metal fundido são transferidas através do arco para a poça de fusão, são protegidas da atmosfera pelos gases produzidos durante a decomposição do revestimento. Por sua vez, a escória líquida flutua em direção à superfície da poça de fusão, onde protege o metal de solda da atmosfera durante a solidificação [38].

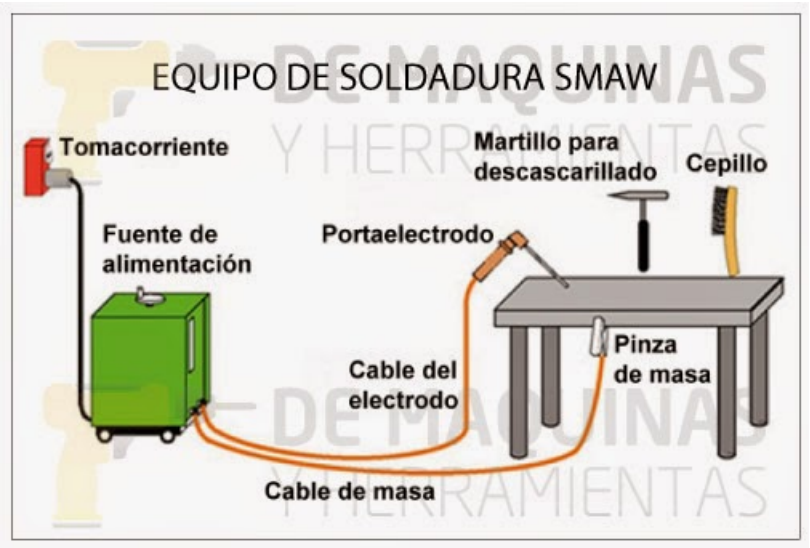


Figura 2.11: Equipamento da Zona de Soldadura, retirado de [9]

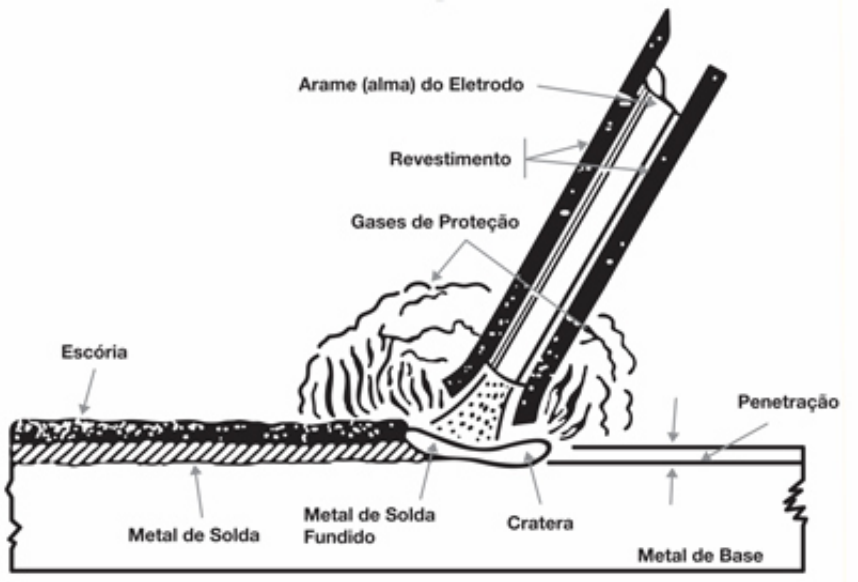


Figura 2.12: Soldadura Manual, retirado de [10]

2.6.1 Gabarit de Soldadura

Um *gabarit* de soldadura, não é mais do que um sistema provisório ou de uma espécie de forma, para as peças que irão ser soldadas, que permite ao soldador livrar-se do trabalho de tirar várias medidas, tais como comprimentos, distâncias, ângulos, ou outro qualquer parâmetro que possa influenciar a peça soldada.

Sendo assim, já estão incorporados no *gabarit* todas esses parâmetros de maneira a que apenas seja preciso colocar as peças a soldar no devido espaço e efetuar a solda, como se pode verificar pela figura 2.13.

Desta maneira, quando se produzem grandes quantidades do mesmo tipo de peça, o uso de um *gabarit* torna-se essencial, uma vez que permite o aumento da produtividade do soldador, reduz o custo da operação de soldar e aumenta a qualidade das peças soldadas garantindo assim que as peças soldadas ficam todas idênticas, reduzindo assim o número de defeitos e peças rejeitadas.



Figura 2.13: *Gabarit* de soldadura do BaseWagon na 4Lean

2.7 Conclusão do Capítulo

Em suma, as metodologias apresentadas neste capítulo tiveram como objetivo não apenas analisar textos relacionados com o objeto de estudo, mas também, e mais importante, tomar conhecimento de algumas formas de abordagem que serviram de base de sustentação nas várias etapas deste trabalho.

Capítulo 3

Análise e Caracterização da Empresa e dos seus Processos

Neste capítulo será apresentada e caracterizada a empresa e os processos de produção na 4Lean, que muito ajudarão a compreender melhor o trabalho desenvolvido neste projeto.

3.1 Apresentação da Empresa

A 4Lean Lda foi constituída em 2010, sendo o Engenheiro Nuno Silva o gerente da empresa situada atualmente na Zona Industrial de Rio Meão e que tem um total de 22 funcionários.

O seu principal mercado é o italiano seguindo-se o mercado ibérico que nos últimos anos tem crescido bastante, estando neste momento estes 2 mercados quase ao mesmo nível. Para além destes a empresa possui também outros mercados de menor influência nas suas vendas, embora alguns destes sejam mercados que estão em clara ascensão nos últimos meses.

Como o próprio nome indica, 4Lean é uma empresa que se dedica à criação e implementação de soluções Lean, isto é, cria produtos que ajudam a reduzir os desperdícios das empresas (clientes) de forma a diminuir os custos das mesmas desde a produção à logística . A 4Lean constrói produtos que podem ser aplicados nas áreas dos postos de trabalhos, comboios logísticos, sistemas de gestão visual, supermercados, armazéns, logística externa e gestão Lean. Desta forma a marca 4Lean veio colmatar uma lacuna no mercado português de sistemas Lean Manufacturing, focando-se para isso em criar uma dinâmica de eliminação dos desperdícios e de maximização do valor acrescentado.

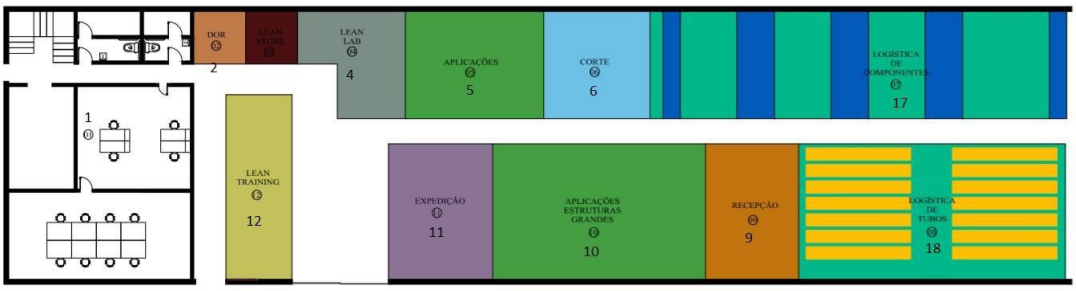


Figura 3.1: Planta do Pavilhão junto à Sede

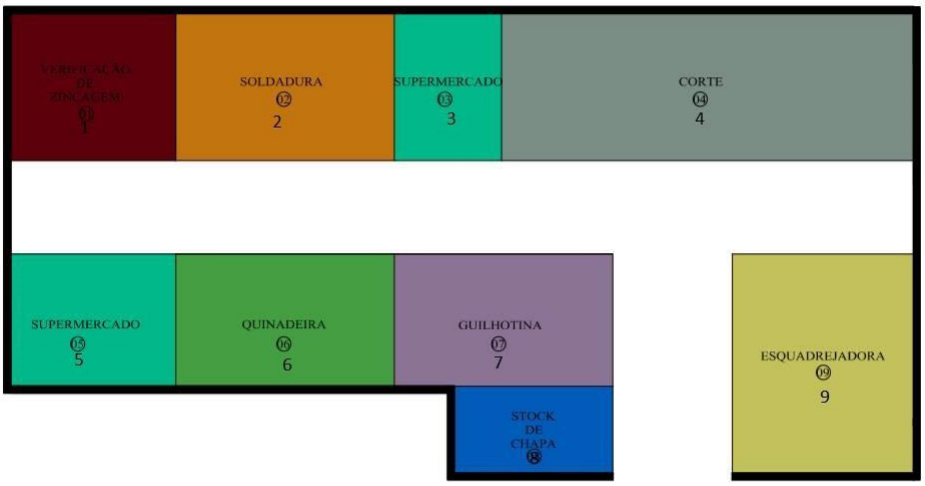


Figura 3.2: Planta do Pavilhão dos Componentes

A 4Lean possui dois pavilhões, estes mesmos pavilhões encontram-se separados por uma rua, ficando assim um em frente ao outro. O pavilhão da sede que pode ser visto na planta da figura 3.1 está divido em duas partes distintas, a zona dos escritórios (1) e a zona do chão da fábrica. Na zona de chão da fábrica do pavilhão da sede encontrasse a zona de receção do material (9), o armazém (18 e 17) onde é guardado o material necessário para a montagem das estruturas, a zona de montagem das mesmas (10 e 5) e o lean Lab (4) onde se desenvolve novas soluções lean e são testados os novos componentes.

No pavilhão dos componentes, cuja a planta pode ser vista na figura 3.2 é o local onde são produzidos os componentes projetados para as estruturas e é aqui que se encontram as máquinas pesadas, sendo elas a guilhotina (7), a quinadeira (6), a esquadrejadora (9) e a serra para corte (4). É neste mesmo pavilhão que se encontra a zona de soldadura (2) bem como os supermercados dos componentes (5) e dos subcomponentes(6).

3.2 A Missão

A 4Lean cedo se apercebeu que no mercado português não se encontravam produtos que pudessem ajudar as empresas a terem uma melhoria contínua da sua produção. Assim sendo, esta marca decidiu criar produtos Lean, nomeadamente construir e fornecer sistemas modulares de estruturas, comboios logísticos, sistemas de gestão visual, embalagens de plástico, entre outros. Esta marca começou por apostar em Portugal, marcando presenças em feiras portuguesas e criando um catálogo com os diferentes componentes usados em cada sistema produzido na empresa, no entanto, para que a empresa ganhasse mais competitividade, concluiu-se que a aposta deste tipo de produtos também deveria abranger mercados de outras nacionalidades. Esta aposta de abranger mercados estrangeiros, como por exemplo, Itália, Reino Unido, Espanha deve-se ao facto de o responsável da empresa ter residido nesses países e ter um conhecimento da sua língua e dos seus mercados. De realçar mais uma vez que a empresa hoje em dia exporta maioritariamente para Itália.

3.3 Produção e Produtos

A 4Lean comercializa principalmente estruturas de armazenamento e transporte, conhecidos por *"racks"*. Estas estruturas são constituídas principalmente por tubos em aço, revestidos por um polímero amorfo, o Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) permitindo uma maior resistência ao impacto assim como um aumento da rigidez. É composto ainda por juntas, suportes, rolos e rodízios, tal como é visível na figura 3.3. Devido ao tipo de componentes, os *"racks"* podem ser convertidos em sistemas modulares, isto é, pode-se desenhar e projetar diferentes estruturas conforme as necessidades do cliente (carros, mesas, postos de trabalho, etc.). Estes sistemas podem ser utilizados em todo o tipo de indústria, indústria automóvel, civil, indústria de equipamentos, e muitas outras. Os sistemas que pertencem à família *4Lean System*, sendo extremamente flexíveis e fáceis de manusear são importantes para a aplicação do conceito Lean, pois permitem uma constante e dinâmica mudança no chão da empresa diminuindo desperdícios.



Figura 3.3: Exemplo de Estrutura em *4Lean System* (Tubo Redondo)

Contudo se o cliente quiser uma estrutura mais robusta, carros para transporte de mercadorias ou comboios logísticos, constrói-se uma estrutura com componentes do sistema *4Lean System Plus*, figura 3.4, que foi a família que mais parte integrante fez do meu projeto. Este tipo de sistema é constituído essencialmente por tubo de ferro galvanizado de perfil quadrado e ainda por componentes desenhados, projetados e testados dentro da empresa.

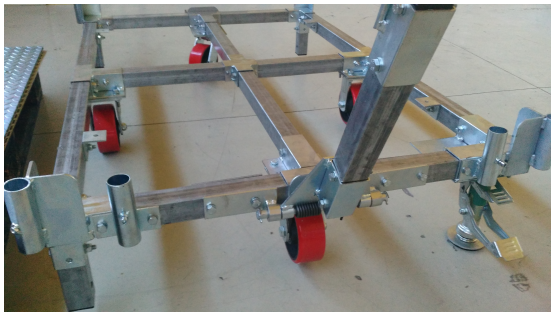


Figura 3.4: Exemplo de Estrutura em *4Lean System Plus* (Tubo Quadrado)

Para além destas duas grandes famílias, *4Lean System Plus* e *4Lean System, a 4Lean* também produz vagões em cantoneira pertencentes à família dos Mini *Wagon*, comercializa ainda caixas plásticas, sistemas de Gestão Visual e comboios logísticos. A empresa também dá grande valor à formação constante em conceitos de gestão Lean, bem como à realização de conferências e de visitas periódicas de outras empresas às suas instalações, permitindo aos seus trabalhadores

evoluírem nos seus conhecimentos e mostrarem o seu trabalho. Para além deste tipo de atividades a 4Lean também realiza periodicamente *Kaizen* Workshops.

3.4 Estratégia

A empresa para ganhar competitividade produz, cada vez mais, diversos componentes que por sua vez são constituídos por Sub-Componentes e assim desta forma consegue rapidamente responder às necessidades do mercado.

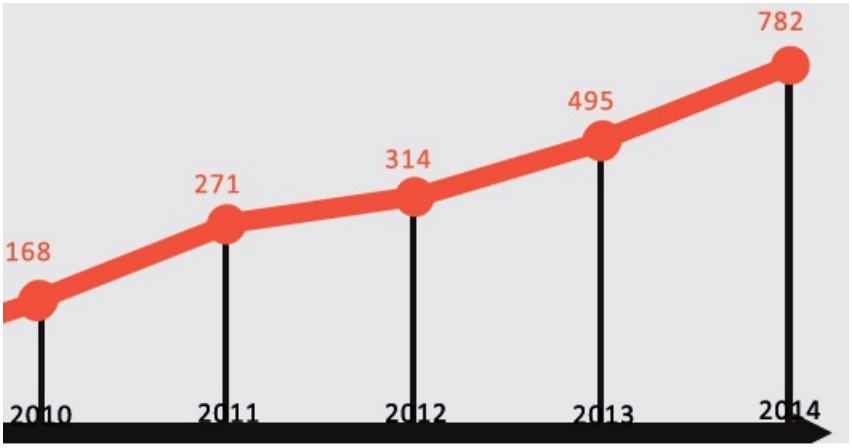


Figura 3.5: Quantidade de Componentes Produzidos na 4Lean nos primeiros 5 Anos

Estes componentes como são de pequenas dimensões permitem a redução da dimensão dos supermercados intermédios nas secções operativas. Estes supermercados contêm cada vez menos peças que por sua vez ainda permitem uma maior redução das suas dimensões reduzindo desperdícios de deslocação de existências, transporte e esperas. Os supermercados geralmente são conhecidos como *Flow-racks*. Esta forma de atuar promove a redução dos ativos circulantes, isto é, redução dos capitais utilizados, aumento de tesouraria e melhora o retorno sobre o investimento. Neste momento, a empresa para se tornar ainda mais competitiva nos mercados está focada em investir na inovação e no desenvolvimento tecnológico. Desta forma pretende-se criar condições para expandir o mercado através da idealização de novas estruturas, processos e produtos. A estratégia de distribuição com a aposta no aumento das vendas de produtos com marca própria de maior valor acrescentado para a empresa, e o alargamento a atividades para além da consultadoria como é o caso de desenvolvimento de soluções para a boa prática Lean personalizadas a cada cliente, traduz-se na procura constante em acrescentar valor à atividade da empresa, progredindo constantemente na sua cadeia de valor.

3.5 Processos no Desenvolvimento do Produto

O desenvolvimento do produto está dividido em vários passos. Para que se possa manter o contacto entre as pessoas envolvidas no projeto, esse contacto e troca de informações deve ser clara. Na 4Lean existem então 5 passos no desenvolvimento do produto até a sua produção que serão descritos em seguida:

3.5.1 Receção da Encomenda

Neste primeiro passo o cliente entra em contacto com o *customer service* ou o comercial expondo as suas necessidades. Logo de seguida as suas especificações são colocadas num *sticker*, como exemplificado na figura 3.6, onde são colocadas o número da solução, data em que o pedido foi registado e o nome do cliente. Além destes dados o *sticker* pode ter várias cores, sendo cada uma destas cores correspondente ao país de origem do cliente.

Depois do *sticker* preenchido é criada uma pasta no servidor e a informação é passada ao projetista que tem de preencher uma folha padrão com as especificações que o cliente facultou.

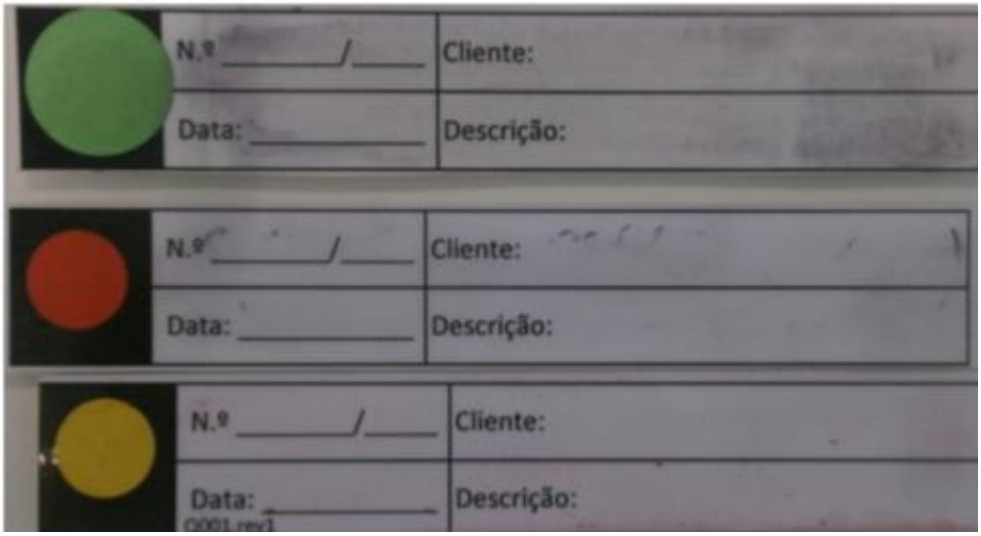


Figura 3.6: Exemplo de *Stickers* usados na 4Lean

3.5.2 Desenvolvimento da Ideia

Nesta fase o projetista analisa o pedido do cliente, identificando os seus problemas bem como os requisitos que a estrutura terá de ter. Nos casos em que o cliente pretende algo nunca construído pela 4Lean, é necessário estudar o mercado na procura de soluções já existentes para que seja possível realizar a ideia.

3.5.3 Desenvolvimento do Protótipo

Como o próprio nome indica neste passo é feito um esboço inicial da ideia pensada e logo depois este mesmo esboço é passado para um desenho 3D feito por um programa de desenho assistido por computador.

3.5.4 Fase de Testes

Nesta fase são feitos testes das soluções encontradas para resolver os problemas encontrados na fase do protótipo, garantindo assim a máxima qualidade do produto final antes de chegar ao cliente.

3.5.5 Processos Produtivos

O processo produtivo começa aquando da receção da matéria-prima (tubos quadrados, tubos redondos, chapa, etc.) que posteriormente são armazenadas nos seus respetivos lugares conforme as suas características e dimensões.

Após ser dada uma ordem de fabrico, a matéria-prima é levada para os equipamentos de produção, onde irá ser trabalhada para que se obtenha o produto desejado. Devido ao sistema de modularidade, a 4Lean não necessita de grandes variedades de equipamentos mecânicos para produzir os seus componentes. O pavilhão dos componentes é composto por uma guilhotina, uma quinadora, uma puncionadora, uma serra de fita e uma esquadrejadora. No pavilhão da sede encontra-se uma serra de fita e uma máquina de furar. A guilhotina, figura 3.7, permite cortar a chapa até 6 mm de espessura e 3000 mm de comprimento.



Figura 3.7: Guilhotina usada na 4Lean

A quinadeira, visível na figura 3.8, permite quinar chapas com espessuras até 10 mm e 3000 mm de comprimento com diferentes ângulos de abertura.



Figura 3.8: Quinadeira usada na 4Lean

Na puncionadora (Maqfort), figura 3.9 são cortados os cantos das cantoneiras e realiza também furações dos componentes produzidos na 4Lean.



Figura 3.9: Puncionadora Maqfort usada na 4Lean

A serra de fita, figura 3.10, tem um ângulo de corte variável e corta os tubos quadrados usados no *4Lean System Plus* e todos os componentes utilizados neste sistema.



Figura 3.10: Serra de fita no Pavilhão dos Componentes usada na 4Lean

A esquadrejadora, demonstrada na figura 3.11 é um equipamento recente e serve para cortar os painéis de MDF (Medium Density Fiberboard) e PVC (Polyvinyl chloride) quando são necessários para algum tipo de estruturas.



Figura 3.11: Esquadrejadora usada na 4Lean

Do pavilhão da sede encontra-se a máquina de furar, figura 3.12, este equipamento é utilizado para a furação de tubos quadrados. Este é um equipamento automático mas também tem funcionalidade de ser usado manualmente quando necessário.



Figura 3.12: Máquina de Furar Tubo Quadrado usada na 4Lean

Finamente e também no pavilhão da sede encontra-se a serra de fita, figura 3.13, para cortar os tubos e calhas de rolos usados no*4Lean System*.



