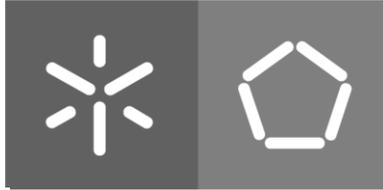


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Claudia Liliana da Silva Tinoco

**Estudo da Viabilidade da
Implementação de FIFO Lane ou
Supermercado entre Processos**

Julho de 2013



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Claudia Liliana da Silva Tinoco

**Estudo da Viabilidade da
Implementação de FIFO Lane ou
Supermercado entre Processos**

Tese de Mestrado
Engenharia Industrial
Ramo: Gestão Industrial

Trabalho realizado sob orientação do
Professor José Dinis Carvalho

Julho de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: Claudia Liliana da Silva Tinoco

Endereço eletrónico: claudia.liliana.tinoco@gmail.com

Telefone: 916 621 259

Número do Cartão do Cidadão: 13744653

Título da Dissertação: Estudo da Viabilidade da Implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre Processos

Orientador: Professor José Dinis Carvalho

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento: Mestrado em Engenharia Industrial – Gestão Industrial

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA DISSERTAÇÃO.

Universidade do Minho, 29/07/2013

Assinatura: _____

*“De tudo ficaram três coisas:
a certeza de que estava sempre começando,
a certeza de que era preciso continuar,
e a certeza de que podemos ser interrompidos antes de terminar”.*

Fernando Sabino

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização da minha dissertação, e à Bosch Car Multimédia, S.A. pela oportunidade e condições concedidas ao longo da realização deste estágio:

- Ao meu orientador na Bosch – Sr. Francisco Vieira, pela ajuda, ensinamentos e disponibilidade incondicional ao longo destes meses de trabalho.
- Ao Sr. Fernando Teles, pela disponibilidade, esclarecimentos, conhecimentos transmitidos e bibliografia disponibilizada.
- Ao meu orientador na Universidade do Minho – Professor Doutor José Dinis Carvalho, pela atenção e esclarecimentos concedidos durante a realização da dissertação.
- Ao Sr. Belmiro, chefia da secção *Chassi System Control*, pelo tempo disponibilizado e esclarecimentos prestados.
- A todas as pessoas da Bosch com quem tive o prazer de trabalhar.
- Aos meus pais, irmã e namorado pelo apoio incondicional, orientação e contributo para ser quem sou hoje.

A todos o meu Muito Obrigada!

Resumo

A presente dissertação foi realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial (ramo Gestão Industrial) e desenvolveu-se na secção *Chassi System Control* (CC) de uma empresa de componentes eletrónicos em Braga – a Bosch Car Multimédia, S.A.

O *Chassi System Control* é a secção da Bosch responsável pela produção de sensores ESP (*Electronic Stability Program*) e está organizada em dois grandes processos – a pré-montagem e a montagem final. A pré-montagem é constituída por sete subprocessos nos quais são efetuadas pré-preparações aos PCB's (*printed circuit board*) utilizados na montagem dos sensores. Por sua vez, a montagem final, é composta por quatro células produtivas responsáveis por montar os sensores ESP e transformá-los em produto acabado. Isto significa que a pré-montagem tem de ser capaz de fornecer material para quatro células em simultâneo.

Esta secção é caracterizada por um elevado número de referências e fluxos produtivos diferentes, que tornam a gestão da produção complexa e difícil, levando mesmo ao constante planeamento da pré-montagem, à existência de stocks intermédios descontrolados, a paragens da pré-montagem e da montagem final por falta de material, assim como a um consequente stress de todas as pessoas envolvidas nesta gestão.

Com o intuito de melhorar a forma de planear e gerir a produção do *Chassi System Control*, foi estudada a viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre os processos de pré-montagem e montagem final. Uma vez que, era inviável implementar FIFO Lane e Supermercado entre os dois processos da secção, foi posteriormente desenvolvida uma solução alternativa capaz de cumprir o objetivo da dissertação, mesmo com flutuações nas quantidades encomendas pelos clientes, produção não nivelada e uma elevada diversidade de produtos e fluxos produtivos.

A solução alternativa consiste na existência de um stock intermédio e limitado (designado por WIP Lane), entre a pré-montagem e cada uma das células da montagem final, onde as autorizações de produção nos subprocessos da pré-montagem são despoletadas unicamente pelo consumo da montagem final. Com a implementação da solução alternativa, o planeamento da produção passou a ser efetuado por menos pessoas e em menos tempo, os stocks intermédios passaram a ser menores e controlados, as paragens na pré-montagem e na montagem final deixaram de existir e a redução do stress das pessoas foi notória.

Palavras-Chave: FIFO Lane, Supermercado, Sistema Puxado, Kanban e WIP Lane.

Abstract

The present work was performed under the Master in Industrial Engineering (Branch Industrial Management) and developed in section Chassi System Control (CC) of a company of electronic components in Braga - Bosch Car Multimedia, S.A.

The Chassi System Control is section of the Bosch responsible for the production sensor ESP (Electronic Stability Program), and is organized into two major processes - pre-assembly and final assembly. The pre-assembly is composed of seven subprocess and it is them that are made pre-preparations to PCB's (printed circuit board) used in the assembly of the sensors. In turn, the final assembly, comprises four production cells responsible for assembling the ESP sensors and convert them into finished product. This means that the pre-assembly must be able to provide material for four cells simultaneously.

This section is characterized by a high number of part numbers and productive flows different, which make your production management complex and difficult, even leading to the constant planning of pre-assembly, the existence of work in process uncontrolled, the stops of the pre-assembly and final assembly for lack of material as well as the consequent stress of all the people involved in this management.

In order to improve the way to plan and manage the production of the Chassi System Control, were studied the feasibility of implementing FIFO Lane or Supermarket between the processes of pre-assembly and final assembly. Since it was impractical to implement FIFO Lane or Supermarket between the two processes of the section was subsequently developed an alternative solution able to meet the goal of the dissertation, even with fluctuations in quantities orders by customers, production uncapped and high product diversity and productive flows.

The alternative solution consists the existence of a limited work in process between the pre-assembly and each of the cells to final assembly, where the permits production of pre-assembly are triggered solely by the consumption of the final assembly. With the implementation of the alternative solution, production planning has to be done by less people and in less time, work in process have become smaller and controled, and stops in pre-assembly and final assembly ceased to exist, and the reduction the stress of the people was evident.

Keywords: FIFO Lane, Supermarket, Pull System, Kanban and WIP Lane.

Índice

AGRADECIMENTOS	7
RESUMO	9
ABSTRACT	11
ÍNDICE	13
ÍNDICE DE FIGURAS	17
ÍNDICE DE QUADROS	27
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	29
1. INTRODUÇÃO	3
<i>1.1. Enquadramento</i>	3
<i>1.2. Objetivos</i>	4
1.2.1. Objetivo Geral	4
1.2.2. Objetivos Específicos	4
<i>1.3. Metodologia</i>	4
<i>1.4. Estrutura da Dissertação</i>	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
<i>2.1. Toyota Production System</i>	9
<i>2.2. Lean Production</i>	10
2.2.1. Desperdícios	11
2.2.2. Princípios.....	13
2.2.3. Muda, Mura e Muri	14
2.2.4. Ferramentas	15
2.2.5. Implementação do Lean Production	26
<i>2.3. Sistemas de Controlo e Planeamento da Produção</i>	28
2.3.1. Pull System.....	28
2.3.2. Push System	35
2.3.3. Push-Pull System.....	36
2.3.4. Push System vs Pull System.....	37
<i>2.4. CONWIP, FIFO LANE e POLCA</i>	38
2.4.1. CONWIP	39
2.4.2. FIFO Lane	40
2.4.3. POLCA.....	41

3. APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO	47
3.1. <i>Grupo Bosch</i>	47
3.1.1. História.....	47
3.1.2. Produtos.....	48
3.1.3. Empresas e Divisões.....	49
3.1.4. <i>House of Orientation</i>	50
3.1.5. Bosch em Portugal	53
3.2. <i>Bosch Car Multimédia, S.A.</i>	54
3.2.1. Departamentos e Secções	55
3.2.2. Secções de Produção e Produtos	55
3.2.3. Principais Clientes.....	56
3.2.4. Prémios e Reconhecimentos.....	57
3.3. <i>Bosch Production System (BPS)</i>	58
3.3.1. Orientação Base do BPS.....	58
3.3.2. Princípios do BPS.....	60
4. SITUAÇÃO INICIAL DA UNIDADE PRODUTIVA	67
4.1. <i>Produtos Fabricados no CC</i>	67
4.1.1. Sensores ESP.....	67
4.1.2. Sensores Produzidos no CC	68
4.2. <i>Bill of Material</i>	69
4.3. <i>Layout e Processos Produtivos</i>	70
4.4. <i>Fluxos Produtivos</i>	71
4.5. <i>Stocks</i>	73
4.6. <i>Turnos de Trabalho, Paragens Planeadas e Tempo de Abertura</i>	87
4.7. <i>Número de Operadores</i>	88
4.8. <i>Produção em Paletes</i>	88
4.9. <i>Fluxo de Informação</i>	90
4.10. <i>Principais Problemas da Secção</i>	93
4.10.1. Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem.....	93
4.10.2. Quantidade de WIP	94
4.10.3. Tempo de Atravessamento (Produto LWS 5.3R.4).....	96
5. FIFO LANE VS SUPERMERCADO	99
5.1. <i>Identificação do Stock entre Processos</i>	99
5.2. <i>FIFO Lane entre Processos</i>	100
5.2.1. Problemas	100

5.2.2. Conclusão Sobre Viabilidade da Implementação de FIFO Lane	104
5.3. <i>Supermercado entre Processos</i>	104
5.3.1. Conclusão Sobre Viabilidade da Implementação de Supermercado	105
6. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DO SUPERMERCADO.....	109
6.1. <i>Funcionamento Geral do Sistema Proposto</i>	109
6.2. <i>Supermercado para Produtos A</i>	110
6.2.1. Construção de Lote.....	110
6.2.2. Sequenciadores.....	111
6.2.3. Caixas de Produção	114
6.2.4. Cartões <i>Kanban</i>	115
6.2.5. Stocks entre os Subprocessos da Pré-Montagem	116
6.2.6. Resumo do Sistema Proposto para Produtos A	118
6.2.7. Fluxo de Cartões <i>Kanban</i> e <i>Containers</i>	120
6.3. <i>Produção de Produtos C</i>	129
6.3.1. Preenchimento dos Sequenciadores com Produtos C.....	129
6.3.2. Movimentação de <i>Containers</i> de Produtos C.....	131
6.3.3. Movimentação de Cartões de Produtos C	131
6.3.4. Prioridade dos Produtos C.....	132
6.4. <i>Dimensionamento do Supermercado</i>	133
6.4.1. Identificação dos Produtos A	133
6.4.2. Estudo da Flutuação dos Produtos A.....	134
6.4.3. Estudo do Nivelamento dos Produtos A.....	145
7. PROPOSTA ALTERNATIVA.....	153
7.1. <i>Funcionamento Geral</i>	153
7.2. <i>Procedimentos</i>	158
7.2.1. Preenchimento dos Quadros de Produção e Sequenciadores de Célula	158
7.2.2. Abastecimento das Células da Montagem Final	161
7.2.3. Fluxo de <i>Kanbans</i> e <i>Containers</i> entre os Subprocessos da Pré-Montagem	166
7.2.4. Identificação das Necessidades dos Subprocessos e Respetivo Abastecimento	173
7.3. <i>Tipologia do Sistema Proposto</i>	174
7.4. <i>Dimensionamento do Sistema</i>	176
7.4.1. Dimensionamento das WIP Lanes que Abastecem as Células.....	176
7.4.2. Sequenciadores nas Células.....	181
7.4.3. Sequenciadores na Pré-Montagem	182
7.4.4. Stocks entre Subprocessos.....	183

7.4.5. Quadros de Produção.....	185
7.5. <i>Implementação</i>	186
7.5.1. Materiais Inerentes à Implementação da Proposta	187
7.5.2. Instruções de Trabalho	206
7.5.3. Implementação	207
7.6. <i>Resultados e Análise da Viabilidade</i>	213
7.6.1. Tempo Mão-de-Obra.....	213
7.6.2. Produtividade	217
7.6.3. Satisfação dos Colaboradores.....	219
7.6.4. Transparência/Gestão Visual.....	222
7.6.5. Redução de Stocks e Espaço Ocupado.....	223
7.6.6. Eficiência e Eficácia nos Abastecimentos do Milkrun	226
7.6.7. Conclusão da Viabilidade do Sistema	228
8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	233
8.1. <i>Conclusões</i>	233
8.2. <i>Trabalhos Futuros</i>	236
BIBLIOGRAFIA	239
ANEXOS	247
A. <i>CONTAGEM DE STOCK NO CHASSI SYSTEM CONTROL</i>	249
B. <i>SITUAÇÃO MAIS CRÍTICA NO PRÉ-TESTER</i>	251
C. <i>MÉDIA PONDERADA DO TEMPO DE CICLO NAS CÉLULAS E NO PRÉ-TESTER</i>	255
D. <i>CHANGEOVER NO PRÉ-TESTER</i>	257
E. <i>SIMULAÇÃO EM ARENA</i>	263
F. <i>CHANGEOVER NOS PINOS (PIS 10)</i>	275
G. <i>INSTRUÇÃO DE TRABALHO NA PRÉ-MONTAGEM</i>	279
H. <i>INQUÉRITO SOBRE O SISTEMA IMPLEMENTADO</i>	287

Índice de Figuras

Parte 2 – Revisão Bibliográfica

Figura 2.1 – Sobreprodução	11
Figura 2.2 – Transporte	11
Figura 2.3 – Inventário	12
Figura 2.4 – Movimentações	12
Figura 2.5 – Reparação.....	12
Figura 2.6 – Processamento desnecessário	12
Figura 2.7 – Esperas	13
Figura 2.8 – Princípios Lean	13
Figura 2.9 – <i>Muda</i>	15
Figura 2.10 – <i>Mura</i>	15
Figura 2.11 – <i>Muri</i>	15
Figura 2.12 – Casa <i>Lean</i>	16
Figura 2.13 – Transformação de um fluxo não contínuo num fluxo contínuo)	18
Figura 2.14 – Exemplos de Poka-Yoke	19
Figura 2.15 – Sistema Andon	20
Figura 2.16 – Nivelamento da Produção	21
Figura 2.17 – Quantidade de stock em produção não nivelada e em produção nivelada	21
Figura 2.18 – Exigência vs Fornecimento.....	22
Figura 2.19 – Ciclo PDCA	23
Figura 2.20 – Aplicação dos 5S	24
Figura 2.21 – <i>Setup</i> Externo vs <i>Setup</i> Interno	25
Figura 2.22 – Exemplo de um <i>value stream</i>	26
Figura 2.23 – Principais benefícios da abordagem <i>lean</i>	27
Figura 2.24 – Forças que suportam e resistem ao <i>lean</i>	28
Figura 2.25 – Fluxo de material num sistema de produção puxada	29
Figura 2.26 – Funcionamento de um supermercado no sistema puxado.....	29
Figura 2.27 – Sistemática Kanban	31
Figura 2.28 – Sistema kanban (puxado) tradicional	32
Figura 2.29 – Selecção do Processo Pacemaker	34
Figura 2.30 – Decoupling	35
Figura 2.31 – Fluxo de material num sistema de produção puxado	36
Figura 2.32 – Fluxo de informação e material num sistema empurrado	36
Figura 2.33 – Nível de WIP nos sistemas puxado e empurrado	37

Figura 2.34 – Produção no sistema empurrado	38
Figura 2.35 – Gestão da produção no sistema puxado	38
Figura 2.36 – CONWIP	39
Figura 2.37 – Exemplo da utilização de um FIFO Lane	40
Figura 2.38 – Exemplo de um fluxo dos cartões <i>polca</i>	43

Parte 3 – Apresentação da Organização

Figura 3.1 – Robert Bosch: 1861-1942	47
Figura 3.2 – Primeiro sistema de ignição com magneto de baixa voltagem (1887)	48
Figura 3.3 – Actividades de negócio a que a Bosch se dedicou	49
Figura 3.4 – Localização das empresas do grupo Bosch	50
Figura 3.5 – <i>House of Orientation</i>	51
Figura 3.6 – Dos processos núcleo ao BBS	53
Figura 3.7 – Unidade de Negócio Bosch, em Portugal	54
Figura 3.8 – Instalações Bosch Car Multimédia em Braga	54
Figura 3.9 – Área Comercial	55
Figura 3.10 – Área Técnica	55
Figura 3.11 – Produtos da Bosch Car Multimédia, S.A.	56
Figura 3.12 – Principais Clientes da Bosch Car Multimédia, S.A.	57
Figura 3.13 – Prémios e reconhecimentos ganhos pela Bosch Car Multimédia, S.A.	57
Figura 3.14 – Surgimento do BPS	58
Figura 3.15 – Produção sem desperdício	59
Figura 3.16 – Abordagem BPS	59
Figura 3.17 – Abordagem Tradicional	60
Figura 3.18 – Princípio BPS: Sistema Puxado	60
Figura 3.19 – Princípio BPS: Orientação para o Processo	61
Figura 3.20 – Princípio BPS: Qualidade Perfeita	62
Figura 3.21 – Princípio BPS: Flexibilidade	62
Figura 3.22 – Princípio BPS: Padronização	63
Figura 3.23 – Princípio BPS: Eliminação de Desperdícios e CIP	63
Figura 3.24 – Princípio BPS: Processo Transparente	64
Figura 3.25 – Princípio BPS: Envolvimento e Responsabilização dos Colaboradores	64

Parte 4 – Situação Inicial do Chassi System Control

Figura 4.1 – Sistemas de Segurança Ativa de Direcção.....	67
---	----

Figura 4.2 – Localização do sensor ESP nos veículos	68
Figura 4.3 – Exemplos de sensores produzidos no CC	68
Figura 4.4 – Matéria-prima envolvida na montagem de um sensor ESP	69
Figura 4.5 – Layout da secção (identificação das células da montagem final)	70
Figura 4.6 – Layout da secção (identificação dos subprocessos da pré-montagem)	71
Figura 4.7 – <i>Bubble diagram</i> dos fluxos produtivos	72
Figura 4.8 – Placa <i>nutzen</i> (à esquerda), PCB's (ao centro) e sucata da placa depois de fresada (à direita)	73
Figura 4.9 – <i>Container</i> com placas <i>nutzen</i>	73
Figura 4.10 – Exemplos de Placas <i>Nutzen</i>	75
Figura 4.11 – Fluxos Produtivos com Stocks.....	76
Figura 4.12 – Stock antes da montagem manual.....	77
Figura 4.13 – Stock depois do AOI.....	78
Figura 4.14 – Stock depois do AOI.....	78
Figura 4.15 – Stock antes do Pré-Tester.....	79
Figura 4.16 – Stock depois do Pré-Tester	80
Figura 4.17 - Cartão de identificação de material (à esquerda) e cartão FIFO (à direita)	81
Figura 4.18 – Stock depois da inserção de pinos (PIS 10)	82
Figura 4.19 – Stock antes da montagem manual 2.....	83
Figura 4.20 – Stock depois do AOI 2	84
Figura 4.21 – Stock antes do V-Cut	84
Figura 4.22 – Stock depois do Laquer.....	85
Figura 4.23 – Stock antes da montagem final da célula 2F45.....	86
Figura 4.24 – Caixa (à esquerda) e palete de 16 caixas (à direita)	88
Figura 4.25 – Exemplo de um plano de produção.....	90
Figura 4.26 – Exemplo de cartão utilizado no quadro de célula	90
Figura 4.27 – Quadro da célula 2F15	91
Figura 4.28 – Passos efetuados pelo operador para planejar e gerir a produção na pré-montagem	92
Figura 4. 29 - Quantidade média de PCB's por tipo de Stock	94
Figura 4.30 – Gráfico de pareto da quantidade média de WIP no CC	95