Figura 3.13: Serra para Tubo Redondo e Rolos do Pavilhão da Sede usada na 4Lean

3.6 Comunicação dentro da 4Lean

3.6.1 Comunicação nos Departamentos

Todos os departamentos dentro da 4Lean começam o dia de trabalho com uma reunião com as pessoas que trabalham dentro do próprio departamento, reunião essa em que se pretende que se falem de problemas ocorridos no dia anterior e sobre o planeamento de trabalho do próprio dia, havendo a verificação do plano de ações de cada departamento durante essa mesma reunião. O

objetivo destas reuniões é que tudo fique visível para todos, que todos saibam o que cada um faz no seu dia de trabalho, havendo então uma responsabilização de todos para todos. Durante o meu projeto participei diariamente na reunião do Departamento dos Projetistas, figura 3.14, pois era nessa reunião que se discutiam os principais temas que tinham influência no meu trabalho.



Figura 3.14: Local da Reunião do Departamento dos Projetistas na 4Lean

3.6.2 Comunicação entre os Departamentos

Para além da comunicação dentro de cada departamento, é também essencial haver uma reunião entre os vários departamentos. Para isso a 4Lean criou a DOR, figura 3.15, que é uma reunião diária, pelas 14h, onde um representante de cada departamento está presente. O objetivo desta reunião é uma vez mais o de tornar visível a todos o trabalho desenvolvido por cada departamento, sendo também discutido qualquer falha ocorrida entre departamentos e é o local onde se apresentam novas soluções, produtos, alterações de produtos e se verificam o cumprimento de prazos para as expedições de material.



Figura 3.15: Local da Reunião DOR na 4Lean

Capítulo 4

Revisão e Melhorias dos Kanbans e dos Supermercados do Pavilhão dos Componentes

4.1 Fase de Integração

O projeto começou por um período de ambientação que é inevitável nestes tipos de projetos. Esta ambientação começou logo no primeiro dia onde teve lugar uma sessão de formação explicando em geral o funcionamento da empresa. Ainda nesta fase inicial, teve lugar um workshop, onde foi explicado o funcionamento geral do chão de fábrica complementado com exemplos reais de implementações lean. Seguidamente a esta fase, comecei a participar numa reunião diária onde é discutido o estado do trabalho atual da fábrica e onde surgem pontos de possíveis melhoramentos, foi também onde comecei a ficar familiarizado com os documentos usados na empresa para transmitir conhecimentos, informações e testes já realizados, quer seja a componentes ou a estruturas. Para isso, eram então usados, a OPL(One Point Lesson), figura 4.1 e o TR(Technical Request), figura 4.2.



Figura 4.1: Exemplo de OPL sobre a Arrumação das Cadeiras e Bancos na Fábrica

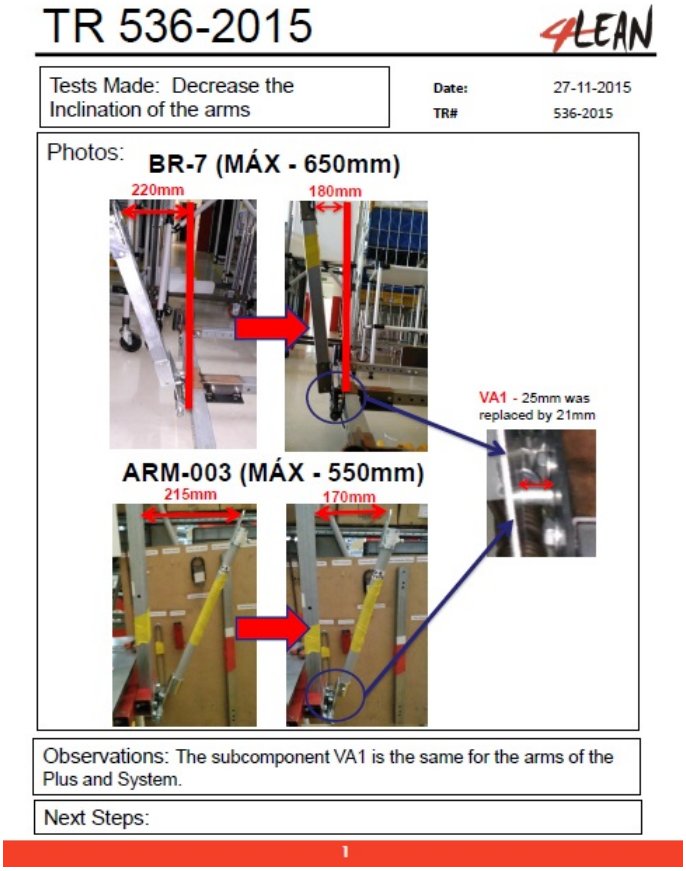


Figura 4.2: Exemplo de TR sobre a Alteração de um Subcomponente

O ponto seguinte foi a definição dos meus projetos, clarificando os objetivos, o âmbito, os recursos necessários e o plano, tudo descrito num *Project Charter*. Para além disto defini igualmente os meus *Stake Holders* durante todos os projetos, e foi criada uma reunião, onde semanalmente com a orientadora na empresa e os restantes *Stake Holders* eram discutidos possíveis pontos de melhoria e onde também se verificava as ações abertas e fechadas dos possíveis do PDCA e de melhorias que ia desenvolvendo ao longo da semana.

Finalizando estas definições necessárias para o desenvolvimento do projeto, construi o meu quadro de projeto, visível na figura 4.3 onde ficaram visíveis todos esses documentos falados anteriormente, na sala dos projetistas.

Para além dos projetos de melhoramento ao longo do estágio/dissertação houve oportunidade de participar em formações juntamente com pessoas de outras empresas de diferentes áreas sobre Lean e todas as áreas envolventes.



Figura 4.3: Quadro do meu Projeto da Revisão dos Kanbans dos Componentes na sala dos Projetistas

4.2 Kanbans dos Componentes

4.2.1 Análise ao Processo da Criação dos Kanbans

Nesta parte do projeto tinha como objetivo a realização de uma revisão do stock e dos Kanbans dos Componentes produzidos na 4Lean, com vista à criação de critérios para a criação de kanbans, reajustando o valor dos mesmos à realidade atual das vendas. Para além disso era pretendido que se reduzisse stocks ao mesmo tempo que se quer evitar ruturas de stock e que eliminasse monos.

Foi rapidamente percetível, após falar com as pessoas da empresa, que este projeto nasce devido a um problema constante na 4Lean, que é o da criação e produção de componentes novos todas as semanas.

Sempre que se criava um componente novo, nunca havia um critério rígido para decidir se essa peça deveria estar em kanban e assim ser produzida segundo uma lógica MTS ou se apenas deveria ser produzida por MTO. Por consequente, maioritariamente decidia-se fazer um kanban e colocar esse componente novo em stock, pensando-se assim estar a correr menos riscos no que toca a ruturas de stock. No entanto, a realidade era bem diferente, existindo algumas ruturas de stock mensais em vários componentes e noutros parecia claramente haver um excesso de stock existente no supermercado, como se pode ver no supermercado, pela figura 4.4, em que as prateleiras vazias eram praticamente inexistentes.

Esta forma de atuar originou a que as quantidades de componentes diferentes em stock atingisse um nível elevado e o espaço que existia no supermercado dos componentes que em tempos pareceu demasiado, no início deste projeto começava a parecer cada vez mais curto, existindo já

variados monos a ocupar esse espaço.



Figura 4.4: Supermercado dos Componentes no Pavilhão dos Componentes na 4Lean

Inicialmente, foi então feita uma análise ao processo de criação de kanbans, de forma a tentar perceber porque setores da empresa passava este processo até chegar o kanban ao pavilhão dos componentes. Essa análise começou por perceber quais eram os vários setores da empresa, visualizando o organograma da mesma, figura 4.5.

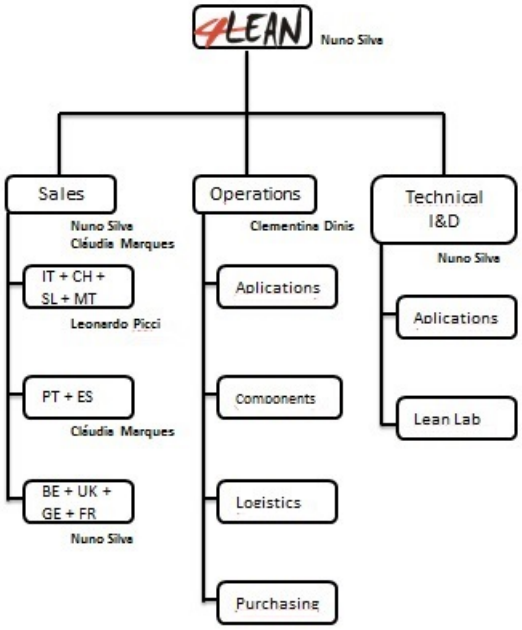


Figura 4.5: Organograma dos Departamentos na 4Lean

Após tomado o conhecimento de todos os setores e departamentos da empresa, foi mais fácil começar a falar com as pessoas, partindo do princípio que a origem de um componente novo nascia

pela necessidade de satisfazer uma encomenda de um cliente com esse mesmo componente. Sendo assim, comecei por falar com as pessoas ligadas ao departamento das vendas e seguindo sempre para quem as mesmas diziam que passavam a "pasta"de forma a dar continuidade ao processo, até chegar finalmente a ordem de produção ao pavilhão dos componentes, a ordem seguida foi esta:

1. Todo o processo começa nas Vendas com o pedido dos clientes, onde o comercial indica por norma se o pedido terá de ter um componente novo;

2. De seguida as Aplicações tratam de responder ao comercial, projetando o pedido do cliente, onde no desenho é lançado um novo componente caso necessário;

3. A partir do momento em que o pedido é aprovado e se terá que produzir um novo componente, a questão passa para o departamento Técnico que avalia a necessidade de colocação desse novo componente em MTS e em que quantidades ou então manda-lo ser feito por MTO;

4. Após a decisão anterior, o processo volta às Aplicações que realizam a ordem do departamento técnico;

5. Finalmente dá chegada ao pavilhão dos componentes a ordem da produção desse componente novo ou por kanban (MTS) ou por MTO.

Passou a ser fácil então perceber qual seria a primeira coisa a fazer, ou seja, falar com o departamento técnico e perceber as razões e os critérios pelos quais se regem para optar pelo envio de um componente novo para MTS ou para MTO.

Após a reunião com o Departamento Técnico, percebi que não existia um critério e que as opções que se faziam quanto à forma de produção de componentes novos eram feitas tendo como base uma previsão de que esses mesmos componentes poderiam ser vendidos futuramente mais vezes ou não, ou seja, nunca existiam certezas, e maioritariamente essas mesmas opções não eram bem sucedidas. Para além disso, foi me dado a perceber que há mais de 1 ano que não se fazia uma revisão dos kanbans, pelo que havia a possibilidade de muitos desses kanbans estarem completamente desajustados à realidade atual das vendas.

Ainda nesta fase inicial, preocupei-me em conhecer os vários tipos de kanbans existentes na 4Lean, demonstrados na tabela 4.1, e perceber as informações que os mesmos traziam. Os kanbans eram então divididos por cores, como está no exemplo da figura 4.6, em que cada cor tinha o seu significado:

Tabela 4.1: Tipos de Kanbans existentes na 4Lean

Cor Kanban	**Significado**	**Informação Visível**
Branco	Matéria Prima	Cód., nºkanban, qtd em cada kanban, nome fornecedor
Amarelo	Subcomponentes (Antes de Soldar)	Cód., descrição, família, tempo prod., nºkanban, qtd/kanban
Verde	Componentes (Já soldados)	Cód., descrição, subcomp. necessários, nºkanban, qtd/kanban
Azul	Componentes Comprados	Cód., descrição, nºkanban, qtd/kanban

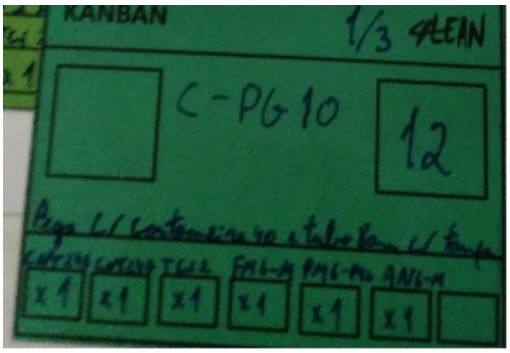


Figura 4.6: Exemplo de um Kanban Verde do Componente C-PG10 na 4 Lean

4.2.2 Estado Inicial do Supermercado dos Componentes

Passando a fase de perceção do processo, seguiu-se a fase de análise do gemba(chão da fábrica), ou seja, verificar qual a realidade do estado do supermercado dos componentes, dos kanbans e de todas as estruturas de apoio ao supermercado.

Foi de imediato visível algumas incorreções no supermercado, casos em que havia ruturas de stock como casos em que havia claramente excesso/erros de stock, como se pode ver pelo exemplo da figura 4.7, em que segundo as informações presentes no kanban deveria haver 3 kanbans de 8 componentes cada, isto significaria que no máximo poderia existir 3 caixas com 8 pinos (PIN-005) em cada caixa. No entanto, na realidade estavam 7 caixas e em cada caixa haviam bem mais do que 8 pinos.



Figura 4.7: Exemplo de uma Prateleira do Supermercado dos Componentes

Quanto aos kanbans foi também visível que se poderia melhorar o seu aspeto, pois existiam já alguns em que as informações não estavam corretamente visíveis pois não eram escritos com caneta permanente, mas sim com marcador, o que provocava a situação que mostra a figura 4.8.



Figura 4.8: Exemplo de um Kanban dos Componentes com informação pouco visível

Finalmente, dei conta daquilo que já seria previsível, após as reuniões para a perceção do processo da criação de kanbans e da forma como as opções eram tomadas, de que haveria certamente um excesso de stock e que já não era feita uma revisão dos kanbans há bastante tempo, o que provocaria claramente também um excesso de kanbans, algo que foi claramente visível no quadro de kanbans, mostrado na figura 4.9



Figura 4.9: Estado do Quadro de Kanbans dos Componentes

4.2.3 Planeamento e Implementação das Melhorias

Partindo deste estado analisado no subcapítulo anterior, era então necessário:

1. Começar por estabelecer que a escrita da informação dos kanbans deveria de ser sempre feita com caneta permanente, eliminando os kanbans mais antigos e deteriorados por outros novos;

2. Analisar as vendas através de uma classificação ABC de forma a tentar identificar um conjunto ideal em que aproximadamente 20% dos componentes representariam aproximadamente 80% das vendas, sendo esses os componentes prioritários para existirem em stock(MTS), reduzindo desta forma os stocks existentes;

3. Criar critérios para se optar pela produção de um componente novo por MTS ou MTO, e uso de uma fórmula que determine as quantidades a serem produzidas e permita controlar melhor a "balança"entre ruturas de stock e excessos de stock, através de uma análise mais adequada à realidade atual da empresa;

4. Melhorar os métodos de controlo do supermercado dos componentes, através do uso mais correto e criterioso do quadro de kanbans disponível.

Começando pelo primeiro ponto falado anteriormente, claramente o ponto mais fácil, foram logo nos primeiros dias substituídos todos os marcadores por canetas permanentes, de forma a que qualquer informação escrita nos kanbans seja feita de forma permanente. Foi feita também uma substituição dos kanbans mais degradados por outros novos, de maneira que não existissem dúvidas sobre as quantidades a produzir de cada componente.

Estas duas medidas foram feitas com sucesso, se bem que são em parte alterações temporárias até que as restantes melhorias sejam concluídas.

No que toca à análise das vendas, ficou decidido numa das reuniões fazer essa análise para os últimos 12 meses, ou seja, de Setembro de 2014 até Agosto de 2015, tendo sempre em conta que estes mesmos 12 meses civis representavam 11 meses de trabalho.

A análise foi feita através dos dados históricos e estatísticos da 4Lean, guardados no software de Gestão usado pela empresa, o Singest, que permitiu aceder a todas as vendas de componentes desses últimos 12 meses e também à quantidade de vendas de cada componente por mês, visto apenas fazer sentido haver kanban de um componente se esse mesmo componente for vendido em vários meses diferente, isto é, não adianta produzir um componente com um total de vendas elevado num ano de trabalho por MTS, se esse total de vendas foi atingido apenas em 1 ou 2 meses.

Sendo assim, foram contabilizados um total de 86 componentes diferentes, produzidos na 4Lean entre Setembro de 2014 e Agosto de 2015, dos quais 57 tinha kanban e eram produzidos segundo uma lógica MTS. Rapidamente pude perceber através da análise de vendas mensal de cada componente, que os 29 componentes que não tinham kanban, tinham apenas sido vendidos pontualmente para encomendas específicas, e logicamente foram apenas produzidos para responder a essa ordem do cliente (MTO), o que significava que as decisões relativas a esses componentes

tinham sido acertadas.

Após se efetuar uma análise ABC por valor de consumo dos componentes com kanban, obteve-se o seguinte resultado apresentado na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Resultado da Análise ABC às Vendas dos Componentes com Kanban

	Nº Componentes	**%Componentes**	**%Consumo**
A	24	42,1	82,6
B	17	29,8	14,2
C	16	28,1	3.2

Após confrontar os responsáveis pelos vários departamentos com estes dados numa das reuniões semanais do meu projeto, mostrando-lhes que existiam 17 componentes que representavam aproximadamente 14% das vendas e pior ainda, existiam 16 componentes que apenas representavam 3,2% das vendas totais, em que perfazia um total de 33 componentes a serem produzidos para stock em que apenas representavam aproximadamente 17% das vendas, todos os departamentos deparados com esta situação reagiram, mostrando vontade em melhorar a mesma.

Sendo assim o departamento técnico fez me perceber que havia uma análise interessante a fazer em conjunto com os responsáveis do mesmo departamento, que seria dividir os componentes por famílias e perceber se existiam componentes diferentes com o mesmo objetivo final, isto é, se existiam componentes diferentes, mas que aplicados nas estruturas faziam exatamente o mesmo, abrindo-se assim oportunidades de eliminar alguns componentes "repetidos".

Desta forma, dividiu-se os componentes cujas vendas foram analisadas anteriormente, nas seguintes famílias:

- **Braços e Pinos:** Esta família é agrupada assim, porque todas as estruturas que eram montadas com 1 braço tinham que levar igualmente 1 pino e vice-versa. Basicamente são estes 2 tipos de componentes que fazem as estruturas, quer sejam carrinhos ou não, serem depois encaixados nos comboios logísticos;

- **Pegas:** Por norma são precisas sempre em par, ou seja, raramente é utilizada apenas 1 pega, têm como função permitir a entrada de tubos redondos, que depois auxiliam a movimentação das estruturas, podendo ser empurradas ou puxadas;

- **Juntas para Rodas:** Nesta família fazem parte todas as juntas que servem para suportar o encaixe das rodas, que depois fazem as estruturas serem movíveis;

- **Juntas para Tubos:** É a família de que fazem parte todas as juntas que suportam as ligações entre tubos quadrados na sua maioria, podendo uma minoria das juntas suportar ligações entre tubos redondos e quadrados ao mesmo tempo.

4.2.3.1 Simplificações na Família dos Braços e Pinos

Começou-se nesta família por agrupar todos os componentes a que a esta pertenciam, ou seja, todos os braços e ponteiras que são montadas em conjunto com os mesmos, e todos os pinos existentes. Depois de feita esta junção, juntamente com os responsáveis do departamento técnico, onde estava incluído o responsável pelos projetistas, foi feito uma análise de forma a perceber quais destes componentes poderiam deixar de existir pelos motivos falados anteriormente.

Neste caso chegou-se à conclusão de que nos braços, o BR-7 e a ponteira BR-2HH poderiam ser os únicos braços existentes para o 4Lean System Plus(tubo quadrado), visto que quando comparados com os restantes, são mais recentes, têm algumas vantagens no que toca à facilidade de montagem na estrutura final e as suas formas e furações dão mais segurança igualmente na estrutura final, para além disso fazem exatamente o mesmo que o BR-1M e as ponteiras BR-2 e BR-2B, e em termos estéticos são idênticas. Sendo assim, passou-se logo aqui 3 componentes para peças descontinuadas, deixando-se de as produzir, como se pode verificar na figura 4.10.

Em relação aos braços BR-3 e BR-4 que são os braços dos Mini-Wagons, nada se pode alterar por serem os 2 diferentes em tamanho, que é uma característica que influencia a estrutura final dos Mini-Wagons, pois quanto mais largos forem esses carrinhos mais comprido terá que ser o braço, figura 4.10.

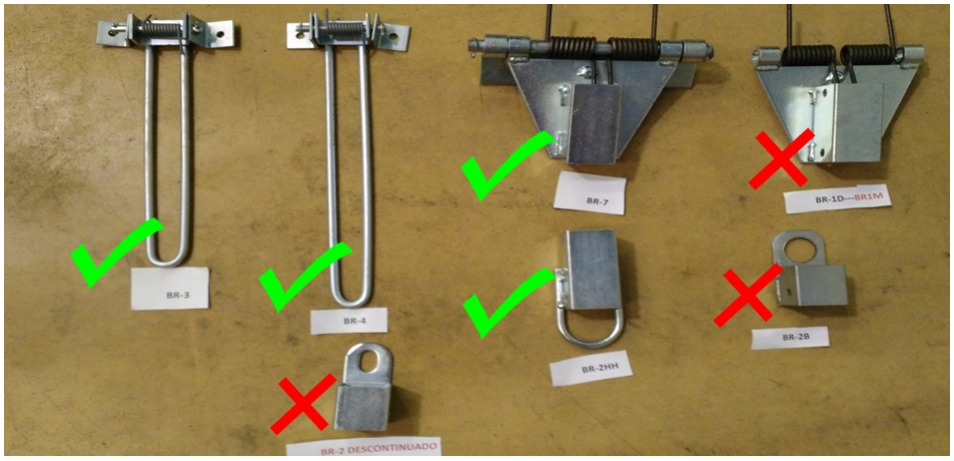


Figura 4.10: Simplificações nos Braços 4Lean System Plus e Mini-wagons

No que toca aos pinos, existiam 6 tipos diferentes de pinos, 3 eram pinos de varão 14mm(mais antigos), e outros tantos de varão 20mm(mais recentes). Mais uma vez, decidido em conjunto com os responsáveis técnicos e após terem sido feitos alguns testes, chegou-se à conclusão de que os pinos de varão 14mm poderiam ser eliminados, visto não trazerem nada de melhor em relação aos outros mais grossos, muito pelo contrário obrigavam ao uso de ponteiras nos braços com uma furação mais curta de forma ao pino entrar de uma forma mais perfeita e para além disso, os pinos de varão 20mm são logicamente mais resistentes ao impacto das batidas entre o pino e a ponteira do braço, figura 4.11. Assim sendo, passou-se mais 3 componentes, para peças descontinuadas.