Parte 5 – FIFO Lane vs Supermercado

Figura 5.1 – Identificação do stock entre os processos do CC.....	99
Figura 5.2 – FIFO Lane entre a PM e a MF.....	100
Figura 5.3 – Subprocessos da pré-montagem que abastecem as células de montagem final	101
Figura 5.4 – Fornecedores e consumidores da FIFO Lane.....	101

Figura 5.5 – Uma FIFO Lane para cada célula da montagem final.....	102
Figura 5.6 - FIFO Lanes por tipo de processo fornecedor.....	103
Figura 5.7 – Supermercado entre processos	104

Parte 6 – Projeto e Dimensionamento do Supermercado

Figura 6.1 – Supermercado com containers de placas <i>nutzen</i> utilizadas em produtos A	109
Figura 6.2 – Funcionamento do sistema <i>kanban</i> no CC.....	110
Figura 6.3 – Construção de lote.....	111
Figura 6.4 – Quadro de Construção de Lote.....	111
Figura 6.5 – Sequenciador.....	112
Figura 6.6 – Sistema puxado usando construção de lotes e sequenciador	113
Figura 6.7 – Identificação de atrasos nos sequenciadores.....	114
Figura 6.8 – Sistema puxado usando construção de lotes, caixa de produção e sequenciador	115
Figura 6.9 – Exemplo do abastecimento de uma caixa de produção.....	115
Figura 6.10 – Stock propostos entre os subprocessos da pré-montagem	117
Figura 6.11 - Sistema Puxado (com supermercado) proposto para produtos A.....	119
Figura 6.12 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores de segunda a quinta- feira.....	121
Figura 6.13 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores à sexta-feira.....	122
Figura 6.14 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores ao sábado.....	123
Figura 6.15 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores ao domingo	123
Figura 6.16 – Procedimento para o preenchimento dos quadros de produção das células.....	124
Figura 6.17 – Procedimento para o preenchimento dos sequenciadores dos subprocessos da pré- montagem	124
Figura 6.18 – Fluxo de <i>kanbans</i> no abastecimento de uma célula de montagem final.....	125
Figura 6.19 – Entrada e saída de <i>kanbans</i> da caixa de produção	126
Figura 6.20 – Carregamento de um subprocesso.....	127
Figura 6.21 – Procedimento do descarregamento de um subprocesso	128
Figura 6. 22 – Procedimento para a inserção de <i>containers</i> no supermercado	128
Figura 6.23 – Exemplo do preenchimento do quadro de produção de uma célula para o primeiro turno	130
Figura 6.24 – Preenchimento de Sequenciadores com Produtos C	131
Figura 6.25 – Exemplo de um subprocesso com atraso	132
Figura 6.26 – Flutuação do Produto 0265 005 541 entre as semanas 2 e 11 de 2013	135
Figura 6.27 – Flutuação do Produto 0265 005 571 entre as semanas 2 e 11 de 2013	135
Figura 6.28 – Flutuação do Produto 0265 005 545 entre as semanas 2 e 11 de 2013	136

Figura 6.29 – Flutuação do Produto 0265 019 012 entre as semanas 2 e 11 de 2013	136
Figura 6.30 – Flutuação do Produto 0265 005 558 entre as semanas 2 e 11 de 2013	137
Figura 6.31 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 541.....	138
Figura 6.32 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 571.....	138
Figura 6.33 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 545.....	138
Figura 6.34 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 019 012.....	139
Figura 6.35 - Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 558	139
Figura 6.36 – Somatório das flutuações das encomendas dos clientes	140
Figura 6.37 – Clientes do CC	141
Figura 6.38 – Flutuação das quantidades encomendadas pela Bosch do sensor 0265 005 571	141
Figura 6.39 – Flutuação das quantidades encomendadas pela Nissan do sensor 0265 005 571	142
Figura 6.40 – Distribuição dos clientes com maior e menor flutuação das quantidades encomendadas	142
Figura 6.41 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 571 nas semanas 2 a 11 de 2013	143
Figura 6.42 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 541 nas semanas 2 a 11 de 2013	144
Figura 6.43 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 545 nas semanas 2 a 11 de 2013	144
Figura 6.44 – Procura vs Produção do sensor 0265 019 012 nas semanas 2 a 11 de 2013	144
Figura 6.45 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 558 nas semanas 2 a 11 de 2013	145
Figura 6.46 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F15 nas semanas 4, 5, 6 e 7	146
Figura 6.47 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F25 nas semanas 4, 5, 6 e 7	147
Figura 6.48 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F35 nas semanas 4, 5, 6 e 7	148
Figura 6.49 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F45 nas semanas 4, 5, 6 e 7	149
Figura 6.50 – Área de paletização e armazenamento de embalagens	150

Parte 7 – Proposta Alternativa

Figura 7.1 – WIP Lane entre a pré-montagem e a montagem final.....	153
Figura 7.2 – Funcionamento Geral da Proposta Alternativa	154
Figura 7.3 – Preenchimento de um quadro de produção e respetivo sequenciador.....	155
Figura 7.4 – Atribuição de cores aos sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem.....	156
Figura 7.5 – Análise dos <i>kanbans</i> presentes no sequenciador do <i>pré-tester</i>	157
Figura 7.6 – Método de preenchimento dos quadros de produção e respetivos sequenciadores.....	158
Figura 7.7 – Preenchimento do quadro de produção e respetivo sequenciador.....	159

Figura 7.8 – Preenchimento do quadro de produção e de sequenciadores com cartões brancos e preto	160
Figura 7.9 – Introdução do cartão de " <i>Fim de Cartão Master</i> "	161
Figura 7.10 – Identificação do próximo <i>kanban</i> a entrar na célula e seu respetivo abastecimento.....	162
Figura 7.11 – Envio de <i>kanbans</i> para a pré-montagem sem construção de lote	163
Figura 7.12 – Envio de <i>kanbans</i> para a pré-montagem com construção de lote	163
Figura 7.13 – Envio de <i>kanbans</i> para a pré-montagem com construção de lote incompleto	164
Figura 7.14 – Envio de cartão de antecipação de containers para a pré-montagem	165
Figura 7.15 – Introdução do primeiro <i>kanban</i> /lote de <i>kanbans</i> no sequenciador do primeiro subprocesso.....	166
Figura 7.16 – Identificação do material a processar num subprocesso da pré-montagem	167
Figura 7.17 – Material presente na FIFO Lane e no WIP Lane de um subprocesso	168
Figura 7.18 – Quebra de sequência na FIFO Lane	169
Figura 7.19 – Fluxo de <i>kanbans</i> e <i>containers</i> entre subprocessos.....	170
Figura 7.20 – Fim do processamento de <i>kanbans</i> na pré-montagem	171
Figura 7.21 – Conclusões retiradas através da análise de um quadro de produção.....	172
Figura 7.22 – Entrada e saída de <i>containers</i> da WIP Lane.....	172
Figura 7.23 – Cartões de identificação de material	173
Figura 7.24 – Fornecimento de <i>containers</i> com placas <i>nutzen</i> aos subprocessos da pré-montagem ..	173
Figura 7.25 – Garantia do FIFO entre <i>containers</i> com placas <i>nutzen</i> do mesmo tipo, na WIP Lane .	175
Figura 7.26 – Design das WIP Lanes propostas para as quatro células	180
Figura 7.27 – Dimensões das WIP Lanes propostas	181
Figura 7.28 – <i>Design</i> da FIFO Lane e da WIP Lane que abastecem o Pré-Tester, os Pinos e o V-Cut+Laquer.....	184
Figura 7.29 – Dimensões do stock proposto para abastecer os subprocessos	185
Figura 7.30 – <i>Design</i> do quadro de produção proposto.....	186
Figura 7.31 – Simulação do sistema de planeamento e controlo da produção proposto	187
Figura 7.32 – Design dos <i>cartões master</i>	188
Figura 7.33 – Design dos <i>kanbans</i>	188
Figura 7.34 – Cartões <i>master</i> e <i>kanbans</i>	189
Figura 7.35 – Cartões <i>master</i> e <i>kanbans</i> para preenchimento manual	189
Figura 7.36 – Cartão de <i>Fim de Palete</i>	190
Figura 7.37 – <i>Design</i> do cartão de antecipação de containers.....	190
Figura 7.38 – Cartões de antecipação de containers.....	191
Figura 7.39 – Cartão de <i>fim de palete</i>	191
Figura 7.40 – Cartões para produtos novos	192
Figura 7.41 – Caixas para o armazenamento de cartões.....	192

Figura 7.42 – Quadro de produção.....	193
Figura 7.43 – Caixa sequenciadora	194
Figura 7.44 – Calha	194
Figura 7.45 – Caixa de construção de lote	195
Figura 7.46 - Design dos sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem	196
Figura 7.47 – Cartões de identificação de produção nos sequenciadores dos subprocessos	196
Figura 7.48 – Exemplos de sequenciadores da pré-montagem	197
Figura 7.49 – Introdução de lote de <i>kanbans</i> num sequenciador vazio.....	198
Figura 7.50 – Introdução de lote de <i>kanbans</i> num sequenciador com uma posição preenchida.....	198
Figura 7.51 – Introdução de lote de <i>kanbans</i> num sequenciador com várias posições preenchidas ...	198
Figura 7.52 – Introdução de lote de <i>kanbans</i> da mesma cor do sequenciador	199
Figura 7.53 – Sequenciador completo	199
Figura 7.54 – Introdução de cartões pretos	199
Figura 7.55 – Retirar lote do sequenciador	200
Figura 7.56 – Retirar lote da última posição do sequenciador	200
Figura 7.57 – Retirar o último lote do sequenciador.....	201
Figura 7.58 – <i>Kanbans</i> verticais.....	201
Figura 7.59 – Posição no sequenciador na cartões de antecipação de <i>containers</i>	201
Figura 7.60 – Porta-cartões para os subprocessos da pré-montagem.....	202
Figura 7.61 – Exemplos de porta-cartões em alguns subprocessos.....	202
Figura 7.62 – Stock entre a pré-montagem e a montagem final.....	203
Figura 7.63 – Stock antes do pré-tester	204
Figura 7.64 – Stock antes dos Pinos (PIS 10)	205
Figura 7.65 – Exemplo de rampa que abastece o V-Cut+Laquer.....	205
Figura 7.66 – Quadro com as instruções de trabalho do sistema proposto	206
Figura 7.67 – Quadro de produção.....	207
Figura 7.68 – Introdução de cartões no sequenciador de célula.....	208
Figura 7.69 – Instrução para a introdução de cartões no sequenciador da célula.....	208
Figura 7.70 – Caixa de construção de lote com um <i>kanban</i>	209
Figura 7.71 – <i>Kanbans</i> no sequenciador do subprocesso Pinos (PIS 11).....	209
Figura 7.72 – <i>Kanbans</i> no sequenciador do subprocesso MM+SSLF+AOI	210
Figura 7.73 – Sequenciador MM+SSL+AOI	210
Figura 7.74 – Material em produção na máquina PIS 10	211
Figura 7.75 – Stock antes dos Pinos (PIS 10)	211
Figura 7.76 – Stock antes do Pré-Tester.....	212
Figura 7.77 – Stock antes do V-Cut+Laquer.....	212
Figura 7.78 – Stock para as células da montagem final	212