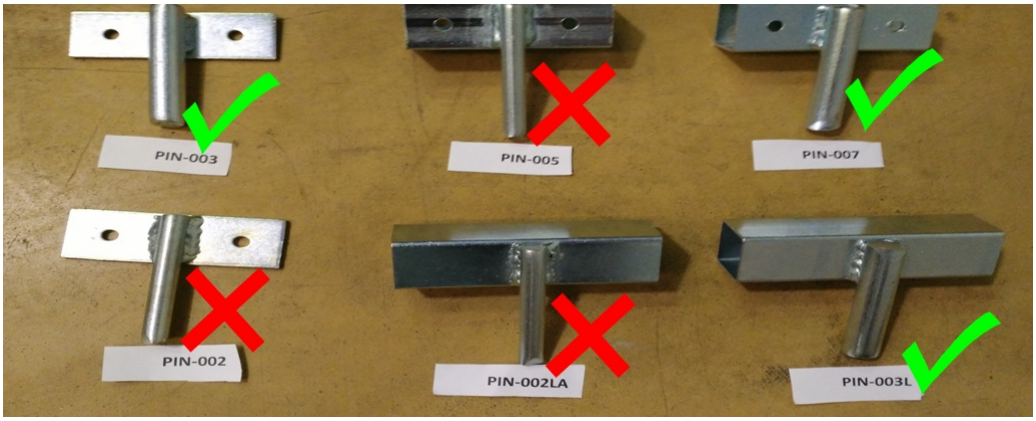


Figura 4.11: Simplificações nos Pinos

Quanto aos braços do 4Lean System(tubo redondo), existiam 3 braços diferentes, quase só no nome, pois em formato eram praticamente iguais. As diferenças passavam pelo o ARM-002 que era o braço usado para pinos de 14mm, que como já foi visto, foram eliminados, o que fazia com que este braço pudesse passar também para os descontinuados. O ARM-003 e o ARM-004, ambos preparados para pinos de varão 20mm, tinham apenas uma diferença que era a forma como era apertado o tubo redondo quando este entrava no corpo do braço ou na ponteira, em que no ARM-004 havia apenas 1 furo passante, e no ARM-003 era através de 1 furo não passante mas com uma porca soldada. Juntamente com os responsáveis técnicos e após terem sido feitos alguns testes no LeanLab, percebeu-se que a melhor opção em termos de aperto do tubo redondo, seria com 1 furo passante mais 1 porca soldada, sendo assim optou-se por passar a fazer 1 furo passante no ARM-003 em vez do furo que este vinha tendo até ao momento, e assim podia-se descontinuar o ARM-004, como está representado na figura 4.12



Figura 4.12: Simplificações nos Braços 4Lean System

4.2.3.2 Simplificações na Família das Pegas

Em relação às pegas, a 4Lean possuia no seu catálogo 3 tipos diferentes de pegas, no entanto apesar de todas serem diferentes, todas tinham o mesmo objetivo final, que é o de levar o encaixe de um tubo redondo, que depois permitisse empurrar ou puxar a estrutura final. Este caso teve uma particularidade, que foi, enquanto se estava a analisar a hipótese de se eliminar alguma das

pegas, surgiu uma encomenda com uma pega diferente de todas as que existiam, ou seja, criou-se um novo componente, neste caso uma nova pega para satisfazer uma ordem dum cliente. O que esta pega tinha de diferente é que era feita com uma cantoneira que permitia a pega ter muito mais resistência à força, visto nessa encomenda as estruturas iam aguentar com mais peso do que o habitual, e portanto ia ser aplicada mais força nas pegas, de forma que era necessário criar uma pega mais resistente. Desta forma, e após terem sido feitos inúmeros testes à pega nova, concluiu-se que poderia-se eliminar as 3 pegas que já existiam e ficar apenas com a pega nova, a C-PG10, como demonstra a figura 4.13.

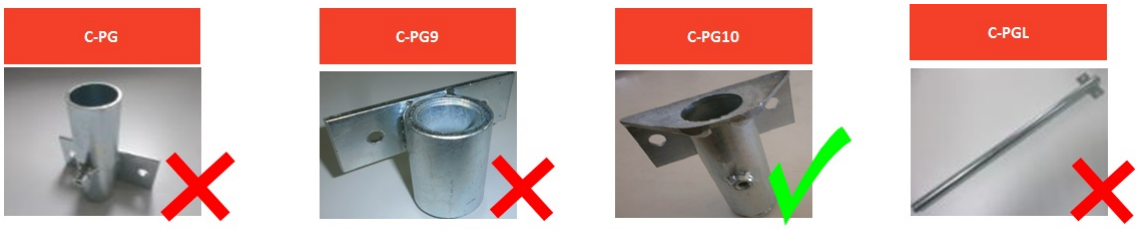


Figura 4.13: Simplificações nas Pegas

4.2.3.3 Simplificações na Família das Juntas para Rodas

Nesta família existiam um total de 18 componentes, que servem para os mais variados tipos de estruturas com rodas feitas pela 4Lean, sendo por isso bastante mais difícil eliminar alguns destes componentes em detrimento de outros. No entanto, conseguiu-se eliminar 4 destas juntas, como se pode ver pela figura 4.14, pois através da análise das vendas era possível reparar que a CL-HT (3 unidades vendidas no último ano), CL-HT2*(0 unidades vendidas no último ano), Ci-R2(0 unidades vendidas no último ano) e a C-EL3(0 unidades vendidas no último ano) eram componentes quase todos sem vendas nos últimos 12 meses, o que para além de logo à primeira vista, mais do que levantar a questão se faziam sentido estarem em kanban, era a pergunta se faziam sentido existirem, algo que se veio a confirmar em conjunto com os responsáveis do departamento técnico que estes 4 componentes eram antigos e já não eram usados nas estruturas atuais.

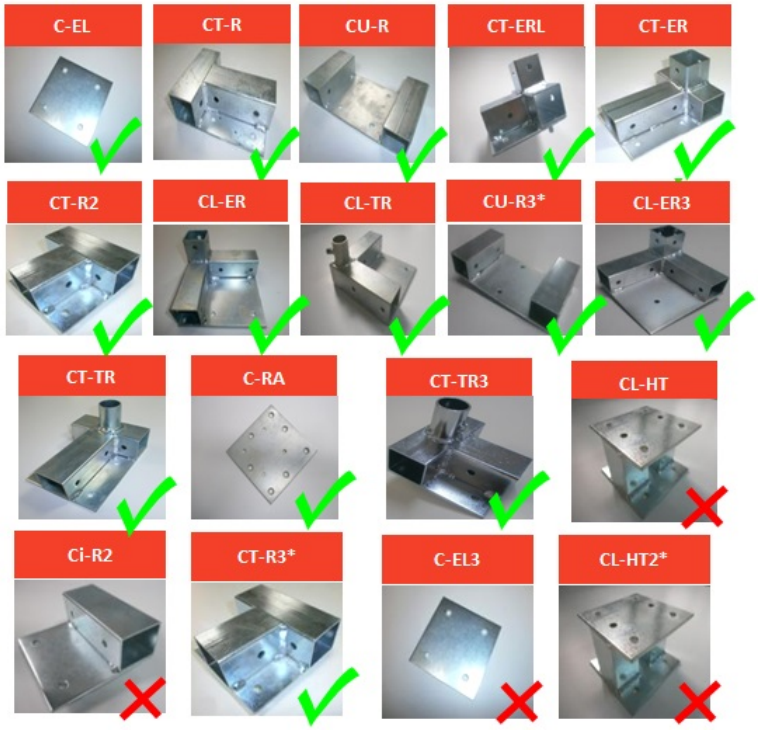


Figura 4.14: Simplificações nas Juntas para Rodas

4.2.3.4 Simplificações na Família das Juntas para Tubos

No que toca às juntas que suportam as ligações entre tubos quadrados e redondos, por decisão dos responsáveis técnicos optou-se por não eliminar/descontinuar nenhum destes componentes, visto mesmo aqueles que não tinham vendas serem componentes que poderiam ser usados em estruturas especiais e que se pretendia dar como opção para os clientes esse tipo de juntas. Neste caso, ficamos com um total de 20 componentes, sem qualquer alteração nesta fase, visível na figura 4.15

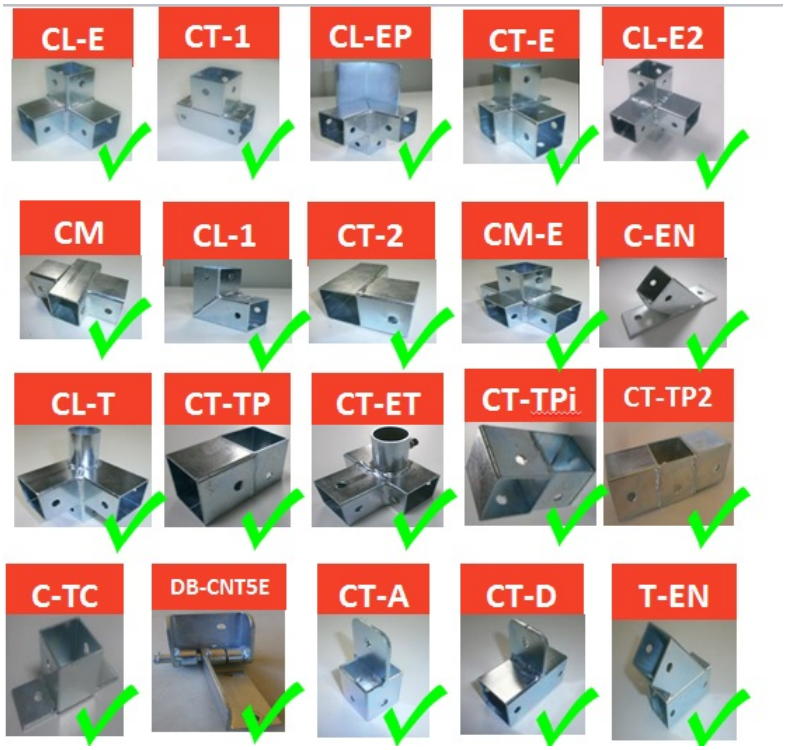


Figura 4.15: Simplificações nas Juntas para Tubos

Sendo assim, no total destas simplificações descontinuou-se um total de 15 componentes, dos quais 4 poderiam ser eliminados de imediato, visto que não existia qualquer unidade produzida desse tipo de componente. Quanto aos restantes, surgiu o problema dos componentes que já estavam produzidos, passarem a ser monos, e como tal havia a necessidade de se fazer algo para não se perder a preocupação em gastar esses monos sempre que possível, de forma a libertar espaço e recuperar o dinheiro que já foi gasto no custo de cada peça. Para isso criei uma lista de monos, figura 4.16, que coloquei no meu quadro do projeto na sala dos projetistas, e informei todos os projetistas sobre o objetivo desta lista, que era o de se gastar aqueles componentes sempre que possível e sempre que alguém o fizer, deve descontar na mesma lista os componentes gastos e em que quantidades. Além do mais todas estas alterações foram colocadas visíveis no supermercado dos componentes antes de serem retirados os respetivos kanbans, figura 4.17 e comunicadas por mim na DOR, de maneira a que todos os departamentos tomassem conhecimento das medidas tomadas.

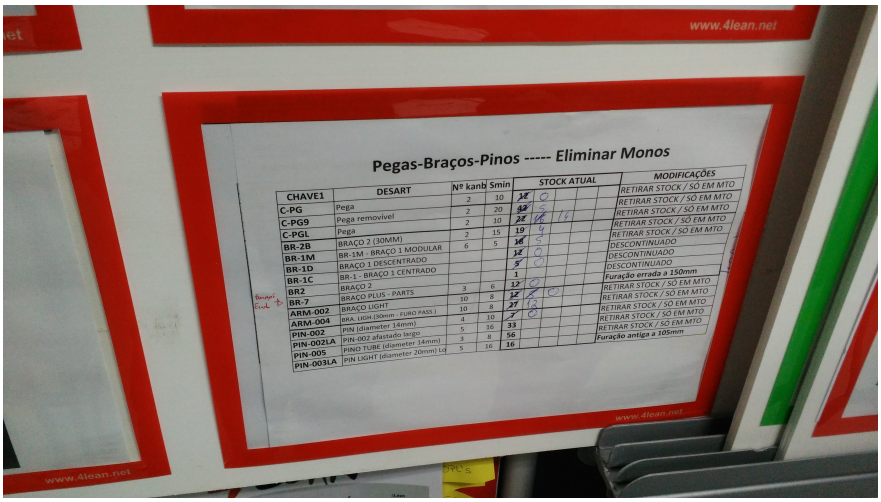


Figura 4.16: Lista dos monos em Dezembro de 2015

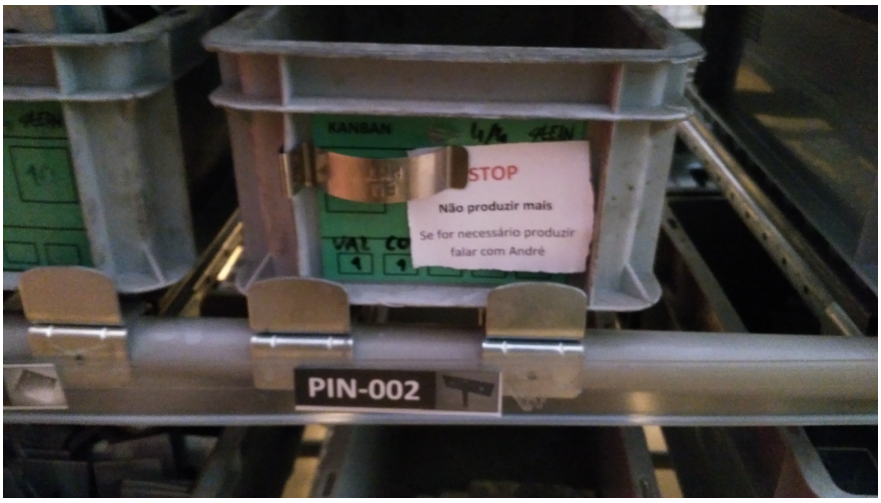


Figura 4.17: Informação visível colocada nos supermercados para conhecimento dos trabalhadores do pavilhão

4.2.3.5 Criação de Critérios para a Produção por MTS

A partir do momento em que se efetuaram as simplificações anteriores, era necessário criar critérios para a criação de kanbans para novos componentes, isto é, para se decidir se um componente deve ser produzido por MTO ou então por MTS, sabendo que neste último caso leva à criação do kanban. No entanto era igualmente preciso reajustar os kanbans já existentes à realidade atual das vendas da empresa, aproveitando os mesmos critérios.

Como tal, a ideia começava por pensar numa forma de reajustar os kanbans já existentes, tendo como principal lógica, a de apenas fazer sentido um componente estar em stock, caso esse componente seja vendido regularmente, caso contrário estávamos perante um desperdício de inventário

grave. Desta forma os critérios para essa regularidade foram definidos em conjunto com os responsáveis pelo departamento das vendas e o departamento técnico, chegando-se a um valor mínimo de vendas em pelo menos 50% dos meses a partir do momento em que determinado componente foi criado.

De seguida, era preciso uma fórmula que determinasse o valor a ser produzido de cada componente, caso o mesmo tivesse passado o critério da regularidade de vendas anterior. Nesta fórmula era necessário usar os valores a que tinha acesso da realidade atual das vendas da empresa, no entanto era claro que o stock de qualquer componente serve para responder a uma média da procura do mesmo, não servindo para responder a picos de vendas. Assim sendo a fórmula tinha de depender das vendas mensais de um determinado componente mas não dos picos de vendas, teria de ter em conta os meses de trabalho desde que foi criado o componente ou desde a altura em que se começou a analisar as vendas, caso o componente tenha sido criado anteriormente a essa data, e ainda a existência de um fator de segurança de 10% definido em conjunto com os responsáveis dos departamentos envolvidos. A fórmula do stock mensal de um componente passaria então a ser calculada da seguinte forma:

$$\text{Stock Mensal} = \frac{\sum(\text{vendas mensais das pecas antigas}) - \text{Picos de vendas}}{\text{Meses de trabalho}} * 1.1 \qquad (4.1)$$

Concluída esta fase da criação destes critérios para os kanbans era necessário acrescentar aos mesmos alguns detalhes para que pudessem servir igualmente para a criação de componentes novos. Desta forma decidiu-se que deveria de haver uma lista ordenada para sintetizar as preocupações a ter com as peças novas:

1. Começar por perceber se a peça nova, pode substituir algum componente já existente ou não;

2. Caso substitua, poderá ser feita a análise às vendas e à regularidade das mesmas ao componente que vai ser substituído, aplicando-se as devidas regras já faladas anteriormente e calculando-se o seu stock mensal. Passando-se depois a peça antiga para a lista dos descontinuados/monos;

3. Caso a peça nova não substitua nenhum componente, então não se deve criar kanban, devendo-se voltar a analisar as vendas deste novo componente 3 meses mais tarde, de forma a perceber se foi vendida em pelo menos 2 desses 3 meses, o que significaria que existiria regularidade de venda desse componente.

Todos estes passos e critérios, estão claramente demonstrados num fluxograma e explicados numa OPL que fiz, como forma de instrução geral para todos os envolvidos e interessados na criação e gestão dos kanbans na 4Lean, a OPL poderá ser vista no anexo A desta dissertação.

4.2.3.6 Reajustamento à Realidade dos Kanbans já Existentes

Tendo todos os critérios bem definidos, passava-se então à altura de fazer todas as análises faladas anteriormente às vendas dos componentes que existiam em stock. Este processo permitiu

reajustar vários stocks de componentes, retirar vários kanbans a componentes que não tinham regularidade de vendas e passar esses componentes para uma produção por MTO e simplificar todo o processo de análise e de trabalho através do quadro de kanbans existente no pavilhão.

Assim sendo, analisou-se mais uma vez todos os componentes que tinham ficado em stock por famílias, já depois de se terem retirados os kanbans aos descontinuados nas análises feitas anteriormente, e os resultados foram estes, apresentados na tabela 4.3:

Tabela 4.3: Resultado do reajustamento dos componentes em stock

Família	Nº Componentes MTS para MTO	NºKanbans retirados	Comparação Un. em stock
Braços e Pinos	0	6	-61
Pegas	0	0	0
Juntas p/ Rodas	5	14	-124
Juntas p/ Tubos	11	24	-219

Totalizando estes valores, pode-se perceber que para além dos componentes que já tinham sido descontinuados em substituição de outros, passou-se mais 16 componentes de stock para passarem a ser produzidos apenas à ordem do cliente (MTO), retiraram-se mais 44 kanbans a somar aos 52 que já se tinham retirado na simplificação de alguns componentes para descontinuados e finalmente passou-se a trabalhar com uma redução de unidades de stock que chegou a menos 404 peças, ou seja, passou-se a fazer exatamente o mesmo trabalho mas com menos 404 componentes em stock. Todas as modificações feitas foram explicadas em TR e são apresentados no anexo B deste documento.

Estas modificações, logicamente que permitiram uma enorme simplificação em todo o processo de produção de componentes em MTS, permitindo às pessoas que trabalham no pavilhão focarem-se em controlar os stocks que realmente interessam. Com esta retirada de kanbans fez com que o quadro que serve de apoio aos kanbans do supermercado dos componentes passa-se a ser usados pelos trabalhadores, pois tornou-se muito mais visível e fácil de ser interpretado, como veremos no subcapítulo a seguir.

4.2.4 Resultados Obtidos

Numa fase inicial deste projeto estabeleceram-se alguns indicadores que permitiriam mais tarde quantificar de certa forma as melhorias obtidas. Embora esta parte do projeto tenha sido concluída recentemente e por isso qualquer indicador possa não representar fielmente as melhorias obtidas, a realidade é que conseguiu obter alguns resultados interessantes nas primeiras semanas após a conclusão das melhorias no supermercado dos componentes. Como tal os indicadores escolhidos foram:

- **Uso do quadro de kanbans pelos trabalhadores:** Este é um indicador diferente, por ser o indicador mais visual do que quantitativo, uma vez que o quadro praticamente não era usado pelos trabalhadores do pavilhão dos componentes, devido ao número excessivo de kanbans existentes, e à complicação que era organizar o quadro. Era então necessário depois das simplificações feitas,

garantir que os stocks passavam a ser devidamente controlados no quadro que servia para esse efeito em paralelo com uma melhor organização do supermercado;

- **Horas de trabalho em MTO e MTS:** Este indicador era simples, perceber se com a redução dos stocks, as horas de trabalho em MTO iriam aumentar drasticamente ou não. Pois se antes das modificações se trabalhava em MTO sempre que se produzia um componente novo ou um componente que não estivesse em stock ou então quando havia uma rutura de stocks e era necessário lançar um MTO para completar a encomenda, após as reduções dos stocks e a passagem de vários componentes em stock para produção por MTO, poderia acontecer um aumento considerável das horas de trabalho em MTO, algo que seria indicativo de que os critérios criados para os reajustes e as simplificações poderiam não estar a ser bem feitos;

- **Número de ruturas de stock dos componentes:** Quando a este indicador o objetivo era claro, ter uma forma de comparar o número de ruturas existentes nos stocks dos componentes antes e depois das simplificações e melhorias feitas. Pois um dos objetivos desta parte do projeto era precisamente reajustar os stocks à realidade, de forma a reduzir o número de ruturas.

Iniciando a análise aos resultados pela simplificação e organização do supermercado e do quadro de kanbans disponível, relembrando o estado inicial do supermercado na figura 4.4 e do quadro na figura 4.9, era preciso então arranjar uma forma de organizar o espaço que foi sendo libertado no supermercado, e evitar que ficassem misturados componentes em stock, com componentes descontinuados e componentes que passariam a ser feitos por MTO.

Para isso colocou-se de um lado 2 estantes com todas as juntas para rodas e para tubos em stock, demonstrado na figura 4.18 , e noutro lado em apenas 1 estante ficaram todos os braços e pinos em stock, ficando visível o total de espaço livre no supermercado, apresentado na figura 4.19 Noutras 2 estantes ficaram numa os componentes descontinuados e noutra os componentes que passaram a ser produzidos por MTO, figura 4.20



Figura 4.18: Estantes do supermercado dos componentes com as juntas para tubos e para rodas



Figura 4.19: Estante ocupada com os braços, pinos e com várias prateleiras vazias



Figura 4.20: Estantes ocupadas com os monos e os componentes que deixaram de ser produzidos para stock

Quanto ao quadro de kanbans dos componentes que era dividido e bem em 3 colunas entre "Aguardar Picking"que significava que já tinham sido retirados das caixas por estas estarem vazias, "Soldadura"que tal como o nome indica os componentes que estariam a ser soldados, e finalmente na 3ª coluna "Zincagem"que era quando os componentes estavam na zincagem que é feita fora da empresa, quando os componentes regressam à 4Lean são colocados nas devidas quantidades em caixas e colocadas em conjunto com o kanban no supermercado, mas foi feita uma implementação importante, que foi dividir as filas do quadro por famílias, mostrado na figura 4.21, de forma a ser

mais fácil perceber de que família há mais componentes por produzir, sendo colocada a ordem das famílias na família por importância nas vendas e por importância nas estruturas finais:

1. Braços/Pinos/Pegas;

2. Juntas para Tubos;

3. Juntas para Rodas

4. Tool Holders (que não fazia parte do projeto serem analisados, são produzidos no pavilhão dos componentes, mas ficam no supermercado do pavilhão da sede);

5. Outros (Que eram componentes que apenas precisavam de matéria prima para serem produzidos, como o caso dos aros para os mini-wagons, que também não faziam parte do projeto serem analisados);

Deixou-se ficar uma fila para os kanbans azuis, que eram componentes comprados, no entanto a ideia passaria por colocar a breve prazo esses kanbans noutro quadro que não este. De salientar que todas estas melhorias e simplificações no quadro e nos supermercados foram realizadas em conjunto com os trabalhadores e com validação dos responsáveis técnicos e das operações, pois este trabalho só fazia sentido com a envolvimento de todos, para se alcançar um melhor resultado final. Depois foi dada uma pequena formação aos trabalhadores deste pavilhão de forma a garantir o correto uso do quadro.



Figura 4.21: Estado do quadro de kanbans em Dezembro de 2015

Quanto ao comparativo de horas de trabalho em MTS e MTO no pavilhão dos componentes entre o antes e o depois das implementações e simplificações feitas nos kanbans dos componentes, resolveu-se achar uma forma fácil de registar esses valores de forma diária, pedindo-se ao chefe de equipa do pavilhão dos componentes que registasse esses valores no final de cada dia numa folha própria para esse efeito, como demonstrada no anexo C desta dissertação, colocada no posto de trabalho do chefe de equipa. O que se pretendia era que registasse de uma forma global, não entrando em detalhes as horas que a sua equipa passou em cada dia a trabalhar (máximo de 8

horas/dia) para repor stocks nos supermercados, ou a trabalhar para responder a ordens de clientes e para completar encomendas (MTO). Esses valores foram registados de 1 de Outubro até 19 de Novembro para a tabela 4.4 e entre 20 de Novembro até 22 de Dezembro para a tabela 4.5:

Tabela 4.4: Horas de trabalho em MTS e MTO antes da revisão final dos kanbans componentes

	Nº Horas	**Percentagem de ocupação do tempo (%)**
Trabalho em MTS	141	46,5
Trabalho em MTO	162	53,5

Tabela 4.5: Horas de trabalho em MTS e MTO após a revisão final dos kanbans componentes

	Nº Horas	**Percentagem de ocupação do tempo (%)**
Trabalho em MTS	109	61,9
Trabalho em MTO	67	38,1

Estes valores alcançados neste indicador, foram claramente surpreendentes, pois após se reduzir o número de componentes em stock, e se ter passado vários componentes para uma produção por MTO, seria de esperar que a percentagem do número de horas de trabalho em MTO pudesse aumentar, no entanto não só isso não aconteceu, como o valor diminuiu cerca de 15 pontos percentuais. Penso que com este resultado se pode concluir, que os reajustamentos foram bem feitos, os componentes que ficaram em stock foram os que realmente importam e os que são usados de uma forma mais regular nas estruturas finais e por isso pode-se admitir que os critérios criados, estarão corretos, e digo estarão, pois tenho consciência de que qualquer conclusão nesta fase inicial pode ser precipitada.

No que toca à análise do indicador do número de ruturas de stock dos componentes, esse registo foi feito por mim diariamente falando com os responsáveis das operações que lançavam as ordens de produção para o pavilhão dos componentes. O gráfico que mostra o número de ruturas por dia útil de trabalho antes das implementações é visível na figura 4.22 e foi contabilizado durante 35 dia úteis de trabalho. Já o gráfico que mostra o número de ruturas por dia útil de trabalho após as implementações é visivel na figura 4.23 e foi contabilizado durante 28 dia úteis de trabalho.

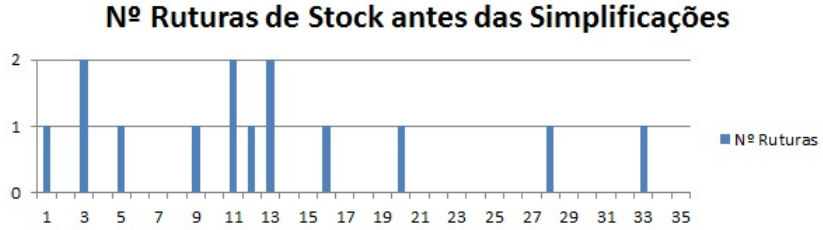


Figura 4.22: Gráfico do Nº Ruturas diário antes das implementações

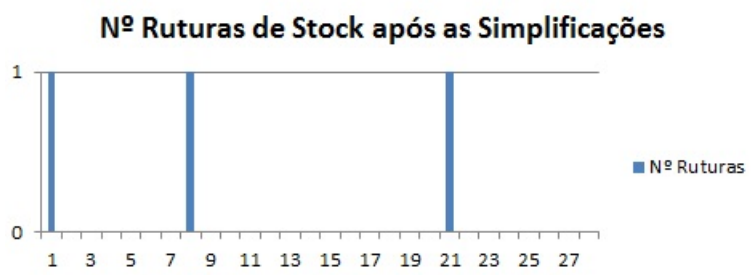


Figura 4.23: Gráfico do Nº Ruturas diário depois das implementações

Os resultados alcançados aqui, são em certa forma coincidentes com os resultados obtidos anteriormente, pois obteve-se um total de 14 ruturas de stock antes e logicamente durante as implementações e após as mesmas obteve-se apenas 3, o que mais uma vez prova que os critérios estabelecidos para a criação e reajustamento dos kanbans seguem uma linha correta. É igualmente visível no gráfico da figura , que nos últimos 15 dias úteis de trabalho já só se obtiveram 2 ruturas, o que pode ser justificado da seguinte forma: pois nesse último período, algumas das implementações iniciais que já tinham sido implementadas, e já começavam a surtir algum efeito.

Estes resultados faziam crer que as coisas estavam a ser bem feitas, e como tal levantou-se uma questão importante numa das reuniões do meu projeto em conjunto com os responsáveis do departamento técnico, que foi a importância de se fazer algumas simplificações imediatas, dentro do mesmo género nos kanbans dos subcomponentes, relembrando que eram os subcomponentes que depois de soldados davam origem aos componentes. Portanto se já se tinha descontinuado vários componentes, e retirado de stock outros tantos, levantava-se a questão se haveriam alguns subcomponentes que também poderiam ser retirados de stock, algo que será analisado no subcapítulo seguinte.

4.3 Kanbans dos Subcomponentes

Esta parte do projeto nasce então como uma consequência da revisão feita nos kanbans dos componentes, pois haveria a possibilidade de existirem subcomponentes que apenas serviriam a componentes que tinham passado a descontinuados, ou sido retirados de stock para passarem a ser produzidos por MTO. Como tal, a empresa decidiu fazer aqui uma alteração ao plano do meu projeto inicial, pois ficou decidido dar prioridade a uma simplificação nos subcomponentes em detrimento da análise à máquina da quinagem, de forma a melhorar a qualidade e reduzir os tempos dessa operação.

Assim sendo, pretendia-se nesta simplificação dos kanbans dos subcomponentes o seguinte:

- **Redução de stocks:** Pretendia-se passar se possível alguns subcomponentes para descontinuados, caso não servissem para mais nenhum componente, ou então caso apenas servissem para

componente que passaram a ser feitos só por MTO então esses subcomponentes passariam a ser produzidos só em MTO também;

- **Simplificação e uso correto do quadro e dos sequenciadores:** Também nos subcomponentes existia um quadro de kanbans de subcomponentes com evidente excesso de kanbans, o que levava a que tanto o quadro como os sequenciadores que deveriam ser representativos da carga de trabalho semanal e diária respetivamente, não eram usados da forma devida, por causa da falta de organização derivado ao facto de haver um grande número de kanbans. Portanto era me pedido aqui que fizesse as modificações necessárias para que os trabalhadores do pavilhão dos componentes passassem a dar o devido uso ao quadro de kanbans dos subcomponentes e aos sequenciadores disponíveis.
- **Análise de setups na puncionadora (Maqfort):**Em estudos e análises anteriores à minha chegada feitas na empresa, tinha-se chegado à conclusão de que o gargalo no pavilhão dos componentes estava na puncionadora e nas operações lá efetuadas, algo que era visível estando no local, porque apesar da capacidade da mesma não ser aproveitada a 100% devido a não haver trabalho suficiente para a Maqfort trabalhar na sua capacidade máxima, a realidade é que sempre que surge um MTO é nesta máquina que o trabalho se "atrasa"devido também aos seus setups que variam entre 10 a 20 minutos, estando por vezes os processos a seguir à "espera"que cheguem subcomponentes vindos da puncionadora. Como tal, pedia-se nesta parte do projeto que se analisasse estes setups de forma a tentar melhorar o aproveitamento de cada setup, com a ajuda também dos sequenciadores. Ou seja, sempre que surgisse um MTO que necessitasse duma operação na Maqfort, agrupar-se um MTS que tenha a mesma operação.

4.3.1 Estado Inicial do Supermercado dos Subcomponentes

Na fase inicial desta parte do projeto, vendo o estado do supermercado dos subcomponentes, mostrado na figura 4.24, pode-se perceber que não seria este o principal problema, pois aparentava estar organizado.



Figura 4.24: Estado inicial do supermercado dos subcomponentes

No entanto, os problemas tornam-se visíveis quando se verifica o quadro de kanbans dos subcomponentes, em que mais uma vez se verificava o excesso de kanbans existentes, figura 4.25. Este quadro estava dividido por colunas, em que cada coluna representava uma família de subcomponentes:

- **F1:** Corte no serrote e furo na Maqfort tubo quadrado;
- **F2:** Corte na guilhotina e furo na Maqfort;
- **F3:** Corte na guilhotina e quinagem;
- **F4:** Corte no serrote e furo na Maqfort tubo redondo;
- **F5:** Corte no serrote;
- **F6:** Dobragem e guilhotina;

Para além de estar dividido em colunas, o quadro apresenta uma escala temporal na vertical e os kanbans eram colocados por "montinhos"em que cada um deste conjunto de kanbans representaria 4 horas de trabalho.



Figura 4.25: Estado inicial do quadro dos subcomponentes

Já os sequenciadores encontravam-se claramente parados, em que os kanbans estavam lá praticamente "pousados"e não representavam aquilo que os trabalhadores estavam a fazer, como demonstrado na figura 4.26 e 4.27.



Figura 4.26: Estado do sequenciador de corte no serrote



Figura 4.27: Estado do sequenciador da guilhotina

4.3.2 Planeamento e Implementações das Melhorias nos Subcomponentes

Começou-se por fazer uma lista com todos os subcomponentes usados pelos componentes que tinham sido descontinuados, depois fez-se a mesma lista para os subcomponentes que eram

usados nos componentes que tinham sido retirados de stock e passados a ser produzidos por MTO. O objetivo passava por verificar se algum desses subcomponentes presentes nas listas fosse apenas usado nos componentes já retirados.

Desta forma, com estas listas conseguiu-se identificar 6 subcomponentes que poderiam passar para descontinuados e 3 subcomponentes que seriam retirados de stock, passando a ser produzidos por MTO, como demonstrado na figura 4.28 e no relatório no anexo D. O número de simplificações nos subcomponentes como seria de prever era então bem mais reduzido que nos componentes, derivado ao facto de um subcomponente ser usado em um ou mais componentes. No entanto, durante esta análise identifiquei uma outra oportunidade de melhoria que tinha a ver com os *tool holders*, pois a maioria desta família de componentes apenas necessita de subcomponentes que sofrem uma operação, que é o corte (F5) não tendo nenhuma operação no gargalo da fábrica, a puncionadora, logo existia a hipótese de estes subcomponentes não necessitarem de estar em stock e serem cortados no momento em que eram necessários, já que a operação de corte é rápida, algo que demonstrei aos responsáveis do departamento técnico e das operações numa das reuniões e à qual estes responderam de forma positiva. Assim sendo, esta medida permitiu retirar mais 11 subcomponentes de stock, que juntando aos 3 anteriormente retirados, perfazia um total de 14 subcomponentes retirados de stock.

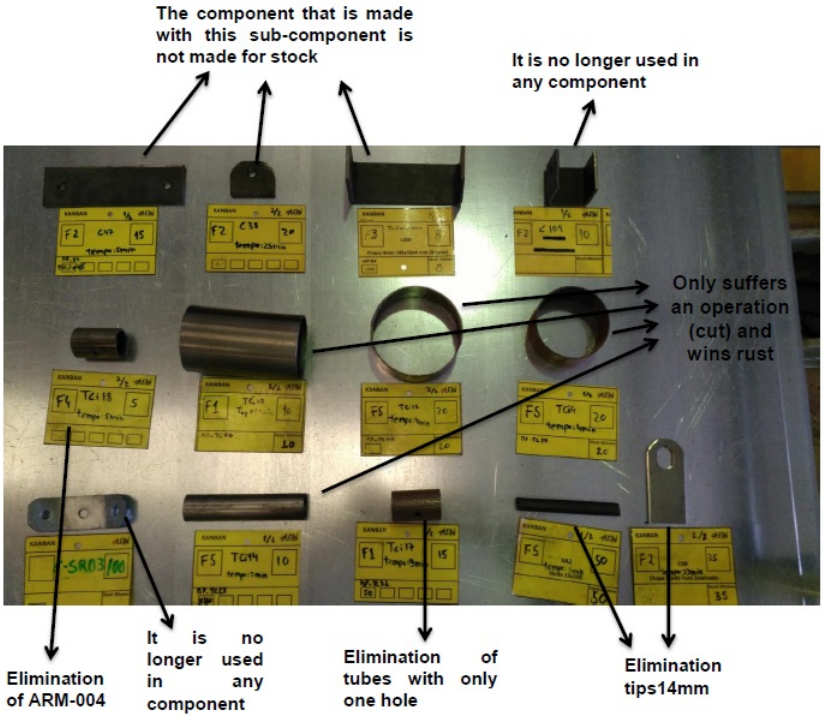


Figura 4.28: Algumas simplificações nos kanbans dos subcomponentes

Estas medidas permitiram retirar um total de 40 kanbans ao supermercado dos subcomponentes, ficando o quadro de kanbans deste supermercado muito mais fácil de ser visualizado e de os trabalhadores o começarem a dar o devido uso, como demonstrado na figura 4.29.



Figura 4.29: Estado do quadro de kanbans dos subcomponentes em Dezembro de 2015

Com esta simplificação do quadro de kanbans, foi mais fácil com a ajuda do chefe de equipa do pavilhão dos componentes, organizar novamente os kanbans por "montinhos"de 4 horas e dessa forma passar a dar uso aos sequenciadores, de maneira a tornar visível o trabalho diário que estava programado para cada dia, e a partir daí ser facilmente detetável se havia trabalho em atraso ou não, facilitando e muito a vida ao chefe de equipa, pois passou a ser mais fácil este perceber onde era necessário colocar mais pessoas a trabalhar durante o dia.

Quanto aos setups da puncionadora, estes foram analisados e registados pelo chefe de equipa do pavilhão que sempre que se realizava um setup registava de que família de subcomponente a puncionadora estava e para qual passava, todos estes registos foram efetuados numa folha própria, demonstrada no anexo E desta dissertação, ao longo de 37 dias úteis de trabalho. Chegando-se à conclusão de que os setups mais usuais são entre a família F1 e a F2, sendo portanto prioritário agrupar sempre que possível kanbans dos subcomponentes nos sequenciadores e no quadro de kanbans a ordens de produção por MTO, sempre que se fazem setups na puncionadora para produção de subcomponentes da família F3 e F4, uma vez que são setups menos usuais. Esta informação foi dada ao chefe de equipa do mesmo pavilhão que a partir daí passou a ter especial atenção a todos os MTO que exigiam a produção de subcomponentes das famílias F3 e F4. Depois de feitas estas mudanças e até à data final deste projeto, apenas se registou uma mudança de setup para cada uma destas famílias de subcomponentes, e em ambas foi agrupado um kanban com produção de subcomponentes com a mesma operação para stock.

Relativamente aos tempos de setup, estes não foram tidos em grande conta apesar de terem sido contados em todos os setups, visto que os tempos variavam entre os 10 e os 20 minutos, mas não eram constantes, pois grande parte do setup depende da intervenção humana, e logicamente

da agilidade e experiência de quem o está a fazer.

4.3.3 Resultados Obtidos

Nesta parte das melhorias nos kanbans dos subcomponentes, o que se pretendia era que os grandes indicadores desta parte do projeto fossem visuais, visto o objetivo da empresa nesta parte era fazer simplificações rápidas e superficiais,e não analisar de forma tão profunda como foi feito para os kanbans dos componentes. No entanto estas pequenas simplificações poderiam ter um impacto grande nas diferenças de organização e na qualidade e eficácia do trabalho desenvolvido naquele pavilhão.

Como já foi visto conseguiu-se retirar um total de 40 kanbans, que correspondeu a menos 676 subcomponentes que deixaram de ser feitos para stock, devido às enormes quantidades que alguns desses kanbans tinham.

Esta redução do número de kanbans permitiu por consequência organizar melhor o quadro do supermercado dos subcomponentes, de tal maneira que voltou a ser corretamente usado pelos trabalhadores do pavilhão, assim como o uso e controlo das cargas de trabalho através dos sequenciadores pelo chefe de equipa, tal como já foi visto anteriormente.

Por fim, os setups da Maqfort foram analisados e aparentemente conseguiu-se chegar a uma conclusão de quais eram os setups menos ususais e que "obrigavam"a um agrupamento de produção para stock sempre que se faz um setup para produção por MTO.

4.4 Conclusões do Capítulo

Durante este capítulo foram explicadas as metodologias seguidas para o levantamento das causas dos problemas. Depois de se perceber quais eram essas causas, foi igualmente explicado como se fez a implementação de soluções de melhoria, sendo para isso fulcral o envolvimento dos responsáveis dos vários departamentos da 4Lean, assim como todos os trabalhadores do pavailhão dos componentes.

Assim, depois deste capítulo conclui-se que a revisão do stock e dos Kanbans dos Componentes foi realizada com sucesso apesar de ainda ter passado pouco tempo desde que as implementações foram concluídas. Portanto pode-se afirmar que o objetivo de criar critérios para a criação de kanbans e reajustar o valor dos kanbans à realidade atual das vendas foi terminado, com uma visível redução dos stocks, uma criação de um método para se continuar a eliminar monos que ainda existem, já que até à data final do estágio, se tinham eliminado totalmente 6 tipos de componentes descontinuados e a redução das ruturas de stock foi uma evidência registada igualmente até à data final do estágio.

No que toca à parte alargada desta parte do projeto, ou seja, à parte dos subcomponentes, as simplificações feitas, trouxeram visíveis melhorias na redução de stocks no supermercado, em conjunto com uma melhor utilização das soluções Lean disponíveis naquela zona, isto é, o quadro de kanbans e os sequenciadores.

Capítulo 5

Zona de Soldadura e Outras Melhorias

Após as implementações feitas e melhorias alcançadas nos kanbans e nos supermercados, era altura de se avançar para a 2ª parte do projeto, que implicava analisar e melhorar o processo de soldadura e as condições em que era feita. Passo então a relembrar, que após reunião com os responsáveis dos departamentos técnico e das operações, os objetivos que se pretendiam atingir nesta fase do projeto seriam o de melhorar o espaço da soldadura através da implementação dos 5S's e a criação de gabarits de forma a melhorar a qualidade dos componentes, reduzir defeitos e reclamações e reduzir tempos de soldadura.

5.1 Análise ao Processo e ao Estado Inicial da Soldadura

Esta parte do projeto nasce derivado ao facto da existência de algumas reclamações internas e externas dos componentes que saíam da soldadura. Como tal, era necessário perceber o processo de soldadura, isto é, ter a noção de como era feito e em que condições.

A soldadura na 4Lean é manual (MMA/SMAW), o que logicamente faz com que haja sempre um fator de erro humano no resultado final da peça, fator esse que se tentava minimizar ao máximo com a utilização de gabarits de soldadura. O processo em si, feito pelo soldador do pavilhão dos componentes, é simples, limitava-se a fazer o picking dos subcomponentes que necessitava segundo o kanban ou o MTO, para os levar para a zona de soldadura e os soldar, transformando-os em componentes. No entanto, logo aqui se reparava num problema, o picking dos subcomponentes era feito em caixas que depois ficavam pousadas no chão ou em cima da mesa de soldadura, o que representava algo muito pouco organizado.

Depois de serem soldados, os agora componentes eram levados para a carrinha da empresa que os transportava para a zincagem (feita noutra empresa). Mais uma vez aqui se observava um desgaste desnecessário por parte dos trabalhadores, pois pegavam nas caixas uma a uma para as colocar na carrinha. Desta forma se iniciou a análise ao estado desta zona de soldadura.

5.1.1 Estado Inicial da Zona de Soldadura

Passando a fase de perceção do processo, seguiu-se a fase de análise do gemba, isto é, verificar qual a realidade do estado da zona de soldadura e dos gabarits de soldadura e de todas as estruturas auxiliares a este processo.