Figura 7.79 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não se gasta tanto tempo para planejar a produção na pré-montagem"	214
Figura 7.80 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Os chefes de linha têm mais tempo para se dedicarem às suas verdadeiras funções e à melhoria contínua"	215
Figura 7.81 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Os operadores não gastam tempo para planejar a pré-montagem"	215
Figura 7.82 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não é necessário informar o milkrun sobre o tipo e quantidade de placas necessárias"	216
Figura 7.83 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sabe-se sempre o que é para produzir na pré-montagem"	216
Figura 7.84 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não é preciso questionar o chefe de linha sobre a produção na pré-montagem"	217
Figura 7.85 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É garantido que as placas vindas da inserção automática chegam atempadamente"	218
Figura 7.86 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É possível saber, atempadamente, se existem faltas de material da Inserção Automática"	218
Figura 7.87 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "As células da montagem final não param por falta de material da pré-montagem, devido a erros de planeamento"	219
Figura 7.88 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não existe um constante stress na pré-montagem"	220
Figura 7.89 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sinto-me mais satisfeito com o meu posto de trabalho"	220
Figura 7.90 – Respostas do chefe de secção à afirmação: "Sinto-me mais satisfeito com a forma de planejar e controlar a produção na pré-montagem"	221
Figura 7.91 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "A constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem desapareceu"	221
Figura 7.92 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "O fluxo produtivo das placas nutzen no CC é sempre conhecido"	222
Figura 7.93 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É visualmente fácil saber o que está a ser produzido em cada subprocesso"	223
Figura 7.94 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sabe-se sempre qual é a sequência de produção em cada subprocesso"	223
Figura 7.95 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Só é produzido na pré-montagem, o que realmente vai ser necessário nas células da montagem final"	225
Figura 7.96 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "A quantidade de stock na secção diminuiu" ..	225
Figura 7.97 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É mais fácil saber as necessidades do CC" ...	227

Figura 7.98 – Respostas dos inquiridos à afirmação: " <i>Só transporte para o CC os containers realmente necessários</i> "	227
Figura 7.99 – Respostas dos inquiridos à afirmação: " <i>Sinto-me mais satisfeito e com menos stress, na realização das minhas tarefas no CC</i> "	228
Figura 7.100 – Respostas dos inquiridos à afirmação: " <i>De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior</i> "	229

Anexo E – Simulação em Arena

Figura E.1 – Definição da duração da simulação	263
Figura E.2 – Fluxos produtivos dos produtos simulados	264
Figura E.3 – Diagrama de blocos da simulação em Arena.....	264
Figura E.4 – Entrada de lotes de <i>containers</i> na pré-montagem.....	265
Figura E.5 – Características da chegada de ordens de produção à pré-montagem.....	266
Figura E.6 – Tempo de processamento de um lote de <i>containers</i> nos pinos (PIS 11)	266
Figura E.7 – Tempo de OEE da máquina de pinos PIS 11.....	267
Figura E.8 – Tempo de processamento de um lote de <i>containers</i> no <i>Pré-Tester</i>	267
Figura E.9 – Tempo de setup e OEE da máquina de pinos PIS 11	268
Figura E.10 – Envio dos produtos para processos diferentes	268
Figura E.11 – Tempo de processamento de um lote de <i>containers</i> na máquina PIS 10.....	269
Figura E.12 – Tempo de setup e OEE da máquina de pinos PIS 10	270
Figura E.13 – Tempo de processamento de um lote de <i>containers</i> no <i>V-Cut+Laquer</i>	271
Figura E.14 – Tempo de OEE do <i>V-Cut+Laquer</i>	271
Figura E.15 – <i>Output</i> do sistema simulado em Arena.....	272
Figura E.16 – <i>Output</i> (em lotes de <i>containers</i>) do <i>Pré-Tester</i>	273
Figura E.17 – Número máximo de lotes em espera em cada subprocesso.....	273

Anexo G – Instrução de Trabalho na Pré-Montagem

Figura G.1 – Entrada de material na célula 2F35	279
Figura G.2 – Stock MM+SSLF e V-Cut+Laquer.....	279
Figura G.3 – Sequenciador V-Cut+Laquer	279
Figura G.4 – Sequenciador MM+SSL+AOI	280
Figura G.5 – Entrada de material na célula 2F45	280
Figura G.6 – Entrada de material na célula 2F25	280
Figura G.7 – Sequenciador <i>Pré-Tester</i>	280
Figura G.8 – <i>Pré-Tester</i>	281

Figura G.9 – Sequenciador Pinos (PIS 10).....	281
Figura G.10 – Pinos (PIS 11)	281
Figura G.11 – Sequenciador Pinos (PIS 10).....	281
Figura G.12 – Entrada de material na célula 2F15	282
Figura G.13 – Pinos (PIS 10)	282
Figura G.14 – AOI	282
Figura G.15 – Sequenciador MM+SSLF+AOI	282
Figura G.16 – Stock que abastece as células da montagem final	283
Figura G.17 – Carrinho de transporte de <i>containers</i>	283
Figura G.18 – Entrada de material na célula 2F15	283
Figura G.19 – Sequenciador Pinos (PIS 10).....	283
Figura G.20 – Sequenciador Pinos (PIS 11).....	284
Figura G.21 – Sequenciador Pré-Tester	284
Figura G.22 – Entrada de material na célula 2F25	284
Figura G.23 – Sequenciador V-Cut+Laquer	284
Figura G.24 – Sequenciador MM+SSL+AOI	285
Figura G.25 – Entrada de material na célula 2F45	285
Figura G.26 – Entrada de material na célula 2F35	285
Figura G.27 – Zona de embalagem e paletização.....	285

Índice de Quadros

Quadro I – <i>Part numbers</i> e variantes das famílias LWS 3, LWS 5 e LWS 6	69
Quadro II - Tipos de placas <i>nutzen</i> utilizadas na montagem final de cada tipo de sensor ESP	74
Quadro III – Quantidade máxima de PCB's no stock 1	77
Quadro IV – Quantidade máxima de PCB's no stock 2.....	78
Quadro V – Quantidade máxima de PCB's no stock 3.....	79
Quadro VI – Quantidade máxima de PCB's no stock 4.....	80
Quadro VII – Quantidade máxima de PCB's no stock 5	81
Quadro VIII – Quantidade máxima de PCB's no stock 6.....	82
Quadro IX – Quantidade máxima de PCB's no stock 7.....	83
Quadro X – Quantidade máxima de PCB's no stock 8.....	84
Quadro XI – Quantidade máxima de PCB's no stock 9.....	85
Quadro XII – Quantidade máxima de PCB's no stock 10	85
Quadro XIII – Quantidade máxima de PCB's no stock 11	86
Quadro XIV – Turnos de trabalho por dia da semana.....	87
Quadro XV – Paragens planeadas e tempo de abertura por turno.....	87
Quadro XVI – Número de operadores por turno.....	88
Quadro XVII – Quantidade de sensores por palete e caixa e, quantidade de caixas por palete	89
Quadro XVIII - Tempo de ciclo médio do PT, Pinos e Montagem Final	96
Quadro XIX – Produtos A do CC nas semanas 2 a 11 de 2013	134
Quadro XX – Tipos de mudanças entre produtos e respetivo tempo de <i>changeover</i> no pré-tester.....	179
Quadro XXI – N.º de <i>containers</i> consumidos em 46 minutos, pelo PT, Pinos e V-Cut+Laquer.....	184
Quadro XXII – Número mínimo e máximo de PCB's por <i>container</i> , que abastece cada célula	224

Anexo A – Contagem de Stock no Chassi System Control

Quadro A.1 – Contagem de WIP no CC	249
--	-----

Anexo B – Situação mais Crítica no Pré-Tester

Quadro B.I – Capacidade das Células Por Tipo de Sensor	251
Quadro B.II – Tempo consumido no Pré-Tester para satisfazer a capacidade das células	252

Anexo C – Média Ponderada do Tempo de Ciclo nas Células e no Pré-Tester

Quadro C.I – Capacidade das células 2F15, 2F35 e 2F45.....	255
Quadro C. II – Tempo de Ciclo dos PCB's dos produtos LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 e LWS 5.4.1 Axial	256

Anexo D – Changeover no Pré-Tester

Quadro D.I – Afetação das placas dos produtos aos tipos de <i>containers</i>	258
Quadro D.II – Tipos de Changeovers e respetiva duração.....	259
Quadro D.III – Tipos de changeovers no <i>Pré-Tester</i>	260
Quadro D.IV - Número de Ocorrências Possíveis por tipo de changeover no Pré-Tester.....	261

Anexo E – Simulação em Arena

Quadro E.I – Média ponderada do tempo de ciclo nos Pinos (PIS 10).....	269
Quadro E.II –Tipos de mudanças entre produtos e respetivo tempo de <i>changeover</i> , na máquina PIS 10	270

Anexo F – Changeover nos Pinos (PIS 10)

Quadro F.I – Afetação dos tipos de rolos de pinos aos diferentes sensores.....	275
Quadro F.II – Afetação das placas dos produtos aos diferentes tipos de finger.....	276
Quadro F.III – Tipos de changeovers e respetiva duração na máquina PIS 10.....	276
Quadro F.IV – Tipos de changeovers nos Pinos (PIS 10).....	277
Quadro F.V – Número de ocorrências possíveis por tipo de changeover nos Pinos (PIS 10).....	278