Foi de imediato visível a desorganização de toda aquela área, como demonstra a figura 5.1. Idealmente, esta zona apenas precisaria de ter a máquina de soldadura MMA/SMAW, o exaustor de fumos, a mesa de soldadura, os gabarits de soldadura e um espaço para os subcomponentes que vão ser soldados. Realisticamente o que estava a acontecer é que para além de tudo o que foi falado anteriormente, estavam inúmeras caixas espalhadas pelo chão e pela mesa de soldadura e até mesmo em cima da máquina de soldadura e do exaustor, o número de peças espalhadas na parte de cima e de baixo da mesa era um exagero, e pior ainda, os gabarits estavam todos misturados com essas peças. Desta forma o espaço disponível na mesa de soldadura para se soldar, resumia-se a cerca de 1/5 do espaço total da mesa. Claramente uma desorganização total, que não ajudava em nada a atingir bons índices de qualidade no processo de soldadura.



Figura 5.1: Estado Inicial da Zona de Soldadura

Quanto aos gabarits, era difícil ter uma ideia de quantos eram e se estavam bem feitos ou não devido à grande confusão que se encontrava nesta zona. No entanto, após falar com os trabalhadores que soldavam, pude perceber que havia ainda um número considerável de gabarits por fazer, até derivado ao facto de aquela zona ser recente, e ainda haver alguns componentes que por vezes são soldados fora da empresa, algo que o Diretor da 4Lean pretende combater, de forma a poder soldar 100% dos componentes dentro da empresa, pois os custos com a soldadura fora, são bastantes dispendiosos.

5.2 Implementações e Melhorias na Zona de Soldadura

Era fácil perceber que se tinha de começar por simplificar e melhorar a zona de soldadura, uma vez que só assim, se iria também conseguir ter acesso aos gabarits de soldadura disponíveis, que até então, estavam misturados em toda aquela confusão, algo que representava um desperdício de tempo enorme por parte do soldador que tinha de andar a procurar em toda aquela confusão o gabarit de que necessitava.

5.2.1 Implementação dos 5S's na Zona de Soldadura

Assim sendo, planeou-se os 5 passos do 5S's e passou-se à sua implementação em conjunto com os trabalhadores do pavilhão, principalmente aqueles que soldavam, pois só assim o trabalho faria sentido, de forma a que aa principais pessoas que vão usar aquele espaço tenham noção dos erros cometidos, de modo a que não os voltem a cometer:

1. Seiri/Sort – Começou-se por separar todo o material existente no espaço de trabalho, para se proceder a uma triagem, onde se retirou todas as ferramentas e peças que o soldador não precisa para realizar a sua tarefa, aumentando assim desta forma o espaço disponível, como se pode ver pela figura 5.2, após a triagem de material conseguiu-se identificar um total de 8 tubos quadrados repostos no supermercado de matéria prima, 27 subcomponentes e 6 componentes repostos nos respetivos supermercados, e 50 peças de sucata, todo este material ficou separado em caixas, figura 5.3 antes de ser reposto nos lugares corretos. Para além disso foram encontrados 19 gabarits embora alguns desses já sejam gabarits antigos e não utilizados atualmente, essa análise foi feita e concluída numa fase mais à frente deste projeto, deixando-se por enquanto os gabarits todos numa caixa, mas identificados.

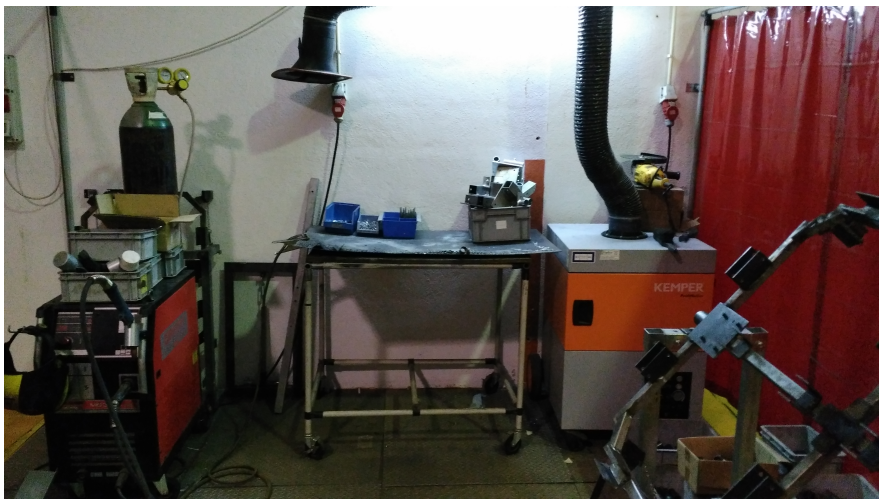


Figura 5.2: Estado da Zona de Soldadura após o primeiro passo dos 5S's



Figura 5.3: Algum do material retirado da zona de soldadura

2. Seiton/Simplify – Neste passo fez-se toda a arrumação e organização do espaço, em que para isso se definiu lugares para cada parte do processo, sendo que após mais uma reunião do meu projeto, se chegou à conclusão que era necessário substituir algumas estruturas naquela zona, criar outras novas, e pensar noutra disposição dessas mesmas estruturas para aquela zona.

Assim sendo começou-se por pensar numa disposição da zona de soldadura mais simples e com uma ligação mais rápida ao supermercados dos subcomponentes, pois é nesse supermercado que se faz o picking de materiais para a soldadura, para isso criou-se 2 aberturas naquela zona, mais 1 da que existia inicialmente, como se pode verificar pela figura 5.4

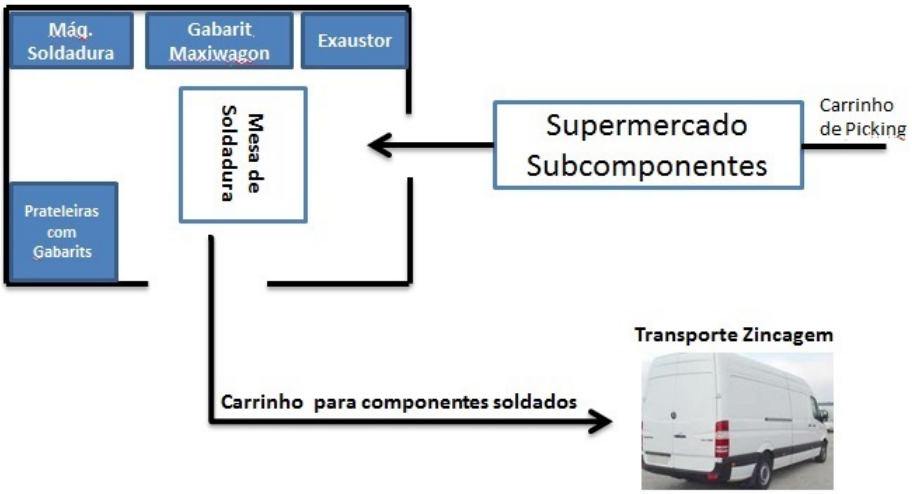


Figura 5.4: Disposição pensada para a zona de soldadura

Depois de idealizada a zona de soldadura, seguiu-se a fase de projeção e construção das estruturas de apoio à soldadura, como a mesa de soldadura, figura 5.5, que foi construída ligeiramente inclinada para a frente, e com 1,10 metros de altura, mais alta 20cm que anterior permitindo ao operário que está a soldar ficar numa posição mais ergonómica, e construida em tubo de ferro quadrado e com o tampo da mesa feito com 2 chapas de ferro zincadas com 4mm de espessura cada, a pensar numa mesa mais resistente ao calor que anterior que já estava toda deformada.



Figura 5.5: Mesa de soldadura nova

De seguida construiu-se a estrutura com prateleiras para se guardar todos os gabarits de soldadura, de forma a que estes sejam sempre guardados naquela estrutura. A estrutura foi feita com tubo de ferro redondo, e com as prateleiras inclinadas de forma a estar sempre visível o que está dentro de cada caixa, como se pode ver na figura 5.6.



Figura 5.6: Estrutura para os gabartis de soldadura ao nível da visão

O próximo passo foi construir um carrinho que permitisse o transporte dos componentes soldados até à carrinha que depois os levaria à zincagem. Carrinho esse que acabou por não ser construído, pois segundo a política da empresa, quando se trata de estruturas para uso interno deve-se aproveitar sempre todo o material usado em testes anteriores, sendo assim acabou-se por aproveitar um base-wagon que estava parado no Lean Lab, que tinha servido para testes antigos, montou-se 2 pegas descontinuadas e colocou-se uma palete, para depois receber as caixas verdes onde se colocam as peças soldadas, tal como demonstra a figura 5.7.



Figura 5.7: Base-Wagon para a zona de soldadura

Finalmente ficou a faltar uma estrutura movível que facilitasse o picking de materiais e o respetivo transporte entre o supermercado dos subcomponentes até à zona de soldadura. Para isso numa das reuniões verificou-se que era possível construir uma estrutura que conseguisse entrar por cima da mesa de soldadura e ao mesmo tempo ficar estável. Construiu-se então uma estrutura diferente que garante a estabilidade necessária para o peso que é transportado e que facilita e muito a própria soldadura como se pode verificar na figura 5.8. Depois de se fazer o picking dos subcomponentes necessários, leva-se o carrinho para a zona de soldadura e este entra ligeiramente por cima da mesa de soldadura o que faz com que o soldador não precise de se deslocar ou virar para outro lado para ir pegando nos subcomponentes que vai soldando, pode-se dizer que a estrutura desta forma entra na golden zone do soldador, figura 5.9.

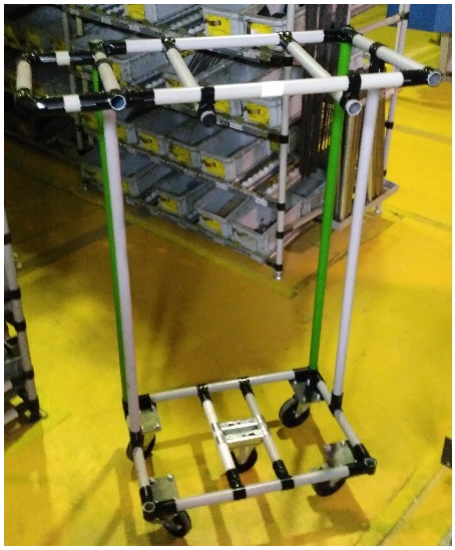


Figura 5.8: Estrutura para o picking de subcomponentes



Figura 5.9: Exemplo da soldadura do BR-3 com a nova mesa e a estrutura para o picking

3. Seiso/Shine – O passo seguinte deste método era então o de limpar todo o posto de trabalho, já que depois de este estar arrumado e completo com as estruturas novas todas montadas, se tem de garantir um ambiente de trabalho limpo e sem material desnecessário, como tal analisou-se todos os 19 gabarits identificados, e eliminaram-se 7, por já não servirem ou estarem mal feitos e arrumou-se os gabarits nas prateleiras criadas para o efeito, identificando-se cada caixa com a família dos componentes para quais os gabarits que lá estão dentro servem, como está apresentado na figura 5.10.



Figura 5.10: Estrutura com os gabarits de soldaduras nas caixas identificadas

Sendo possível nesta fase apresentar já a zona de soldadura final, após todas as mudanças feitas anteriormente, como se pode ver na figura 5.11, ficou um espaço mais amplo e aberto, onde se tornou todos os processos envolventes na soldadura mais rápidos e simples, tendo tudo o seu lugar próprio, figura 5.12.

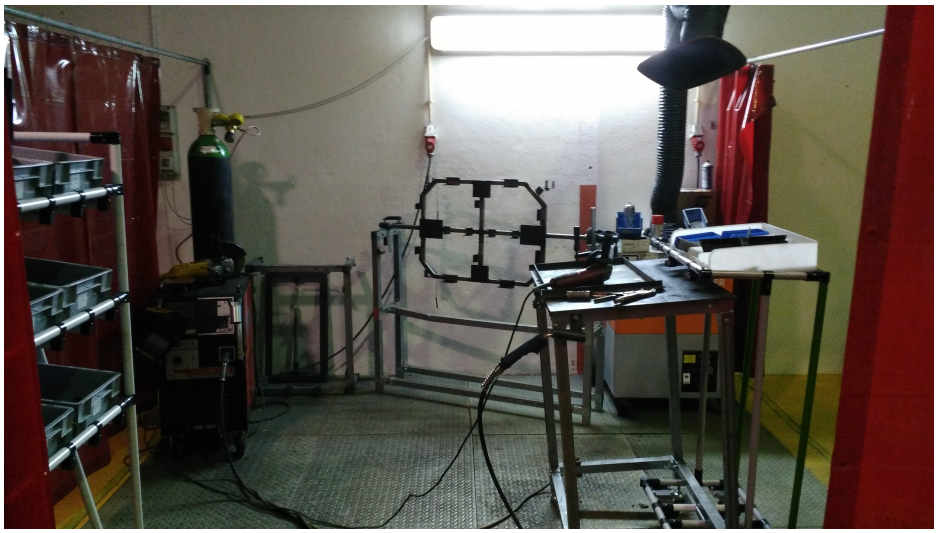


Figura 5.11: Vista da zona de soldadura pela abertura principal



Figura 5.12: Vista da zona de soldadura para o supermercado dos subcomponentes pela a abertura secundária

4. Seiketsu/Standardise – No 4º passo dos 5S's é realizada a normalização e uniformização de todas as medidas anteriores, ou seja, garante-se que toda a gente percebe e segue as regras. De forma a ajudar ao sucesso destas medidas, foram criadas algumas estandardizações, que facilitam a vida aos trabalhadores daquela área, como por exemplo, pintaram-se todos os gabarits de vermelho, de maneira a que qualquer gabarit que não seja reposto no seu local após a sua utilização, facilmente seja identificado e colocado no local correto, figura 5.13.



Figura 5.13: Gabarits de soldadura pintados a vermelho na estrutura

5. Shitsuke/Sustain – Por fim disciplinou-se e informou-se todos os colaboradores e operários a manter os procedimentos criados anteriormente, algo que não foi difícil pois todos os utilizadores daquela zona participaram na implementação dos 5S's, dessa forma eles próprios também tiveram perceção do trabalho que foi limpar todo o "lixo"que estava naquela zona e reorganizar o espaço. Assim, com a união e motivação de todos é possível cumprir constantemente com estas regras e modificações.

5.2.2 Melhorias nos Gabarits de Soldadura

Como já foi falado anteriormente, foram encontrados inicialmente 19 gabarits, que depois de se eliminar 7 que já não eram usados ou estavam deformados, fez com que fossem guardados nas prateleiras um total de 12 gabarits. Foi então feita uma análise cuidada em conjunto com o trabalhador responsável pela soldadura de forma a perceber que componentes tinham a sua qualidade garantida pelo gabarit e quais não tinham, e depois perceber que garantias cada gabarit dava. Foram então identificados vários componentes que não têm gabarit de soldadura, e foi ainda percetível que existia uma esquadria que servia de gabarit para vários componentes o que no entanto não garantia todas as qualidades aos próprios, contas feitas, existiam 12 componentes

com total garantia de qualidade pelos gabarits. Inicialmente, obteve-se então a seguinte listagem, visível na figura 5.14:



Figura 5.14: Componentes que tinham a sua qualidade garantida pelos gabarits

Desta forma começou-se por construir gabarits de soldadura para os componentes mais vendidos, e de seguida para as peças críticas em termos de qualidade. Todos os gabarits feitos, seguiam sempre dois passos:

1. Era analisado em conjunto com o operário que fazia os gabarits ou os componentes para os quais o gabarit iria servir, e todas as garantias que o gabarit teria que dar ao componente, quer fossem a horizontalidade, centralidade ou verticalidade. Depois era desenhado o gabarit, e tiradas todas as medidas necessárias;

2. O passo seguinte era a contrução do próprio gabarit, que passava pela soldadura e se ia testando com a posição dos subcomponentes a cada pingo de solda se o gabarit estava a ficar bem ou não de forma poder-se dar alguma correção.

Desta forma, foram criados alguns gabarits de soldadura até à data do fim deste projeto, deixando aqui um exemplo de um gabarit que foi construído para um componente bastante vendido e crítico, a ponteira do braço das estruturas de tubo redondo, o ARM-003. Essa ponteira era soldada sem haver garantia de centralidade, o que fazia com que ocorressem erros constantes nesse aspeto, como demonstra a figura 5.15. Assim foi criado um gabarit para garantir a centralidade do tubo redondo em relação ao furo da chapa, figura 5.16. Outros gabarits foram criados, podendo ser visto no anexo F mais alguns exemplos.



Figura 5.15: Exemplo de uma ponteira do ARM-003 que não estava centrada

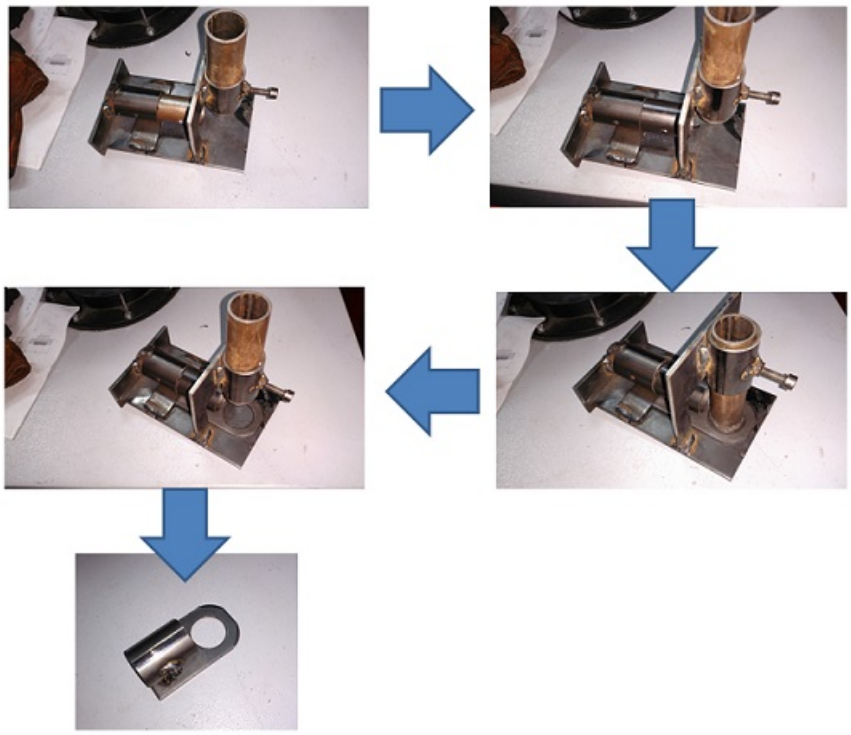


Figura 5.16: Exemplo da utilização do gabarit para a ponteira do ARM-003

No fim do estágio na empresa, existiam já 18 componentes que tinham total qualidade garantida pelos gabarits, e a lista dos componentes com gabarit, era a seguinte (figura 5.17):



Figura 5.17: Componentes que tinham a sua qualidade garantida pelos gabarits aquando do fim do estágio

5.3 Resultados Obtidos

Quanto aos resultados obtidos nestas implementações e melhorias, são em grande parte visuais no que toca aos 5S's, no entanto é visível uma clara melhoria e uma redução de desperdícios de todo o processo envolvente, quer seja no transporte dos subcomponentes no picking, ou na quantidade de movimentações que os trabalhadores faziam para levar as caixas uma a uma até à carrinha que os transportava para a zincagem, ou até mesmo no tempo que demoravam à procura dos gabarits para poderem soldar. Todos os utilizadores daquela zona demonstraram grande satisfação com o resultado alcançado, como o exemplo da mesa de soldadura ter sido feita a pensar na ergonomia deles, até à data final do estágio todos têm cumprido com as novas regras daquele espaço.

Quanto aos gabarits, todos os os que foram feitos, permitiram diminuir os defeitos e reduzir o tempo de solda de cada componente, tempo esse que apesar de não poder ser contabilizado com grandes certezas, pois depende sempre da experiência e da rapidez de cada soldador, é possível afirmar que em média cada gabarit permitiu reduzir em cerca de 40% o tempo de solda de cada componente. Porém, existe ainda algum trabalho a ser feito, ou seja, há ainda alguns componentes prioritários que devem ter gabarit de soldadura, no entanto, devido ao estágio ter terminado e à

ocupação de tempo que era necessário do trabalhador responsável por fazer os gabarits noutros trabalhos na empresa, fez com que até à data final deste estágio não se conseguiu completar todos os gabarits prioritários. Ficando isso visível na lista da figura 5.17.

Porém o sucesso destas implementações pode ser também demonstrado na análise do número de reclamações internas e externas que estavam ligadas com a soldadura, análise feita em conjunto com a co-orientadora deste estágio que era responsável pela qualidade dos produtos finais. Foi feito o registo durante 19 dias úteis de trabalho antes de se iniciar a construção de novos gabarits, mas já durante a fase de implementação dos 5S's na zona de soldadura. E após o início da construção dos gabarits contabilizou-se um total de 16 dias úteis (até ao final do estágio) para o registo das reclamações internas e externas relacionadas com a soldadura. Como tal, é lógico que ainda é cedo para se obter ou afirmar grandes conclusões, no entanto os resultados obtidos expressos na tabela 5.1, demonstram uma redução no número de reclamações quer internas, quer externas, o que é de facto positivo mas pode não representar fielmente as melhorias obtidas, por o trabalho ser recente e não estar completamente concluído.

Tabela 5.1: Reclamações registadas sobre os componentes soldados

Tipo de Reclamações	**Antes da construção dos gabarits**	**Depois do início da construção dos gabarits**
Reclamações Internas	10	6
Reclamações Externas	3	1

A título de curiosidade, participei ativamente na construção e montagem de todas as estruturas para a zona de soldadura, incluindo a mesa, algo que me foi bastante enriquecedor e me ajudou a perceber as principais dificuldades que os operários da montagem sentem caso hajam defeitos de soldadura nos componentes e me permitiu igualmente perceber a utilidade de vários componentes.

5.4 Outras Melhorias Desenvolvidas Durante o Estágio

Durante os 4 meses de estágio na 4Lean, tive a oportunidade de poder desenvolver e participar em paralelo com os meus projetos em outras melhorias e projetos de outras pessoas, desde o desenvolvimento de novos produtos, ou alterações feitas a componentes e subcomponentes passando pela criação de novos postos de trabalho. Desta forma, seria difícil demonstrar aqui o trabalho que desenvolvi em todos essas situações. Assim sendo, opto por apresentar aqui aquelas que me parecem mais interessantes e visíveis:

5.4.1 Criação de um Posto de Controlo da Qualidade das Molas dos Braços

Existiam por vezes algumas reclamações no que toca aos braços produzidos na 4Lean, que se vieram a verificar ser originadas por um dos subcomponentes comprados, as molas que compunham os braços do sistema 4Lean System, figura 5.18. Este tipo de mola que estava quinada em apenas uma das pontas retirava pressão e logicamente força quando aplicada no braço quando comparada com a mola quinada nas 2 pontas. A mola estava quinada assim porque sempre tinha

servido para levantar o braço, no entanto a 4Lean cresceu e começava a fazer estruturas bem mais largas e compridas o que fazia com que se montasse essas estruturas com braços mais compridos e por isso mais pesados também, e foi aí que a mola deixou de ter força suficiente. Foi feito um diagrama de Ishikawa de forma a tentar perceber quais poderiam ser as razões na mola que a faziam não ter força para levantar um braço mais pesado.



Figura 5.18: Tipo de mola usada no ARM-003

Num dos testes que se fez, concluiu-se que se a segunda ponta da mola fosse igualmente quinada, a mola já teria força para levantar os tamanhos dos braços pretendidos, para isso foi necessário construir um gabarit, figura 5.19 para quinar a segunda ponta nas molas que existiam em stock, e passou-se a comprar ao fornecedor, a mola quinada nas duas pontas.

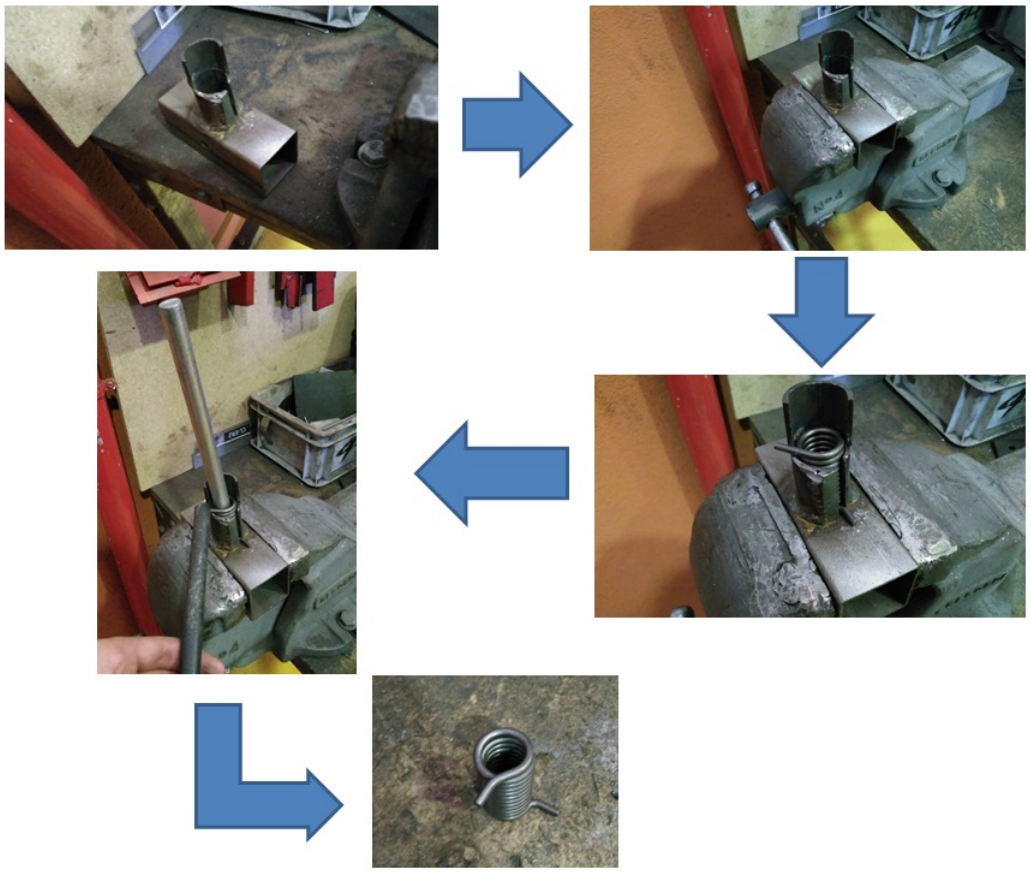


Figura 5.19: Gabarit construido para quinar a segunda ponta das molas dos ARM-003

De seguida percebeu-se a necessidade de criar um posto de trabalho para o controlo das molas montadas em todos os braços existentes, de forma a verificar sempre o produto vindo do fornecedor. Assim procederam-se a vários testes de forma a identificar os comprimentos máximos e mínimos que cada mola de cada braço conseguiria levantar. Assim, aproveitou-se uma área que era usada para a montagem das molas dos braços e que estava claramente desarrumada, visível na figura 5.20, e transformou-se num posto de trabalho que passou a servir para além da montagem dos braços, para o controlo de qualidade das molas montadas nos mesmos.

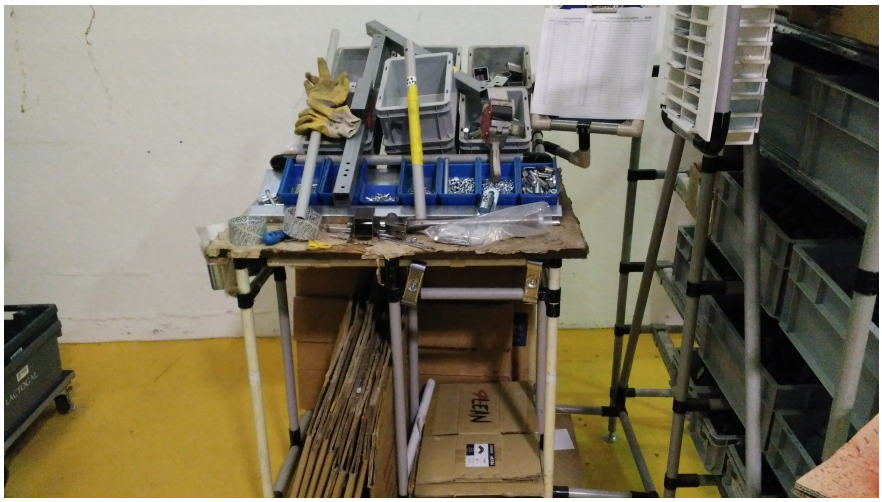


Figura 5.20: Zona para a montagem dos braços

Depois de se identificar os comprimentos para os Braços do 4Lean System Plus (tubo quadrado), do 4Lean System (tubo redondo) e dos Mini-wagons, visíveis na figura 5.21, fez-se um quadro para expor os tamanhos que teriam de ser testados e todos os gabarits que servem para a montagem e para os testes em simultâneo, como demonstrado na figura 5.22.

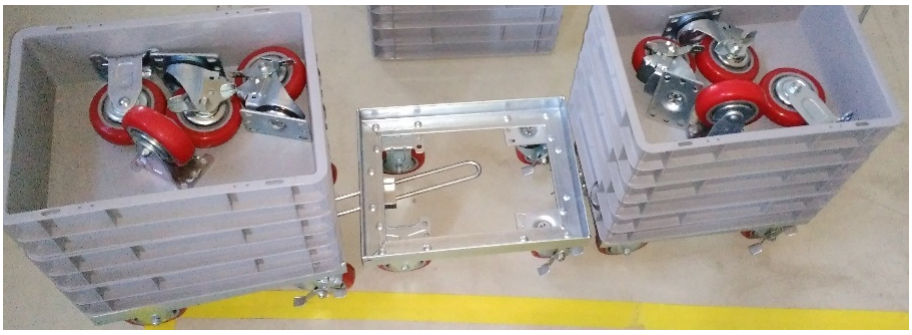


Figura 5.21: Exemplos de Mini-wagon com o braço BR-3 que os une num comboio logístico



Figura 5.22: Quadro construido para expor os comprimentos para os braços e os gabarits

De seguida, foi necessário organizar o espaço existente de forma a evitar a confusão que era demonstrada na figura 5.20, e montar o quadro na golden zone do trabalhador que estivesse a montar os braços e a testar as molas montadas. Assim sendo, o posto de trabalho ficou como relata a figura 5.23. Colocou-se igualmente na golden zone, folhas para o registo dos testes que eram feitos, em que o objetivo era que se testasse a mola montada num braço a cada 10 braços montados, essa folha pode ser visualizada no anexo G.



Figura 5.23: Quadro construido para expor os comprimentos para os braços e os gabarits

Seguiu-se a parte de formação dos trabalhadores, para que o uso daquela área seja sempre uniforme e respeitado, para isso realizou-se uma OPL explicativa de como fazer os testes, como

demonstrado na figura 5.24.

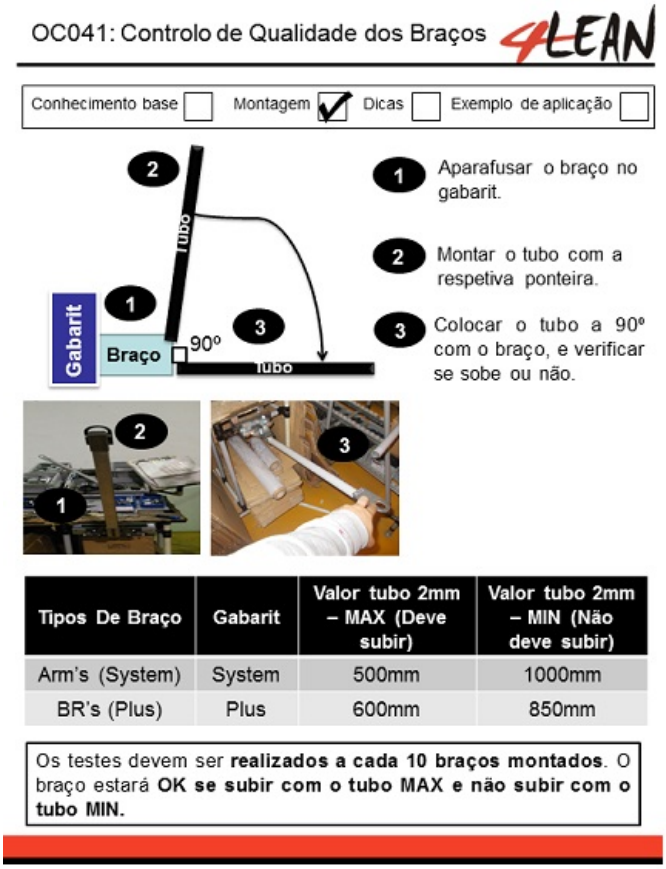


Figura 5.24: OPL do controlo de qualidade dos braços do 4Lean System e do 4Lean System Plus

5.4.2 Gabarit de Montagem de Braços

Outra melhoria que realizei fora do projeto principal, foi a criação de um gabarit de montagem do braço do 4Lean System Plus (BR-7). Verifiquei durante o tempo passado no pavilhão dos componentes que havia uma evidente dificuldade dos trabalhadores na montagem desse braço, devido à mola entrar em tensão com os restantes subcomponentes e que provocava um acréscimo da dificuldade na montagem da mola no braço. Como tal numa das reuniões do meu projeto, falei na necessidade de se criar um gabarit que facilitasse a montagem do braço BR-7, pois demorava-se em média cerca de 10 minutos a montar cada braço, usando alicates de pressão e martelo para o fazer. Sendo este um componentes com valores de vendas altos, tendo-se por vezes que montar algumas dezenas de braços, estávamos perante um desperdício de tempo grande, que levou efetivamente à concretização desta melhoria. Em conjunto com o trabalhador responsável pela construção das gabarits, idealizou-se uma maneira de simplificar a montagem e chegou-se ao seguinte resultado, figura 5.25.

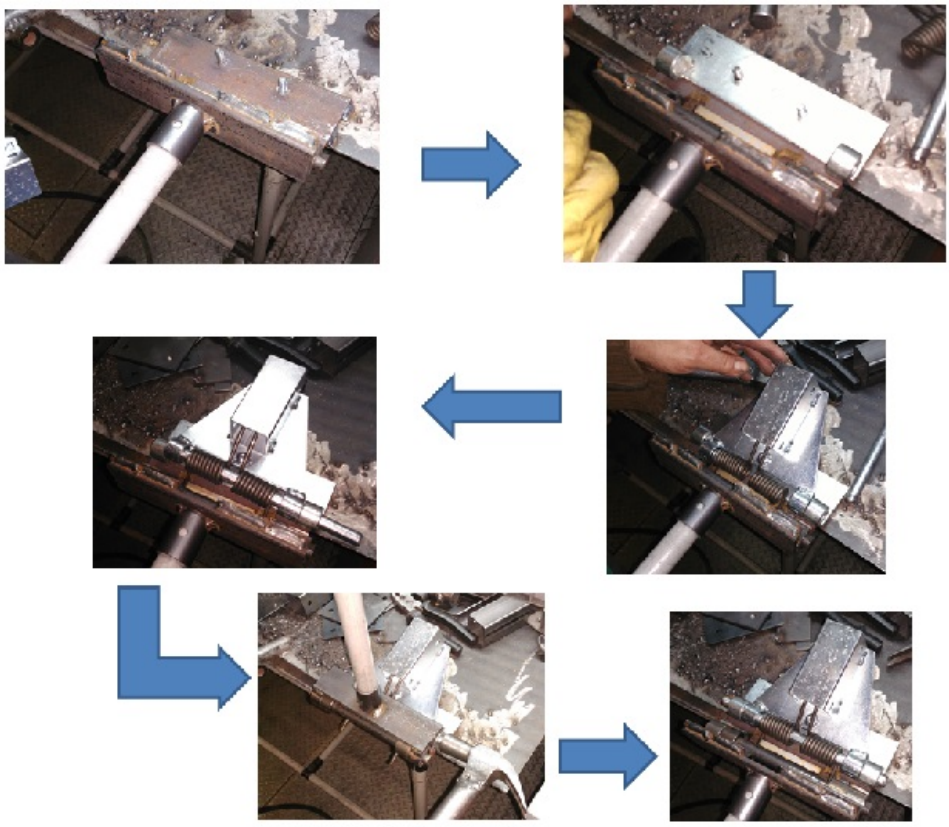


Figura 5.25: Demonstração do funcionamento do gabarit de montagem do BR-7

Com este gabarit o resultado obtido foi bastante bom, passou-se a usar só o gabarit e um martelo para montar o braço, deixando de ser necessário o uso dos alicates de pressão, desta forma conseguiu-se passar a montar o braço em cerca de 1 minuto, o que representa uma redução de praticamente 90% do tempo que se demorava a montar antes da existência deste gabarit. Para além disso, foi visível a satisfação dos trabalhadores, pois esta tarefa tinha-se tornado em algo que era negativo na cabeça dos trabalhadores, devido ao tempo e perícia que precisavam para montar cada braço.

5.4.3 Montagem Correta dos Pinos nas Várias Famílias

Foi detetado um problema no uso dos pinos nas várias famílias de produtos, acontecia por vezes que as pessoas que projetavam as estruturas ou quem as montava, não percebiam que havia pinos que não poderiam ser usados em determinados tipos de estruturas.

Por exemplo, um pino de chapa, igual ao da figura 5.26, não pode ser usado em estruturas de configuração diamante, ou seja, em que existe uma roda rotativa no centro do carrinho, pois essa roda ao rodar por fora embate no pino, se este for de chapa. Igualmente, estes pinos não podem ser usados em estruturas da família 4Lean System (tubo redondo) pois não tem espaço suficiente

entre o varão do pino e a estrutura para a ponteira do braço de outro carrinho entrar e formar um comboio logístico, como demonstrado na figura 5.27.



Figura 5.26: Pino de chapa - PIN-003

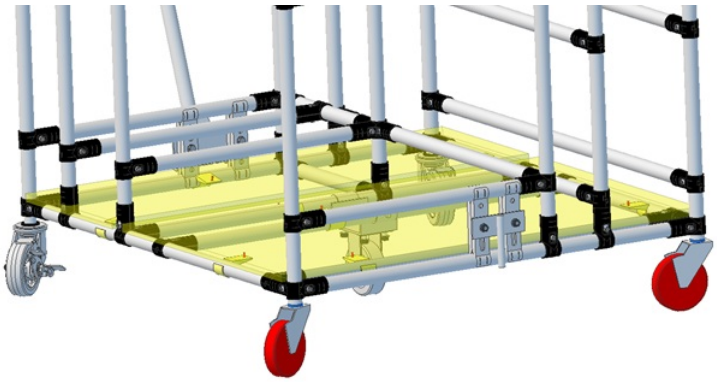
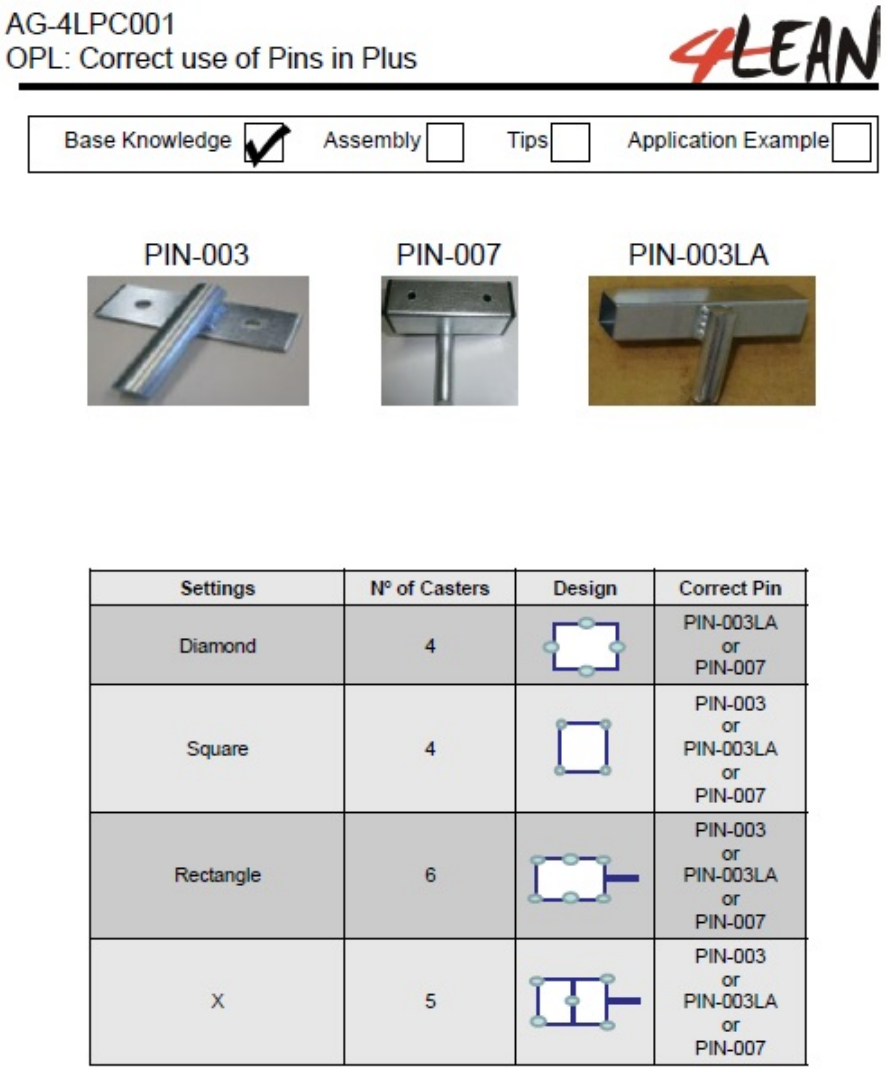


Figura 5.27: Exemplo de estrutura projetada em 4LeanSystem com o pino de chapa

Como tal, foram feitas 2 instruções OPL que servem como guias de escolha do pino a usar, dependendo da estrutura, para que não existissem dúvidas sobre as possíveis utilizações dos pinos nas várias estruturas, a figura 5.28 mostra uma dessas instruções. Tanto uma como outra OPL foram apresentadas na DOR e colocadas nesse local, junto ao pavilhão da montagem, visível a todos.



Settings	Nº of Casters	Design	Correct Pin
Diamond	4		PIN-003LA or PIN-007
Square	4		PIN-003 or PIN-003LA or PIN-007
Rectangle	6		PIN-003 or PIN-003LA or PIN-007
X	5		PIN-003 or PIN-003LA or PIN-007

Figura 5.28: OPL da escolha correta do pino para as estruturas em 4Lean System Plus

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões obtidas após a realização deste trabalho. Inicialmente é feita uma reflexão sobre o cumprimento de objetivos, quer na empresa quer a nível pessoal, e de seguida são apresentadas propostas para trabalho futuro.

6.1 Satisfação dos Objectivos

Este projeto que teve a duração de cerca de 4 meses numa indústria metalomecânica, que produz soluções Lean, foi realmente importante, tanto para a empresa como a nível pessoal, para a perceção das dificuldades surgidas em ambiente industrial. Tendo noção da dificuldade que é aplicar as teorias/metodologias do pensamento Lean numa indústria como esta, foi gratificante toda a abordagem tomada, desde a fase inicial do trabalho em que se fez a revisão bibliográfica, passando pela identificação e análise dos problemas e por fim, não só me foi possível apresentar as ideias de melhoria, como pude também implementa-las e participar ativamente nelas. Também é importante referir que foi desenvolvida uma página web que contém toda a informação necessária sobre a execução do trabalho.

No que toca ao projeto em si, considero que os objetivos propostos foram cumpridos, sendo que para tal, foi fundamental o comprometimento de todos os trabalhadores ligados às áreas onde trabalhei e dos vários responsáveis pelos departamentos da 4Lean.