Anexo G – Instrução de Trabalho na Pré-Montagem

Quadro G.I – Instrução de trabalho para o operador da pré-montagem.....	279
---	-----

Lista de Siglas e Acrónimos

ABS - Anti-lock Braking System
AOI - Automatic Optical Inspection
BPS - Bosch Production System
CC - Chassi System Control
CIP - Continuous Improvement Process
CONWIP - Constant Work In Process
CQ - Cravação a Quente
CR - Car Radio
DI - Driving Infotainment
ESP - Electronic Stability Program
FIFO - First In First Out
JIT - Just In Times
LOG - Logística
LWS - Lenkwinkelsensor
MF - Montagem Final
MM - Montagem Manual
MRP - Material Requirement Planning
OEE - Overall Equipment Effectiveness
PCB - Printed Circuit Board
PDCA - Plan Do Check Act
PIS - Pin Insertion
PM - Pré-Montagem
POLCA - Paired-Cell Overlapping Loops of Cards
PT - Pré-Tester
QRM - Quick Response Manufacturing
S.A - Sociedade Anónima
SMED - Single-Minute Exchange of Dies
SSL - Soldadura Selectiva Lead
SSLF - Soldadura Seletiva Lead Free
TA - Tempo de Atravessamento
TCS – Sistema de Controlo de Tração

TPS - Toyota Production System

TT - Takt Time

TT - Termo Technology

VSM - Value Stream Mapping

WIP - Work In Process

1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Enquadramento
- 1.2. Objetivo Geral e Objetivos Específicos
- 1.3. Metodologia
- 1.4. Estrutura da Dissertação

1. INTRODUÇÃO

Esta primeira parte da dissertação é a parte introdutória do projeto, onde é apresentado um enquadramento ao tema, os objetivos do trabalho, a metodologia utilizada para a sua realização e descrita a estrutura do presente relatório.

1.1. Enquadramento

Alguns países do Mundo, incluindo Portugal, passam atualmente por uma grave situação de crise económica sendo, por isso, “poupar” a palavra de ordem.

Esta condição promove a diminuição do consumo e incentiva a compra de produtos que realmente satisfaçam os clientes, ou seja, produtos com uma boa relação entre qualidade, preço, disponibilidade e desempenho (Rubrich & Watson, 2000).

Segundo Dombrowski, Mielke, & Engel (2012), uma empresa só conseguirá ser competitiva e vingar no mercado se comercializar produtos que satisfaçam os clientes.

Demeter & Matyusz (2011) dizem que ser-se competitivo passa por investir em ações de melhoria que promovam a eliminação dos desperdícios, pois desta forma, torna-se mais fácil entregar os produtos ao cliente no momento certo, na qualidade certa e no preço certo.

Produzir sem desperdício e conseqüentemente ser-se altamente competitivo e alcançar os melhores resultados, passa pela implementação de práticas *Lean* (Demeter & Matyusz, 2011; Warnecke & Hüser, 1995).

Há já alguns anos que a Bosch se tem vindo a debruçar sobre a temática *Lean* e implementado ações que reduzem significativamente os desperdícios da empresa. Nos tempos que decorrem e mais que nunca, procurar alternativas que reduzam a percentagem de atividades que não acrescentam valor (desperdício) ao produto, é de elevada importância para qualquer empresa.

Com o objetivo de se tornar cada vez mais competitiva, a Bosch tem como princípio a *Melhoria Contínua*. Inserida neste princípio a presente dissertação tem como finalidade contribuir para o aumento da competitividade de uma das secções da empresa – o *Chassi System Control (CC)*, através da redução de alguns desperdícios identificados. O CC é responsável pela produção de sensores ESP (*Electronic Stability Program*) e está organizado em duas grandes áreas – a pré-montagem e a montagem final.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

A presente dissertação tem por objetivo o estudo da viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre a pré-montagem e a montagem final da secção *Chassi System Control* da Bosch Car Multimédia, S.A., com o intuito de melhorar o sistema de planeamento e controlo da produção na pré-montagem.

1.2.2. Objetivos Específicos

Pretende-se com o presente projeto:

- Aumentar a eficiência e eficácia do planeamento e controlo da produção na pré-montagem;
- Controlar e reduzir a quantidade de WIP (*work in process*) na secção;
- Assegurar o sincronismo da produção entre os diferentes subprocessos da pré-montagem e também entre a pré-montagem e a montagem final;
- Aumentar a transparência e a gestão visual na secção;
- Reduzir o stress.

1.3. Metodologia

Este trabalho foi elaborada na Bosch Car Multimédia, S.A. e com ele pretendeu-se saber qual é o tipo de stock – FIFO lane ou Supermercado, mais viável para implementar entre os dois processos do CC.

Para a realização de um trabalho sustentado, foi necessário em primeiro lugar adquirir conhecimentos mais profundos e detalhados sobre os temas inerentes à dissertação. Posteriormente tornou-se importante fazer um breve estudo sobre a empresa, com o intuito de conhecer um pouco mais do seu funcionamento.

Em seguida, e já realizando investigação em campo, foi imprescindível fazer um levantamento de dados sobre o estado inicial da secção ou seja, reunir toda a informação necessária de forma a poder espelhar-se a situação em que a secção se encontrava, isto é:

processos produtivos, tipo de produtos fabricados, matérias-primas, fluxos produtivos, layout, stocks, turnos de trabalho, paragens planeadas, número de operadores e fluxo de informação.

Depois de saber o que acontecia inicialmente na área em análise, estudou-se a viabilidade de implementar FIFO Lane ou Supermercado entre os dois processos produtivos – a pré-montagem e a montagem final, para posteriormente dimensionar aquele que mais vantagens traria à secção. No caso de ser identificada a inviabilidade da implementação da FIFO Lane e do Supermercado, desenvolver-se-ia um sistema capaz de funcionar com as adversidades que tornam a FIFO Lane e o Supermercado impraticáveis.

Posteriormente, e tendo já identificado o tipo de stock mais adequado entre cada um dos processos e definida a sistemática de planeamento e controlo da produção, implementaram-se tais propostas sendo possível aí analisar a viabilidade do estudo efetuado, através dos resultados obtidos.

Por fim foram retiradas as conclusões do trabalho realizado e apresentadas sugestões de trabalhos futuros.

1.4. Estrutura da Dissertação

O presente relatório encontra-se estruturado em oito partes. A primeira parte é constituída pelo enquadramento do tema da dissertação, pelos objetivos, pela metodologia e pela presente descrição da estrutura do relatório. Na segunda parte encontra-se presente a revisão bibliográfica que fundamenta e suporta a dissertação e na terceira parte é apresentada a organização para a qual todo o projeto foi desenvolvido.

A quarta parte do relatório mostra o estado inicial da secção alvo de estudo. Em seguida, numa quinta parte está presente todo o estudo efetuado sobre a viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado no CC. Posteriormente, na parte seis, encontra-se projetado e dimensionado o sistema puxado com supermercado para o CC.

Na sétima e penúltima parte do relatório é apresentada a sistemática da proposta alternativa à FIFO Lane e ao Supermercado, o seu respetivo dimensionamento e a sua implementação.

Numa última parte, tecem-se as conclusões retiradas do trabalho realizado e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1. Toyota Production System
- 2.2. Lean Production
- 2.3. Sistemas de Controlo e Planeamento da Produção
- 2.4. CONWIP, FIFO LANE e POLCA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta segunda parte, serão apresentados todos os temas inerentes ao desenvolvimento da parte prática da presente dissertação. Tornou-se importante realizar esta revisão de literatura pelo facto de ser imprescindível adquirir conhecimentos e construir alicerces que fundamentem e suportem o projeto desenvolvido.

2.1. *Toyota Production System*

Em 1929, Kiichiro Toyoda esteve presente numa visita técnica às fábricas da Ford nos Estados Unidos e desde logo ficou entusiasmado e confiante que a indústria automobilística, em breve, se tornaria o *boom* da indústria mundial. Foi então que, em 1937 Kiichiro Toyoda fundou a *Toyota Motor Company* no Japão (Liker, 2004; Marks, 2009).

Inicialmente a empresa produzia camiões das forças armadas mas Toyoda tinha como objetivo a produção de carros e camiões comerciais, em larga escala. Entretanto a Segunda Guerra Mundial aconteceu e como consequência do envolvimento do Japão na guerra, Toyoda teve que adiar as suas pretensões (Marks, 2009).

Após a guerra, em 1945, Toyoda retoma a sua ideia de se tornar um grande fabricante de automóveis mas, a distância que separava os grandes competidores americanos dos japoneses era enorme (Marks, 2009). Segundo Ohno (1997) eram necessários nove japoneses para fazer o trabalho de um americano.

Com o objetivo de se firmar no mercado e tornar-se competitivo, a Toyota preparou uma visita à Ford (Liker, 2004) enviando para lá um dos seus melhores engenheiros – Eijii Toyoda, e a sua equipa (Durães, 2012). Depois de estudarem todos os pormenores do sistema produtivo da Ford – a produção em massa, desenvolvido por Henry Ford e caracterizado pela produção de grandes volumes de produtos padronizados, Toyoda percebeu que teria de ajustar a produção em massa de forma a poder ser aplicada num mercado pequeno e com procura de uma grande variedade de produtos, como era o caso do Japão (Durães, 2012; Melton, 2005; Marks, 2009; Santos, 2010).

De regresso ao Japão Toyoda juntou-se a Taiichi Ohno e em conjunto concluem que o facto da produtividade americana ser tão superior à japonesa se devia à existência de perdas

no sistema de produção japonês e para colmatar este problema estruturou-se um processo sistemático de identificação e eliminação de perdas (Marks, 2009).

Além disso, Toyota e Ohno aperceberam-se que através da redução do tempo de ciclo dos produtos e do aumento da flexibilidade, se conseguiria satisfazer as necessidades dos clientes com elevados índices de qualidade e produtividade, explicados unicamente por um aumento da taxa de utilização dos equipamentos (Ohno, 1997, citado por Santos, 2010). Foi aí que nasceu o *Toyota Production System (TPS)*.

O TPS era claramente o oposto do que acontecia naquela altura no mundo ocidental – a produção em massa (Melton, 2005) e surgiu da necessidade de satisfazer clientes que exigiam diferentes produtos em pequenas quantidades (Womack, Jones, & Roos, 1990).

Segundo Liker (2004) o TPS assenta na melhoria contínua, eliminando o desperdício, orientando a produção para a satisfação do cliente, introduzindo técnicas e ferramentas para a prevenção de erros e desenvolvendo o sistema puxado.

2.2. Lean Production

Lean Production tem sido "a palavra de ordem na área da produção nos últimos anos" (Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003, p. 3075) e segundo Rich, Bateman, Esain, Massey, & Samuel (2006) e Melton (2005), significa *produção magra (sem desperdícios)*. De acordo com Womack, Jones, & Roos (1990), o fundador do TPS (Taiichi Ohno) define *Lean* como sendo a análise do tempo desde o momento em que o cliente faz o pedido até ao ponto em que é efetuado o pagamento - esta análise tem como objetivo reduzir o tempo entre o pedido do cliente e o pagamento, através da eliminação das perdas que não acrescentam valor.

Segundo Liker (2004) o termo *Lean* foi popularizado com a publicação de dois livros *best-sellers: The Machine That Changed The World* (escrito por Womack, Jones e Roos em 1990) e *Lean Thinking* (escrito por Womack e Jones em 1996), ambos baseados no *Toyota Production System*.

O principal objetivo da produção magra é satisfazer as necessidades dos clientes ao mais alto nível possível (Demeter & Matyusz, 2011), tendo como base a eliminação de desperdícios (Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003).

De acordo com Melton (2005), a *produção Lean* começa com a definição de valor para o cliente e segundo Rahani & Muhammad (2012) esta abordagem de produção foca-se na redução de custos através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto,

ou seja através da eliminação de tudo aquilo que seja identificado como sendo *desperdício*. Com a utilização desta filosofia de produção todas as etapas desnecessárias são eliminadas, deixando apenas o tempo, as pessoas, as atividades e os materiais que realmente acrescentam valor ao produto (Amir, Mohamad, Faridaddin, & Maryam, 2010; Black & Hunter, 2003).

2.2.1. Desperdícios

Segundo Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar (2003, p. 3076) desperdício (MUDA em japonês) é "*qualquer coisa que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, espaço e tempo que são essenciais para acrescentar valor ao produto*". Pinto (2008, p. 8) define valor como sendo "*tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo e o esforço que dedicamos a algo*" (Pinto, 2010, p. 168).

Estima-se que apenas 5% das operações realizadas nos produtos lhe acrescentam realmente valor. Dos 95% restantes, 35% são desperdícios necessários na produção dos artigos e 65% são atividades de puro desperdício (Melton, 2005).

Os desperdícios estão classificados em sete tipos:

1. Sobreprodução

A sobreprodução (ou produção em excesso) é o pior dos desperdícios e acontece quando os produtos são produzidos antes dos clientes precisarem deles (MacInnes, 2002; Melton, 2005), como ilustra a figura 2.1.



Figura 2.1 – Sobreprodução (Bosch, 2005a)

2. Transporte

Este desperdício corresponde ao movimento de materiais de um lado para outro, como mostra a figura 2.2. Um exemplo é o transporte de WIP de uma operação para outra (MacInnes, 2002; Melton, 2005).

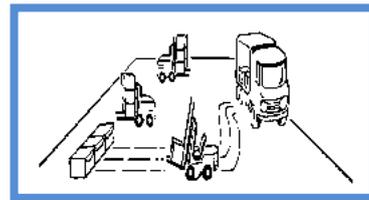


Figura 2.2 – Transporte (Bosch, 2005a)

3. Inventário (Stock)

Stocks, como mostra a figura 2.3, são formados por materiais que ainda não foram pedidos pelo cliente. Os stocks podem ser de três tipos: matérias-primas, *work in process* e produto acabado (MacInnes, 2002; Melton, 2005).



Figura 2.3 – Inventário (Bosch, 2005a)

4. Movimentações

As movimentações excessivas de pessoas, como mostra a figura 2.4, são o resultado de: layouts desadequados, pessoas à procura de pessoas e pessoas à procura materiais (MacInnes, 2002; Melton, 2005).



Figura 2.4 – Movimentações (Bosch, 2005a)

5. Defeitos

São erros que ocorrem durante o processo e que requerem retrabalho quando podem ser corrigidos, como mostra a figura 2.5, ou que constituem sucata quando não podem ser corrigidos (MacInnes, 2002; Melton, 2005).



Figura 2.5 – Reparação (Bosch, 2005a)

6. Processamentos Desnecessários

São tipos de processamentos que os produtos sofrem mas que não lhes acrescentam qualquer tipo de valor (MacInnes, 2002; Melton, 2005), como por exemplo a necessidade de reembalamento mostrado na figura 2.6.



Figura 2.6 – Processamento desnecessário (Garcia & Ruggles, 2012)

7. Esperas

Este tipo de desperdício refere-se ao tempo de inatividade do processo a jusante devido à falta de entrega de material do processo a montante, como mostra a figura 2.7. As esperas podem ser de quatro tipos: pessoas esperam por pessoas, pessoas esperam por máquinas, máquinas esperam por pessoas ou máquinas esperam por máquinas (MacInnes, 2002; Melton, 2005).

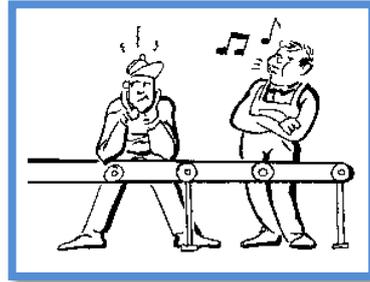


Figura 2.7 – Esperas (Bosch, 2005a)

2.2.2. Princípios

Segundo Womack & Jones (2003), *lean* é o antídoto para o desperdício mas, para isso é necessário cumprir os princípios presentes na figura 2.8.



Figura 2.8 – Princípios Lean (Womack & Jones, 2003)

1. Especificar o Valor

O ponto de partida para uma produção *lean* é a especificação do valor. É o produtor quem cria valor mas, este deve ser especificado do ponto de vista do cliente final (Womack & Jones, 2003).

2. Definir o Fluxo de Valor

Identificar o fluxo de valor do produto é o próximo passo para uma produção *lean* (Womack & Jones, 2003). Este princípio consiste em separar os procesos do fluxo produtivo de um produto em três tipos: (1) aqueles que realmente acrescentam valor, (2) aqueles que

embora não acrescentem valor ao produto são essenciais na sua cadeia produtiva e (3) aqueles que não acrescentam qualquer tipo de valor e devem portanto ser eliminados (Lean Institute, 1998).

3. Fazer Fluir o Fluxo de Valor

Estando já especificado o valor do produto, mapeada a sua respetiva cadeia de valor e eliminados os desperdícios encontrados é tempo de dar fluidez aos processos e atividades que restaram, constituindo-se para tal um *fluxo contínuo* (Womack & Jones, 2003; Lean Institute, 1998).

4. Puxar a Partir do Cliente (*Pull*)

A produção puxada (*pull system*) deixa que o cliente puxe o produto do fornecedor, quando necessário. Isto faz com que os fornecedores deixem de empurrar produtos para os clientes, muitas vezes indesejados (Womack & Jones, 2003).

5. Lutar pela Perfeição

Alcançar a perfeição implica uma constante melhoria contínua da empresa a todos os níveis (Pinto, 2010), isto é redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros, oferecendo um produto que está cada vez mais próximo do que o cliente realmente deseja (Womack & Jones, 2003).

2.2.3. Muda, Mura e Muri

Segundo Imai (2012), as palavras *muda*, *mura* e *muri* são muitas vezes utilizadas em conjunto e são conhecidas como sendo os 3MU's. De acordo com Imai (2012):

- **Muda = Desperdício**

Como já referido anteriormente *muda* é qualquer atividade que não acrescenta valor ao produto do ponto de vista do cliente, mas que consome recursos, como mostra a figura 2.9.

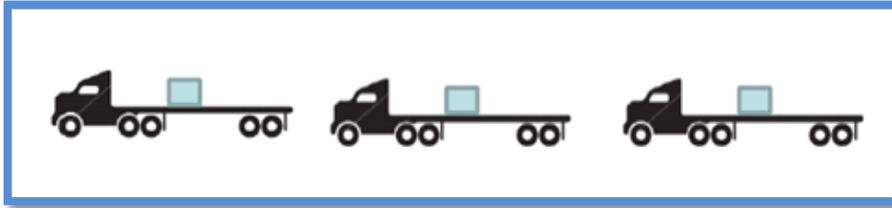


Figura 2.9 – *Muda* (Imai, 2012)

- **Mura = Variação**

A falta de regularidade nas encomendas, nas vendas e por consequência na produção, irá prejudicar o esforço de toda a organização para eliminar *muda*, como mostra a figura 2.10.

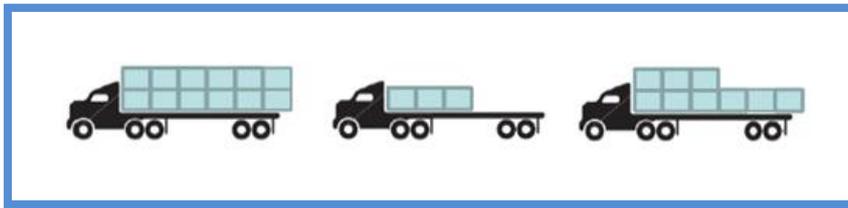


Figura 2.10 – *Mura* (Imai, 2012)

- **Muri = Sobrecarga**

Muri significa sobrecarga (ou esforço extenuante) para os trabalhadores e equipamentos como mostra a figura 2.11 e ocorre quando picos de ordens de produção acontecem. Isto por sua vez causa paragens de produção (*muda de espera*) e erros (*muda de retrabalho e transporte*).