Relativamente à revisão do stock e dos Kanbans dos Componentes, observou-se uma redução de cerca de 79% das ruturas de stock, para além da surpresa que foi verificar ver o número de horas de trabalho em MTO ter diminuído, depois de se terem diminuído também os stocks, o que demonstrou que o stock/kanbans existentes e as respetivas quantidades eram desajustadas à realidade atual da empresa, o que logicamente representava um desperdício enorme em inventário. Para além disso, simplificou-se todo o processo com a redução do número de kanbans e foi possível formar os trabalhadores novamente, de forma a darem o devido uso ao quadro de kanbans. Depois foi feito a alargamento a esta parte do projeto, e passou-se à simplificação do supermercado dos subcomponentes, com a redução também aqui de vários kanbans e de stocks,

simplificando-se o planeamento daquela zona do pavilhão, com o uso devido ao quadro de kanbans e aos sequenciadores disponíveis.

Já na parte das melhorias na soldadura, os números obtidos foram também aqui bastante satisfatórios, reduziu-se à volta de 75% o número de reclamações externas e internas com a criação de novos gabarits de soldadura, embora seja cedo para fazer grandes conclusões pois ainda falta construir mais alguns gabarits para componentes prioritários. Para além destes dados, foram claras as simplificações e melhorias implementadas na zona de soldadura, com a nova disposição e as novas estruturas, que reduziram vários desperdícios e facilitaram imenso o trabalho diário de todos os trabalhadores naquela zona.

Contudo, a realização deste relatório por si só não reflete todo o trabalho desenvolvido ao longo do período da Dissertação, bem como todas as experiências e oportunidades encontradas ao longo deste, e por isso acrescentei ao capítulo 5, um tema sobre outros trabalhos em que participei, e outras melhorias em que estive envolvido, com resultados muito positivos.

O estágio foi então muito enriquecedor a vários níveis permitindo-me um grande desenvolvimento de competências técnicas bem como pessoais, ao enfrentar pela primeira vez a realidade do mundo de trabalho industrial. A realidade da empresa, em que era necessário haver uma certa polivalência foi também muito gratificante para mim, algo que me fez aprender muito em várias áreas e permitiu-me refletir acerca do meu desempenho, dos aspetos a melhorar e do desenvolvimento do pensamento crítico-reflexivo.

Em suma, a realização desta dissertação em ambiente empresarial, com a qual concluo o meu ciclo de estudos, teve um balanço muito positivo com um percurso de aprendizagem muito gratificante, prova disso foi a proposta por parte da empresa, para continuar a contribuir para o seu crescimento durante o próximo ano, aquando da finalização do estágio.

6.2 Trabalho Futuro

Devido à minha participação em vários projetos ao longo do estágio na 4Lean e ao alargamento do projeto da revisão dos kanbans, não foi possível finalizar o projeto base que estava estipulado inicialmente, como tal, a análise da quinagem, com vista à redução de tempos e melhoria da qualidade das peças quinadas, é claramente algo que poderá fazer a empresa continuar a crescer a níveis qualitativos e de redução de desperdícios.

Depois, a necessidade de se rever os kanbans e os supermercados pelo menos de 6 em 6 meses, é claramente uma realidade para a 4Lean, face à constante criação de peças novas todas as semanas, em que para isso se poderá usar os critérios que se estabeleceu durante este trabalho. Outro projeto necessário é a continuação da construção dos gabarits de soldadura, para se continuar a diminuir os defeitos e tempos naquela área, para além de que só assim se conseguirá chegar ao objetivo da direção, que é o de realizar 100% da soldadura dentro da própria empresa.

Anexo A

Criação de Critérios Para os Kanbans

Apresenta-se nesta secção o relatório com a instrução geral que contém os critérios criados para a criação de kanbans para peças novas, visível na figura A.1 e A.2.

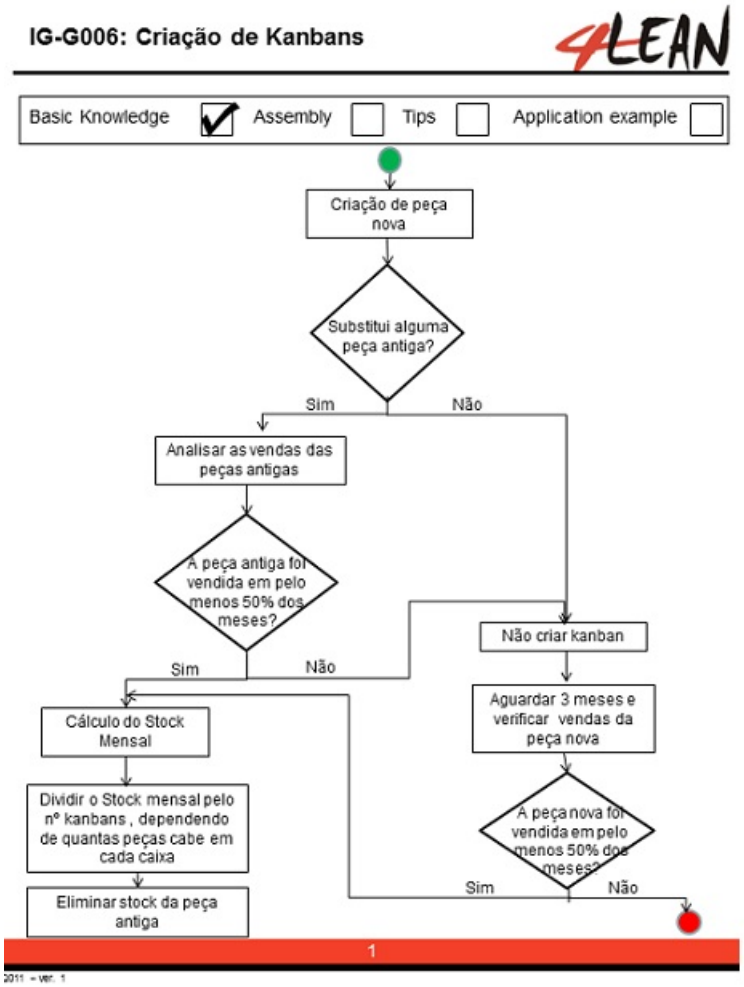


Figura A.1: Página 1 da Instrução Geral criada para a criação de um novo kanban

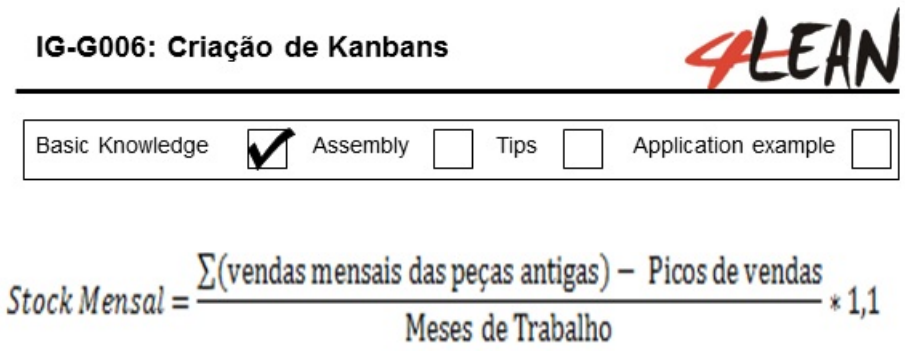
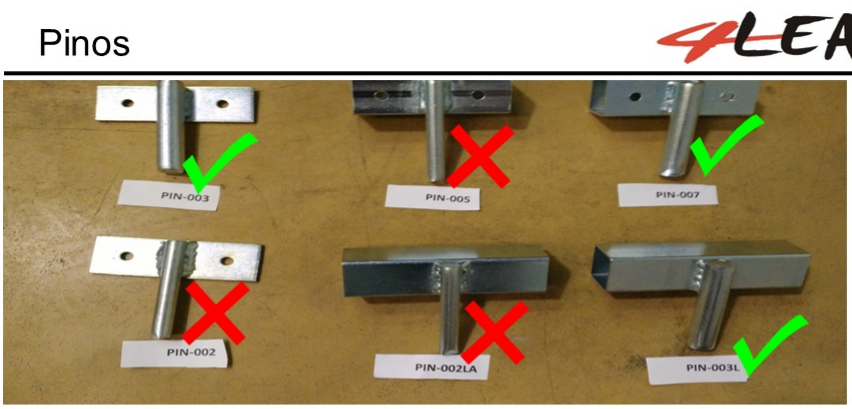


Figura A.2: Página 2 da Instrução Geral criada para a criação de um novo kanban

Anexo B

Revisão dos Kanbans dos Componentes

Neste apêndice apresento nas figuras B.1, B.2, B.3 e B.4, o reajustamento feito nos braços, pinos e pegas.

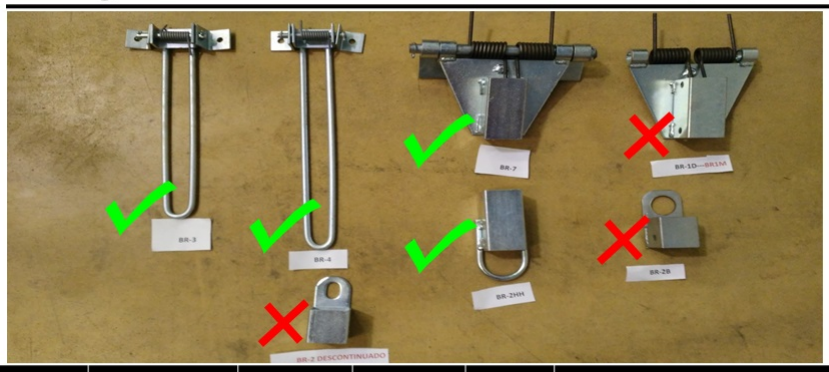


Código	N°kanbans	Stk. Min.	Vendas ult. 12 meses	Picos	PROPOSTAS DE MODIFICAÇÃO	
					N°kanbans	Stk. Min.
Pin-003	2	10	264	1 (74)	**2**	**12**
Pin-002	4	10	220	1(100)	----------	----------
Pin-005	3	8	23		----------	----------
Pin-002LA	5	16	89		----------	----------
Pin-007	2	10	143		**2**	**15**
Pin-003LA	5	16	12		**2**	**15**

1

Figura B.1: Página 1 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas

Braços

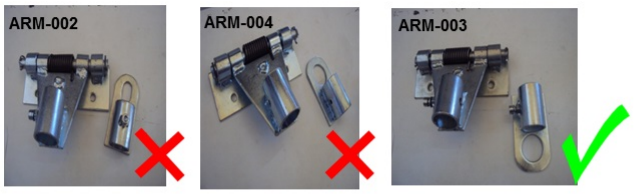


Código	Nºkanbans	Stk. Min.	Vendas ult. 12 meses	Picos	PROPOSTAS DE MODIFICAÇÃO	
					Nºkanbans	Stk. Min.
BR-3	4	10	294	1 (110)	2	10
BR-4	2	5	52		2	5
BR-7	3	6	28		4	8
BR-1M	6	5	167		----------	----------
BR-2B	2	15	189	1 (62)	----------	----------
BR-2HH	2	15	7		3	12
BR-2	2	10	151		----------	----------

2

Figura B.2: Página 2 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas

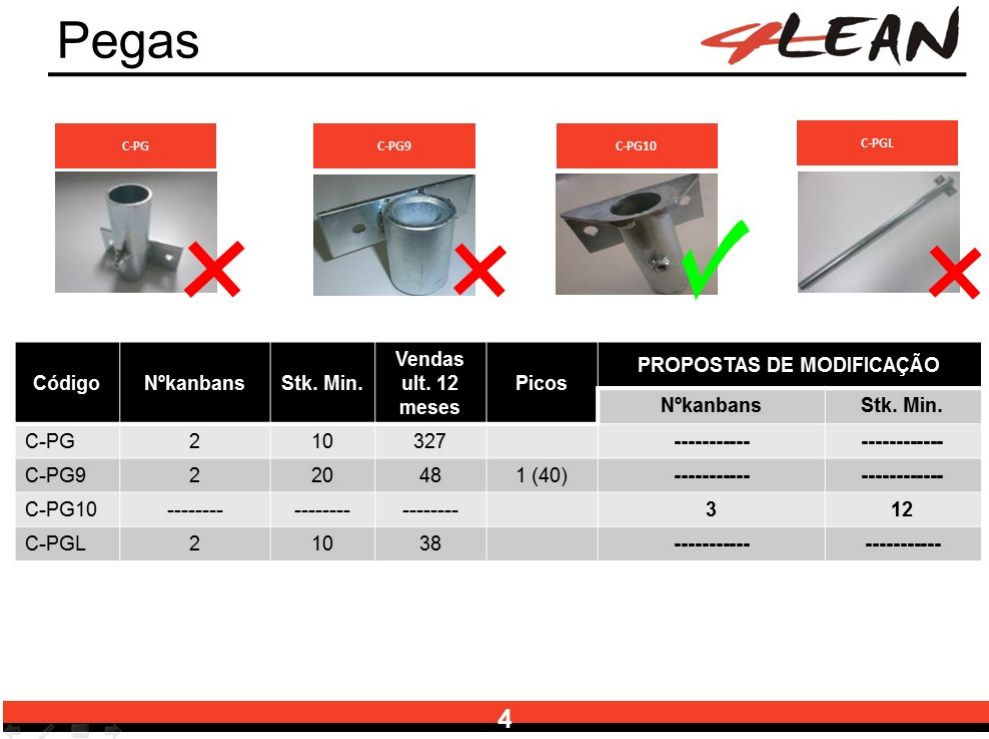
Braços



Código	Nºkanbans	Stk. Min.	Vendas ult. 12 meses	PROPOSTAS DE MODIFICAÇÃO	
				Nºkanbans	Stk. Min.
ARM-2	10	8	184	----------	----------
ARM-4	10	8	115	----------	----------
ARM-3	10	8	127	7	6 (Só cabe 6 em cada caixa)

3

Figura B.3: Página 3 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas



Pegas

LEAN

C-PG

C-PG9

C-PG10

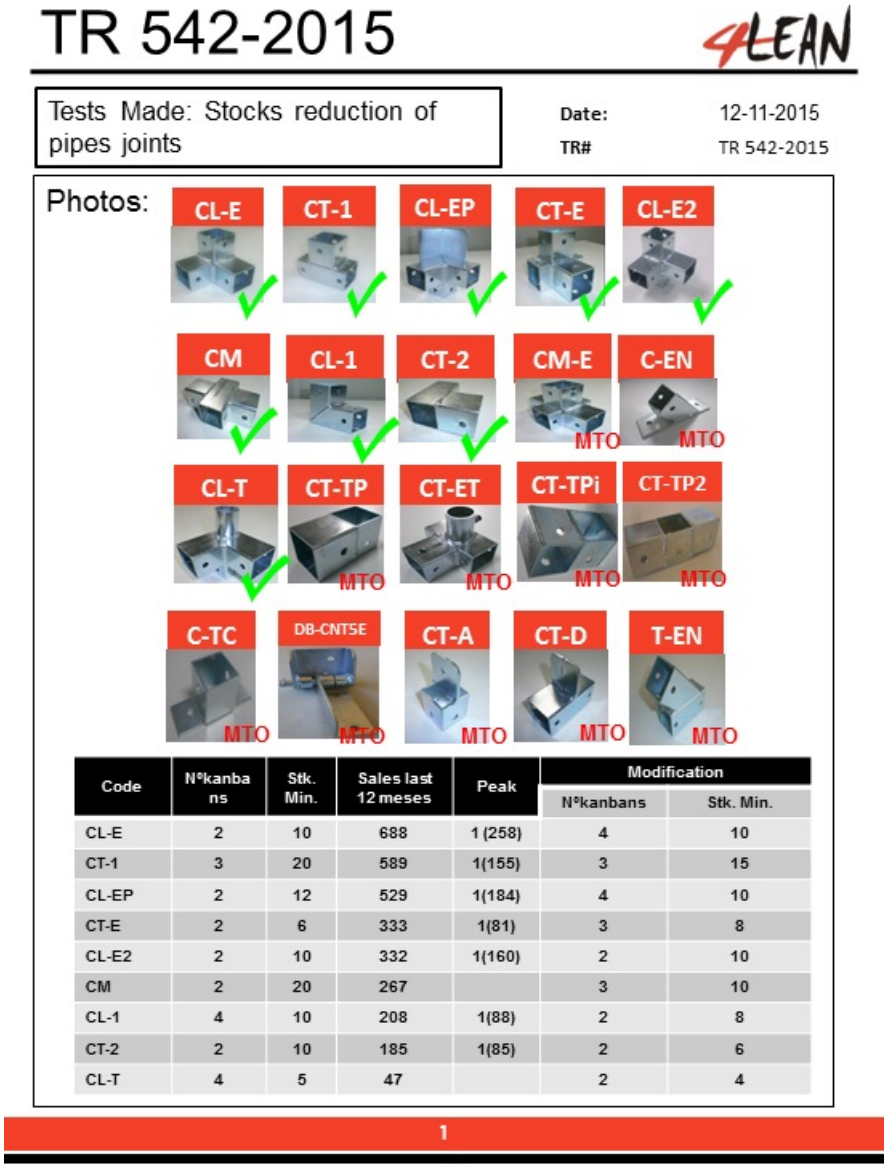
C-PGL

Código	Nºkanbans	Stk. Min.	Vendas ult. 12 meses	Picos	PROPOSTAS DE MODIFICAÇÃO	
					Nºkanbans	Stk. Min.
C-PG	2	10	327		----------	----------
C-PG9	2	20	48	1 (40)	----------	----------
C-PG10	--------	--------	--------		3	12
C-PGL	2	10	38		----------	----------

4

Figura B.4: Página 4 do relatório com as mudanças feitas no stock dos braços, pinos e pegas

Quanto aos relatórios dos restantes componentes, juntas para tubos e juntas para rodas, são apresentados respetivamente na figura B.5 e na figura B.6:



TR 542-2015

4LEAN

Tests Made: Stocks reduction of pipes joints

Date: 12-11-2015

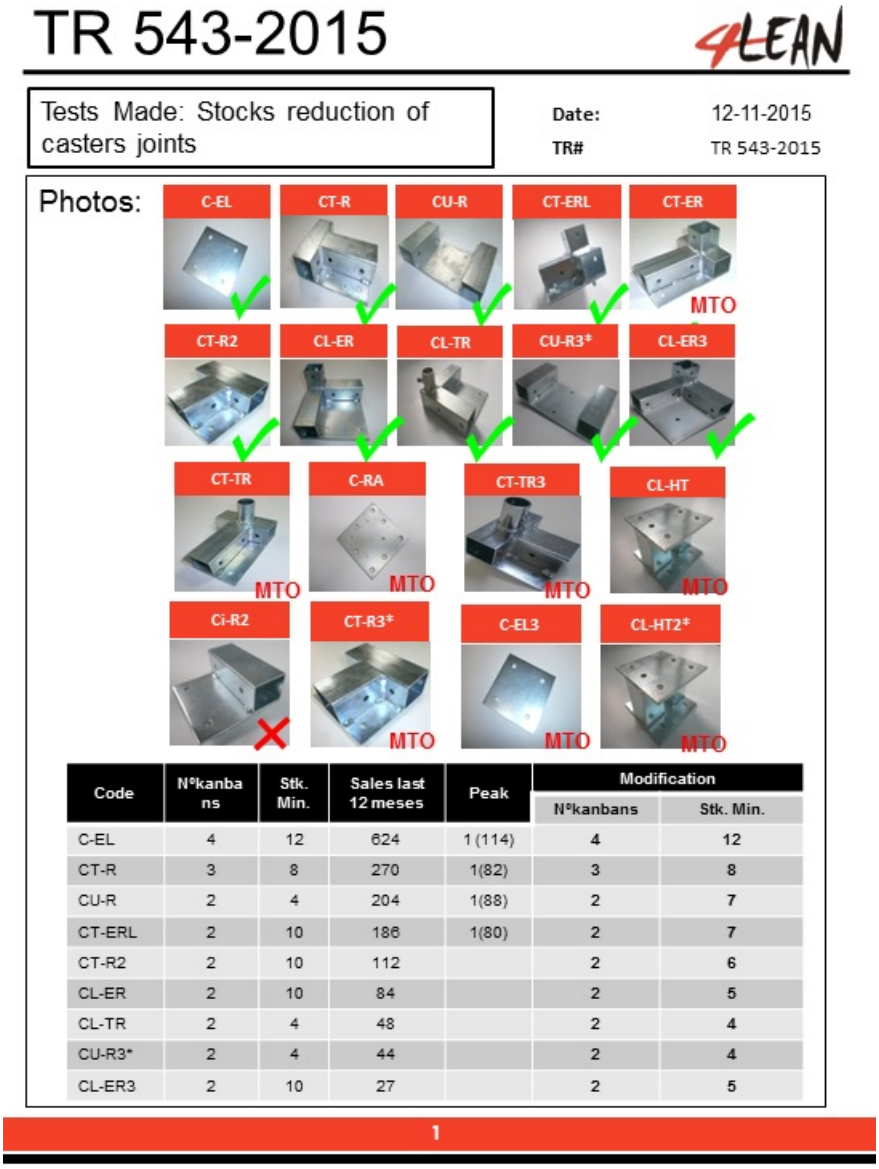
TR# TR 542-2015

Photos:

Code	N°kanbans	Stk. Min.	Sales last 12 meses	Peak	Modification	
					N°kanbans	Stk. Min.
CL-E	2	10	688	1 (258)	4	10
CT-1	3	20	589	1(155)	3	15
CL-EP	2	12	529	1(184)	4	10
CT-E	2	6	333	1(81)	3	8
CL-E2	2	10	332	1(160)	2	10
CM	2	20	267		3	10
CL-1	4	10	208	1(88)	2	8
CT-2	2	10	185	1(85)	2	6
CL-T	4	5	47		2	4

1

Figura B.5: TR com as mudanças no stock das juntas para tubos



TR 543-2015

4LEAN

Tests Made: Stocks reduction of casters joints

Date: 12-11-2015

TR# TR 543-2015

Photos:

Code	Nºkanbans	Stk. Min.	Sales last 12 meses	Peak	Modification	
					Nºkanbans	Stk. Min.
C-EL	4	12	624	1 (114)	4	12
CT-R	3	8	270	1(82)	3	8
CU-R	2	4	204	1(88)	2	7
CT-ERL	2	10	186	1(80)	2	7
CT-R2	2	10	112		2	6
CL-ER	2	10	84		2	5
CL-TR	2	4	48		2	4
CU-R3*	2	4	44		2	4
CL-ER3	2	10	27		2	5