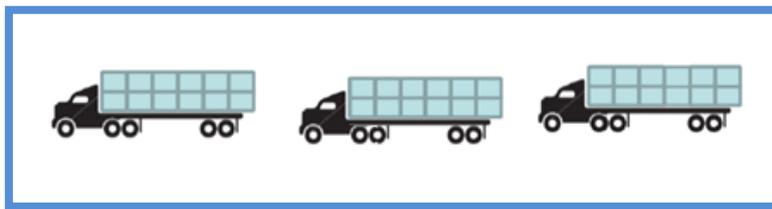


Figura 2.11 – *Muri* (Imai, 2012)

2.2.4. Ferramentas

A casa representada na figura 2.12 foi desenvolvida por Taiichi Ohno e representa o conjunto de ferramentas *lean*. Segundo Liker (2004, p. 28) esta casa “...tornou-se um dos símbolos mais reconhecidos na indústria moderna”.

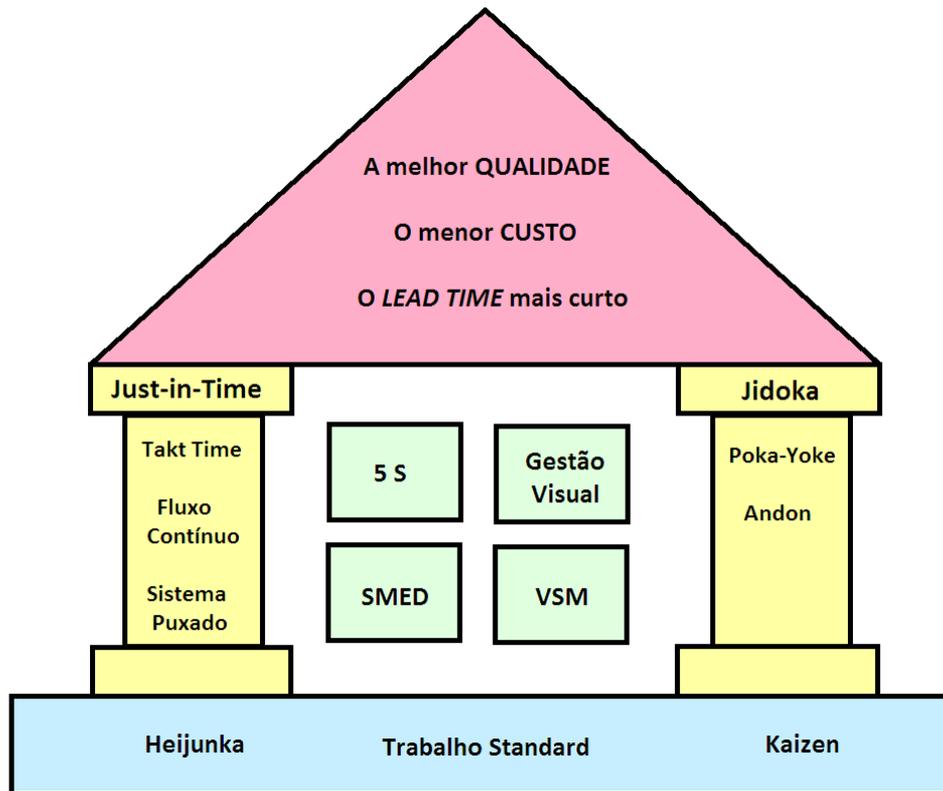


Figura 2.12 – Casa Lean (adaptado de (Liker, 2004))

Existem diversas versões da *casa lean* mas os princípios são os mesmos. No telhado estão representados os objetivos deste tipo de produção – a melhor qualidade, ao menor custo e com o *lead time* mais curto; como pilares da casa tem-se o *Just-in-Time* e o *Jidoka*; e, na base o nivelamento da produção (*heijunka*), o trabalho *standard* e a melhoria contínua (*kaizen*). Existem ainda outras ferramentas como os 5S's, a gestão visual, o SMED e o VSM que dão suporte a todo o sistema de produção lean (Liker, 2004).

a) Just-in-Time

De acordo com Black & Hunter (2003) produção Just-in-Time (JIT) significa fazer apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária.

O principal objetivo do JIT é geralmente visto como a eliminação de desperdícios. Esta eliminação é normalmente conseguida através da minimização de stock e do retardamento da produção e distribuição de produtos, tanto tempo quanto possível (Davidsson & Wernstedt, 2009).

Minimizar a necessidade de stock de matérias-primas, *work in process* e de produtos acabados através da redução dos tempos de *setup* é outro objetivo do JIT (Chan, Yin, & Chan, 2010).

As fontes de desperdícios selecionadas pelo pai do *just-in-time* – Taiichi Ohno, para serem minimizadas ou eliminadas com o uso desta ferramenta são:

- a) sobreprodução;
- b) transportes e movimentações;
- c) stocks (Davidsson & Wernstedt, 2009).

São muitos os benefícios do *just-in-time* que têm vindo a ser discutidos na literatura, no entanto a maioria das histórias de sucesso têm ocorrido em grandes fábricas com procura estável, como é o caso do sector automóvel e eletrónico (Davidsson & Wernstedt, 2009).

O JIT foi desenvolvido através da implementação dos conceitos *pull system* (que usa cartões designados por *kanban*), *takt time* e *fluxo contínuo*, explicados em seguida.

▪ **Takt Time**

O *takt time* é um indicador que diz de quanto em quanto tempo se deve produzir um produto para que seja possível satisfazer as necessidades do cliente (Rother & Shook, 1999).

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produção}{Procura\ do\ cliente}$$

(1)

O mercado representa o processo final e a situação ideal seria ter uma produção sincronizada que permitisse satisfazer o cliente no momento e nas necessidades exatas – daí ser o mercado quem determina o *takt time* da produção (Takeda, 2006).

O *takt time* é usado para sincronizar a produção com o ritmo de vendas (Rother & Shook, 1999), sendo por isso a base de tempo para todas as atividades da empresa, desde o fluxo de material até todas as ações e operações ligadas a ele (Takeda, 2006).

Este indicador é obtido pela divisão entre o tempo de trabalho disponível num determinado período de tempo e as quantidades necessárias para esse mesmo período (Takeda, 2006).

▪ **Fluxo Contínuo**

Fluxo contínuo refere-se à produção de uma peça de cada vez, passando imediatamente de um processo para outro sem paragens e muitos outros desperdícios que possam existir entre processos (Rother & Shook, 1999), como mostra a figura 2.13.

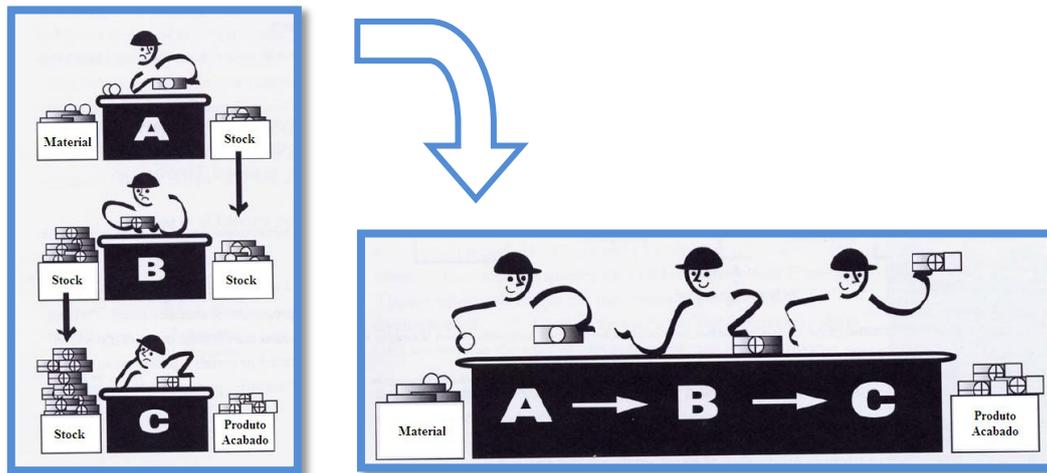


Figura 2.13 – Transformação de um fluxo não contínuo num fluxo contínuo (Rother & Shook, 1999)

Este tipo de fluxo é a forma mais eficiente de produzir e devem ser reunidos todos os esforços para tentar alcançá-lo. Além disso pode ser um bom ponto de partida para começar uma combinação entre *pull system* e FIFO (Rother & Shook, 1999).

▪ **Sistema Puxado**

O sistema puxado (*pull system*) é uma boa forma de controlar a produção entre os processos quando eles não podem ser transformados num fluxo contínuo (Rother & Shook, 1999). Este tema será abordado em grande detalhe no ponto 2.3.1.

b) Jidoka

Jidoka é um termo japonês designado também por *autonomation* e segundo Grout & Toussaint (2010) consiste na paragem de um processo quando um problema acontece, evitando-se desta forma que se produzam artigos defeituosos.

Os passos de ação desta ferramenta são os seguintes:

1. Detetar o problema;
2. Impedir o processo;
3. Reparar para um funcionamento correto;
4. Investigar a causa do problema;
5. Desenvolver medidas preventivas.

Com *jidoka* implementado o processo pode ser parado por uma máquina que utiliza sensores ou por um operador puxando uma corda pendurada no seu posto de trabalho (Grout & Toussaint, 2010) ou por outro qualquer dispositivo *poka-yoke*.

▪ Poka-Yoke

Segundo Black & Hunter (2003) enquanto muitas pessoas não acreditam que é possível alcançar a meta do *zero defeitos*, muitas empresas têm conseguido reduzir os seus níveis de defeitos para praticamente zero ou mesmo para zero, utilizando dispositivos *poka-yoke*.

Poka-yoke é uma expressão japonesa frequentemente traduzida como “à prova de erro”, embora outras designações também sejam utilizadas, sendo exemplos: “à prova de tolos” e “barreira”. *Poke* significa erro involuntário e *Yoke* (palavra derivada de *Yokeru*) significa evitar (Grout & Toussaint, 2010).

O objetivo deste dispositivo é impedir a ocorrência de defeito em vez de o localizar após ter ocorrido. O *poka-yoke* pode estar ligado a máquinas para verificação automática dos produtos ou ser até mesmo parte do processo, impedindo a produção de peças defeituosas. Alguns dispositivos podem desligar automaticamente a máquina, quando um defeito é produzido, impedindo a produção de mais peças defeituosas (Black & Hunter, 2003).