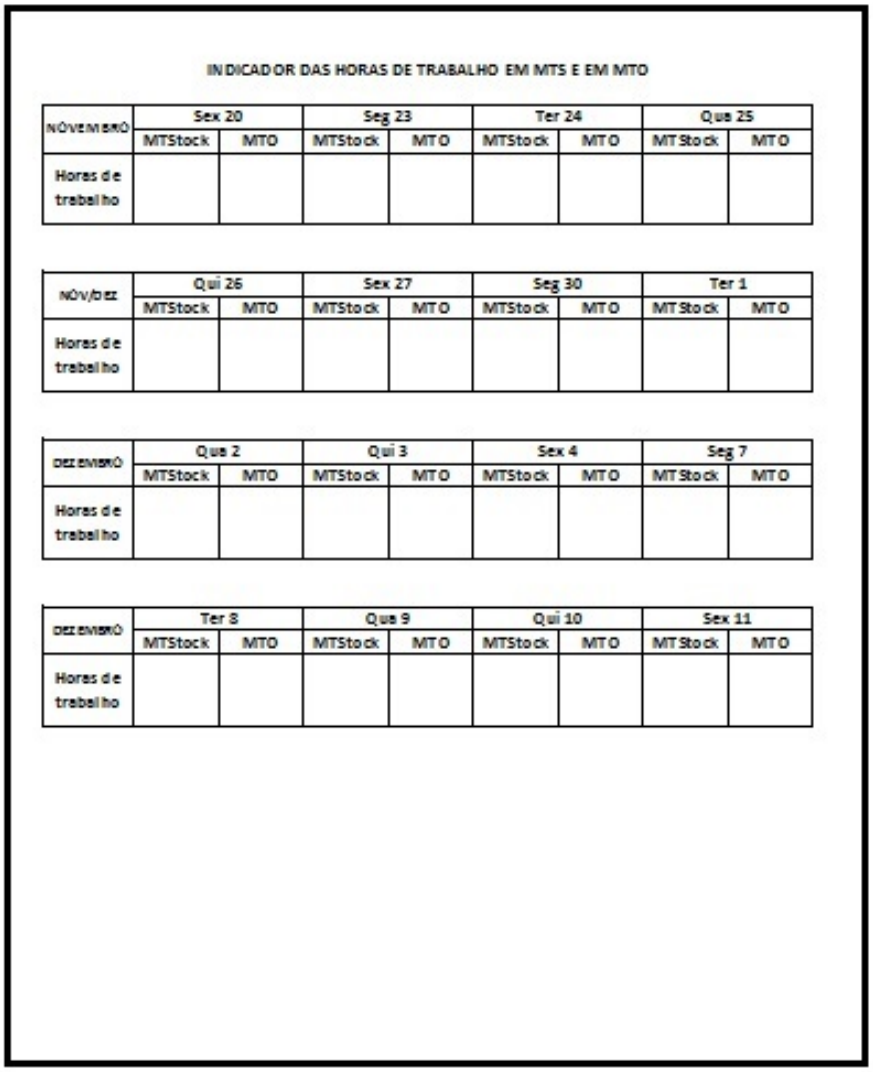
1

Figura B.6: TR com as mudanças no stock das juntas para rodas

Anexo C

Folha para o Preenchimento das Horas de Trabalho

Neste anexo, apresenta-se a folha entregue ao chefe de equipa do pavilhão dos componentes, figura C.1, onde se pedia que no final de cada dia se preenchesse a folha com as horas de trabalho, de uma forma global, que a equipa daquele pavilhão trabalhou para MTS ou para MTO.



INDICADOR DAS HORAS DE TRABALHO EM MTS E EM MTO

NOVEMBRO	Sex 20		Seg 23		Ter 24		Qua 25	
	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO
Horas de trabalho								

NOV/DEZ	Qui 26		Sex 27		Seg 30		Ter 1	
	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO
Horas de trabalho								

DEZEMBRO	Qua 2		Qui 3		Sex 4		Seg 7	
	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO
Horas de trabalho								

DEZEMBRO	Ter 8		Qua 9		Qui 10		Sex 11	
	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO	MTStock	MTO
Horas de trabalho								

Figura C.1: Exemplo de folha entregue ao chefe de equipa do pavilhão dos componentes para o preenchimento das horas de trabalho diárias

Anexo D

Relatório da Revisão no Stock dos Subcomponentes

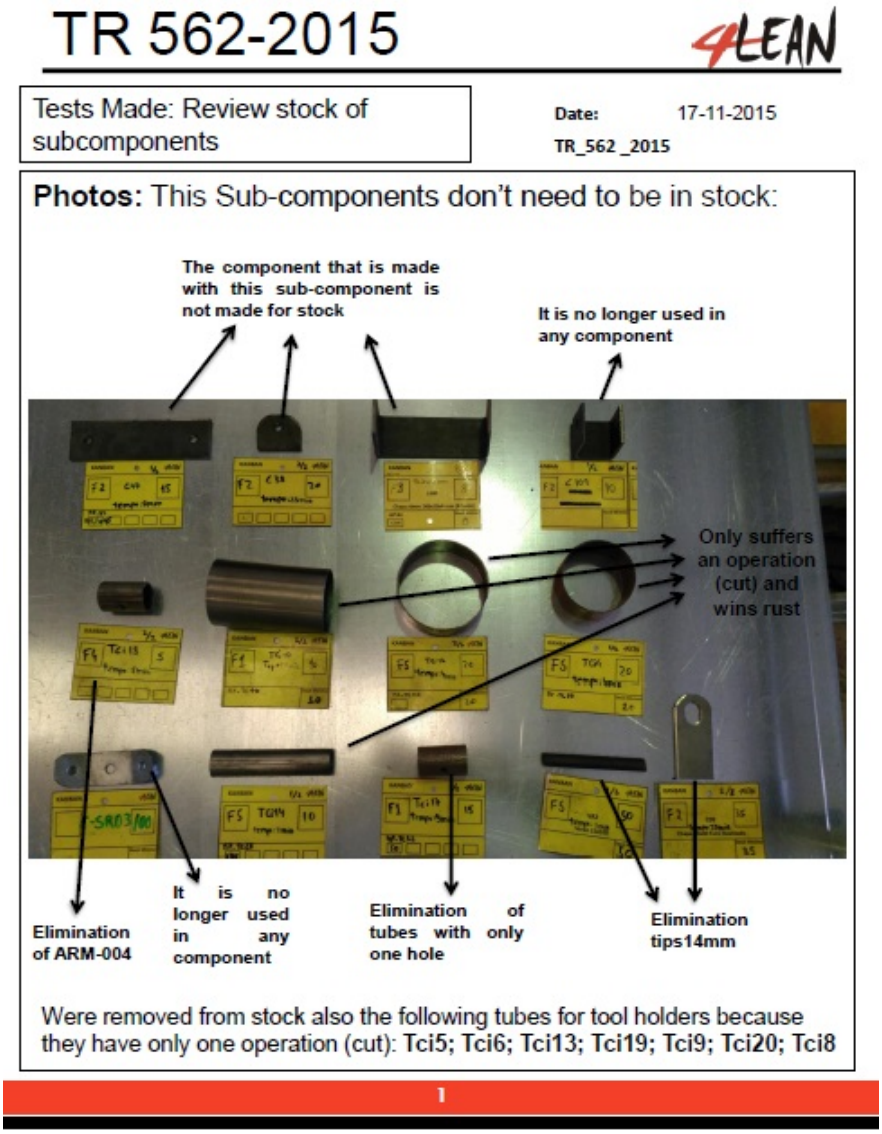


Figura D.1: TR da revisão de stock nos subcomponentes

Anexo E

Folha para o Preenchimento das Horas de Trabalho

Neste anexo, apresenta-se uma das folhas com a tabela onde se registavam os setups feitos diáriamente na puncionadora, figura E.1.

Familias	Qui 12		Sex 13		Seg 16		Ter 17		Qua 18		Qui 19	
	Passei de:	Para:	Passei de:	Para:	Passei de:	Para:	Passei de:	Para:	Passei de:	Para:	Passei de:	Para:
F1												
Tempo												
F2												
Tempo												
F3												
Tempo												
F4												
Tempo												

Figura E.1: Exemplo de uma das folhas com a tabela onde se registavam os setups diários da puncionadora

Anexo F

Exemplos de Outros Gabarits de Soldadura

Neste apêndice, demonstram-se 2 exemplos de outros gabarits feitos ao longo do projeto da soldadura, nas figuras F.1 e F.2.

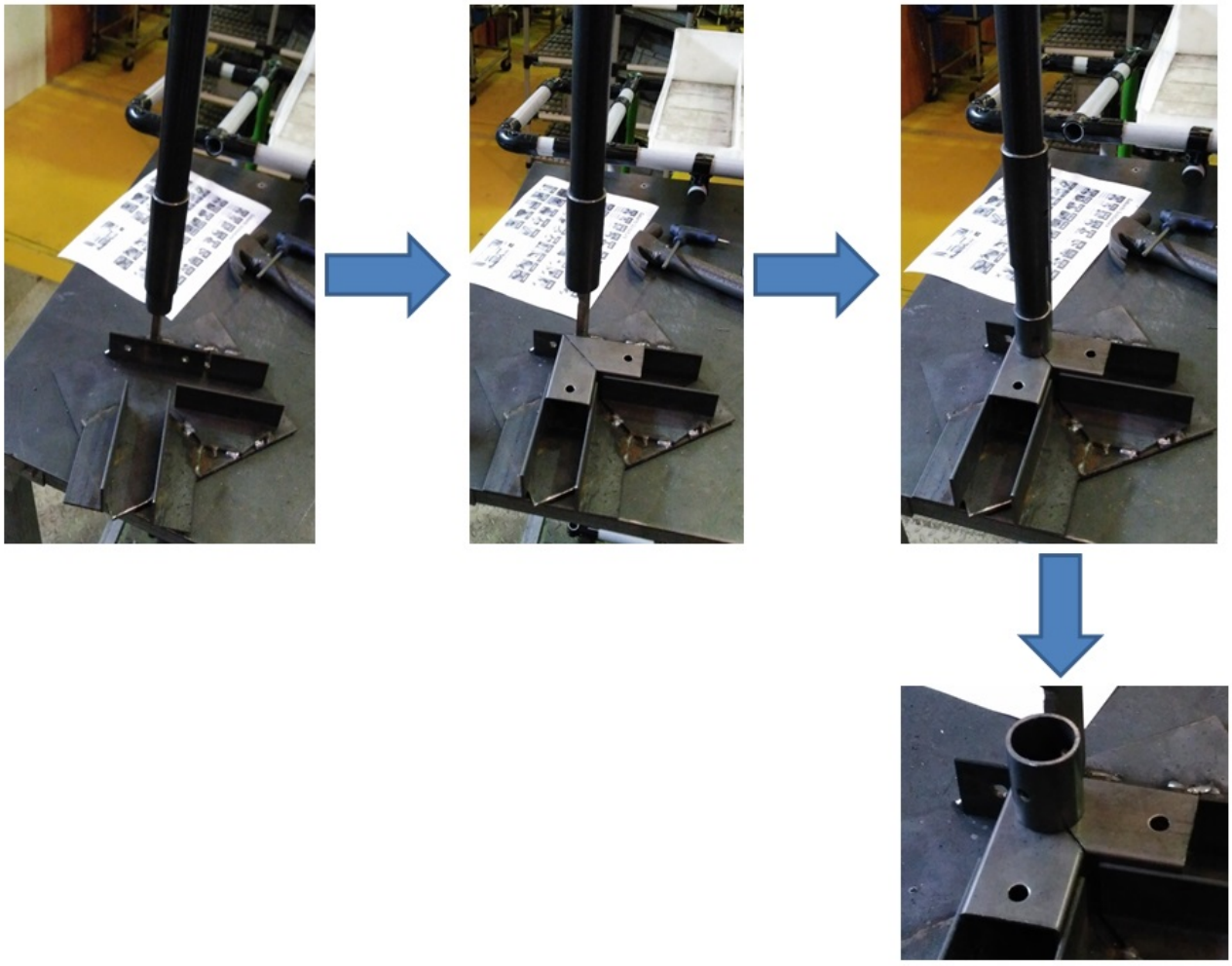


Figura F.1: Gabarit que garante a centralidade, horizontalidade e verticalidade das juntas com tudo redondo

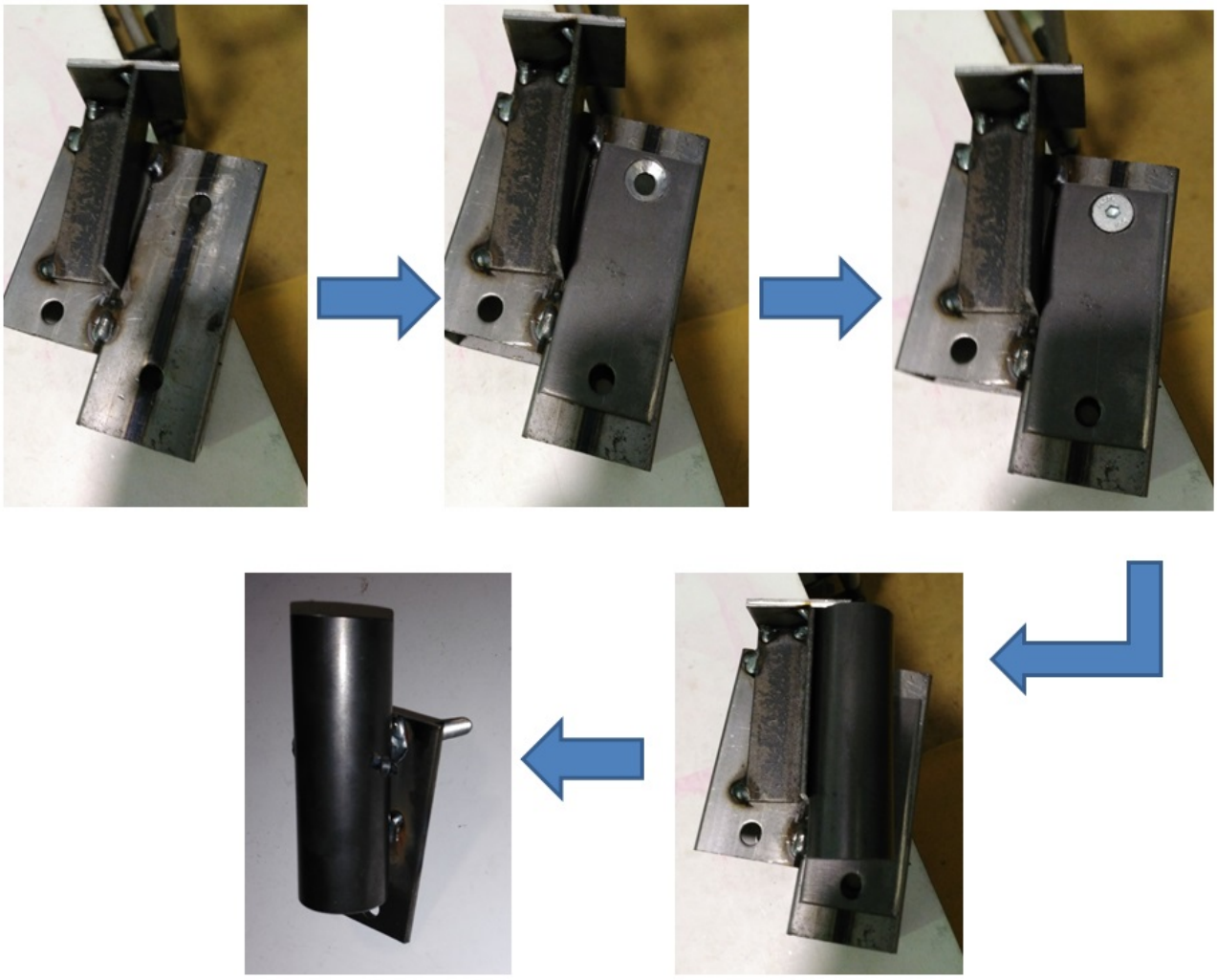


Figura F.2: Gabarit para uma pega inclinada que foi produzida em MTO no total de 90 unidades

Anexo G

Folha para o Preenchimento do Resultado dos Testes às Molas

Neste anexo, apresenta-se uma das folhas colocadas na golden zone do posto de trabalho para os testes às molas, na figura G.1, onde se pedia que se registasse a data do teste e o resultado.

Teste Molas dos BR's (Tubo quadrado) LEAN

Amostra	Data de Receção	Teste com 600mm (OK/NOK)	Teste com 850mm (OK/NOK)
1			
11			
21			
31			
41			
51			
61			
71			
81			
91			
101			
111			
121			
131			
141			
151			
161			
171			
181			
191			
201			
211			
221			
231			
241			
251			
261			
271			
281			
291			

Figura G.1: Folha para o registo dos testes às molas dos braços de tubo quadrado

Referências

[1] IBM. Os principios da filosofia lean, 2015. Disponível em http://www.ibm.com/developerworks/br/bpm/bpmjournal/1308_col_schume/, acedido a última vez em 20 de Dezembro de 2015.

[2] Inteliagro. Ciclo pdca. Disponível em http://inteliagro.com.br/wp-content/uploads/2015/01/ciclo-pdca-objetivo-do-processo-do-redesegura.jpg, acedido a última vez em 26 de Dezembro de 2015.

[3] Azevedo Américo. Fundamentos lean - gope. Universidade do Porto, 2015.

[4] 4Lean. Ferramentas lean, 2012. Disponível em http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=pt, acedido a última vez em 15 de Dezembro de 2015.

[5] Engenharia Produção Industrial. Andon - gestão à vista. Disponível em http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.pt/2009/07/andon-gestaovista.html, acedido a última vez em 15 de Dezembro de 2015.

[6] Projectsone. Heijunka - sixsigma. Disponível em http://www.projectsone.nl/tips-and-tools, acedido a última vez em 20 de Dezembro de 2015.

[7] Pekar Jack P. *Total Quality Management: Guiding Principles for Application*. Philadelphia: ASTM Publication, 1995.

[8] Exemplo de imagem de golden zone, Dezembro 2015. 4Lean, disponível em http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188.

[9] 4.bp.blogspot. Equipo soldadura. Disponível em http://4.bp.blogspot.com/-fdgtJ_eJ2qI/VTsKZh0nw1I/AAAAAAAAAA8/0XyE74D9Qck/s1600/Equipo-Soldadura-Smaw.jpg. acedido a última vez em 6 de Janeiro de 2016.

[10] ESAB. Processo de soldagem: Eletrodo revestido (mma/smaw), Maio 2014. Disponível em http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/images/processo_mma.jpg, acedido a última vez em 6 de Janeiro de 2016.

[11] Juran J.M. *Architect of Quality: The Autobiography of Dr. Joseph M. Juran*. 2004.

[12] Womack James P., Daniel Jones, e Roos Daniel. *The Machine That Changed the World*. Simon and Schuster, Riverside, New Jersey, U.S.A, First edição, 1990.

[13] Womack J.P. e D.T. Jones. *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster, Riverside, New Jersey, U.S.A, 1996.

[14] Ohno T. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Productivity Press, 1988.

[15] Licker J. e Choi T. *Building deep supplier relationships*. Harvard business review on supply chain management, 2006.

[16] Ling L. *Supply Chain Management: Concepts, techniques and practices*. Old Dominian University, USA, Capítulo 1, 2007.

[17] Pillet M. A., Curtois e C. Martin-Bonnefous. *Gestão da Produção*. Lidel, 2007.

[18] Taylor D. P., Hines. *Going lean*. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, 2000.

[19] Wollner M. M., Hagstrom. *Implementing Lean Production: Opportunitties, methods and hinders for medium sized enterprises*. Jonkoping International Business School, Jonkoping University., 2011.

[20] Van Weele A. *Purchasing and supply chain management*. Thomson learning, 3rd Edition, 2002.

[21] Baudin M. *Lean logistics: The nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: Productivity, 2004.

[22] Lamming R. *Beyond partnership. Strategies for innovation and lean supply*. Prentice Hall, 1993.

[23] Shook J. e C. Marchwinski. *Lean Lexicon - A Graphical Glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute, 2006.

[24] Hirano H. *5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press, Cambridge, 1995.

[25] Suzaki K. *Gestão de Operações Lean Metodologias Kaizen para a melhoria contínua*. LeanOp, 2010.

[26] Srinivasan M. *Streamlined: 14 principles for building and managing the lean supply chain*. Mason, Thomson, 2004.

[27] Friddle J. Heijunka: "the art of leveling production.". *http://www.isixsigma.com/methodology/lean-methodology/heijunka-the-art-ofleveling-production/*.

[28] Shingo S. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge,Mass: Productivity Press, 1985.

[29] Tanco J. L. Rodriguez M., J. Santos e J. Reich. *Applying lean techniques to nougat fabrication: A seasonal case study*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2013.

[30] Marchwinski C., J. Shook. *Lean lexicon : a graphical glossary for lean thinkers*. version 2.0. Brookline,Mass.: The Lean Enterprise Institute., 2004.

[31] Rubrich L., M. Watson. *Implementing world class manufacturing: includes lean enterprise: business manual*. Fort Wayne, Ind.: WCM Associates, 2004.

[32] Musa S. Ravi Z. Abidin M., A. Ibrahim e W. A. Wan Mat. *A case study and analysis of setup reduction for stamping dies - SMED approach*. 2013.

[33] Gama Pedro. *Ferramentas da Qualidade*. Instituto Português da Qualidade, Coordenação e Revisão Técnica APQ – Associação Portuguesa para a Qualidade – Departamento Técnico, 2001.

[34] Juran A. Blanton Joseph M., Godfrey. *Juran's Quality Handbook*. 5ª Edição, Nova Iorque: McGraw-Hill, 1999.

[35] Jacobs B. C. Aquilano N. J. F. R., Chase. *Operations and Supply Management*. 12º Edição, McGraw-Hill Irwin, Boston, 2009.

[36] De Koster R., Leduc T. e Roodbergen K. *Design and control of warehouse order picking: A literature review*. European Journal of Operational Research, 182 pp. 481-501, 2007.

[37] Rodrigues Paulo R.A. *Gestão Estratégica da armazenagem*. São Paulo Aduaneiras, 2007.

[38] SMAW. Procesos y definiciones smaw. *http://www.smaw.cl/procesos-y-definiciones-smaw/*, 2015.