A figura 2.14 mostra exemplos de *poka-yoke*.

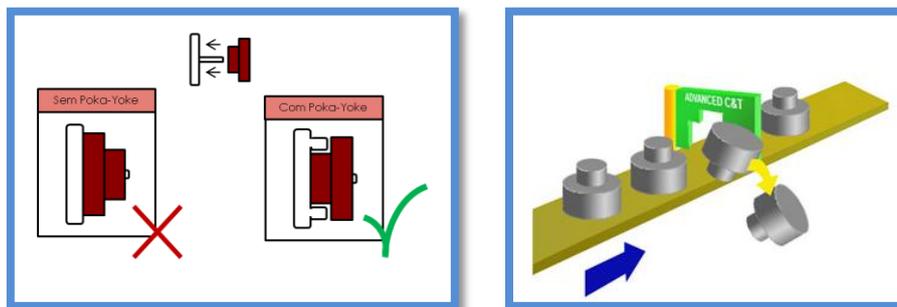


Figura 2.14 – Exemplos de Poka-Yoke (Advanced Consulting & Training, 2013; 4Lean, 2013)

- **Andon**

O *andon* é um sistema para obter dados sobre um problema, em tempo real. Pode assumir-se em várias formas mas, a mais popular é uma corda atrás de cada operador na linha de produção. É da responsabilidade do operador puxar a corda (ou acionar um outro tipo de mecanismo *andon*) se sentir alguma dificuldade durante o processo (Harris & Harris, 2008), como mostra a figura 2.15.

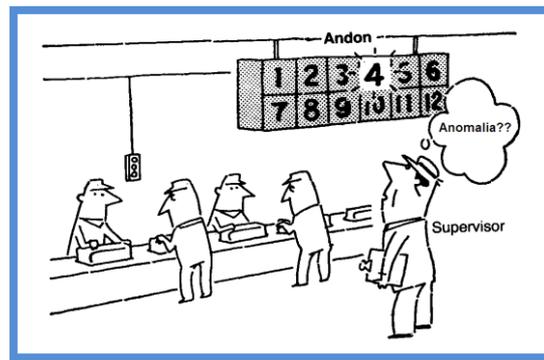


Figura 2.15 – Sistema Andon (adaptado de (Andon Technologies, 2006))

Quando a corda é puxada, acende-se uma luz e um som vem da área onde a corda foi puxada – há um sinal visual e um sinal sonoro quando a corda é puxada. No quadro *andon* acende-se uma luz indicando o posto com problema, permitindo desta forma ao supervisor ou outra pessoa tomar conhecimento do posto para o qual se deve dirigir para resolver o problema imediatamente (Harris & Harris, 2008).

- c) **Heijunka**

Heijunka é um termo japonês que se traduz em *nivelamento da produção* ou *leveling production*. Segundo Black & Hunter (2003) o nivelamento é o processo de planejar e executar um plano de produção. Numa situação ideal, uma fábrica *lean* iria produzir os mesmos produtos nas mesmas quantidades em cada período de tempo (uma hora, um turno, um dia, uma semana), como mostra a figura 2.16.

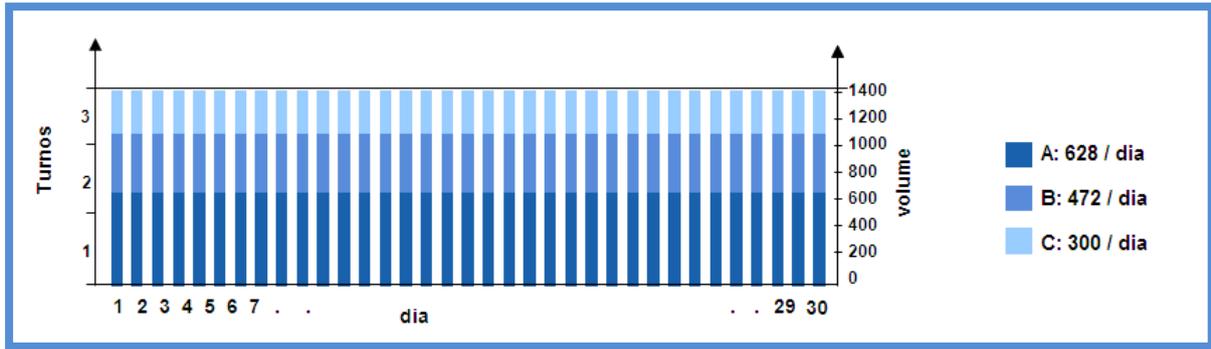


Figura 2.16 – Nivelamento da Produção (adaptado de (Bosch, 2003b))

É o balanceamento que define a taxa de produção de acordo com a taxa de consumo. O objetivo do nivelamento e do balanceamento é regular o *outup* para minimizar os picos da procura (Black & Hunter, 2003).

Os objetivos do nivelamento são:

- Permitir um fluxo constante e assegurar um ritmo de produção estável, alinhado à procura dos clientes;
- Ativar o trabalho padronizado;
- Detectar desvios do estado normal e, assim, identificar problemas;
- Aumentar a flexibilidade;
- Reduzir stocks (ver figura 2.17);
- Diminuir o tempo de ciclo (Black & Hunter, 2003).

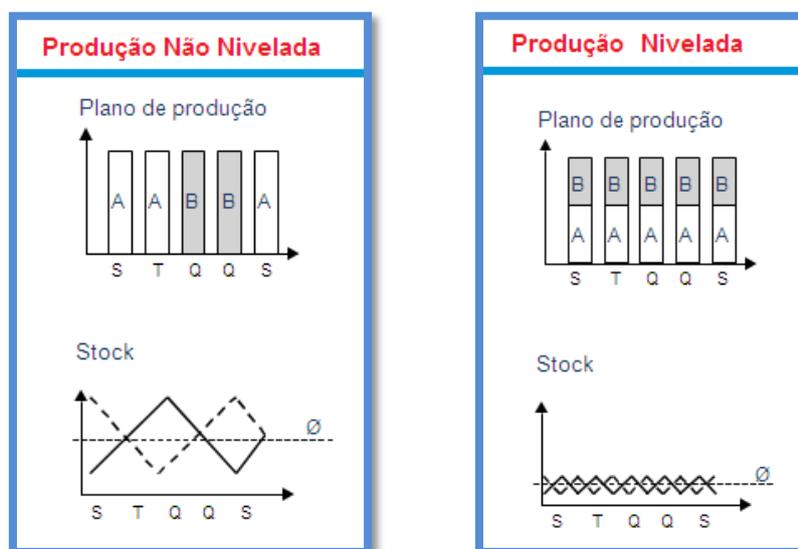


Figura 2.17 – Quantidade de stock em produção não nivelada e em produção nivelada (Bosch, 2005a)

Na realidade, a procura do cliente não é estável – tem flutuações, por isso o plano de produção tem que ser dissociado das necessidades do cliente, para que o nivelamento possa existir (Bosch, 2008a) como mostra a figura 2.18.

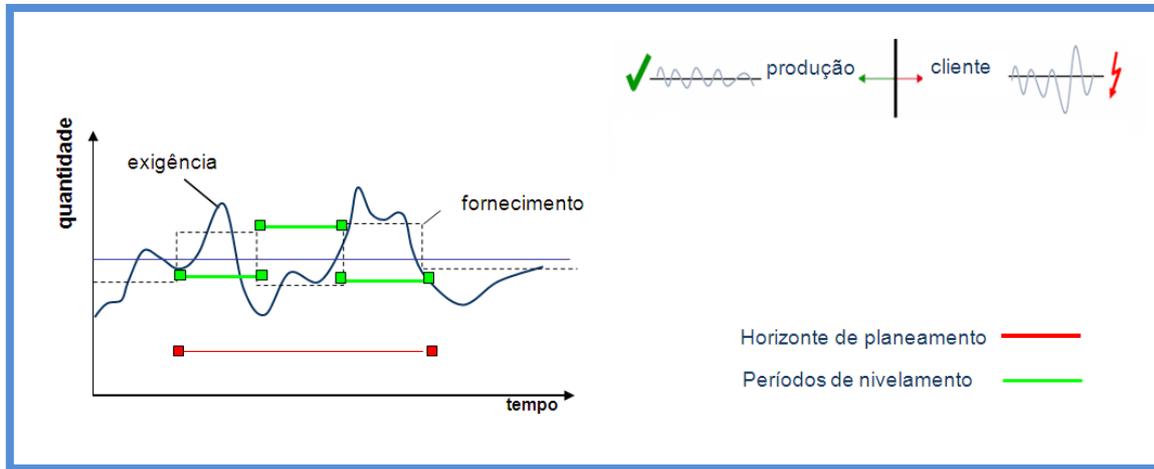


Figura 2.18 – Exigência vs Fornecimento (Bosch, 2005a)

d) Trabalho Standard

Segundo Black & Hunter (2003, p. 59) o “*trabalho standard é uma metodologia para manter a produtividade, a qualidade e a segurança a níveis elevados*”.

O trabalho standard é a melhor forma, a mais eficiente, segura e prática de fazer um trabalho. Consiste num processo de documentação e padronização de todas as tarefas, resultando em procedimentos de trabalho que são usados em todos os momentos, em todos os turnos e por todos os operadores. Além disso é um método que permite verificar facilmente a ocorrência de desvios, na medida em que os operadores sabem exatamente o que têm de fazer, quando fazer e em quanto tempo fazê-lo, reduzindo conseqüentemente a variabilidade que possa existir nos processos (Ortiz, 2006).

e) Melhoria Contínua (*Kaizen*)

Segundo Black & Hunter (2003) *kaizen* consiste na procura constante de formas que melhorem a situação atual.

O primeiro passo no processo de melhoria contínua é estabelecer o ciclo *plan-do-check-act* (PDCA), um dos conceitos mais importantes do processo *kaizen* (Imai, 2012).

O conceito subjacente ao PDCA é o ciclo de *Deming* – uma roda que gira continuamente, para sublinhar a necessidade de interação constante (envolvimento) de todos os colaboradores, de modo a introduzir continuamente melhorias no produto com vista a aumentar a satisfação dos clientes (Bosch, 2005a).

A figura 2.19 Ilustra os passos de um ciclo PDCA.

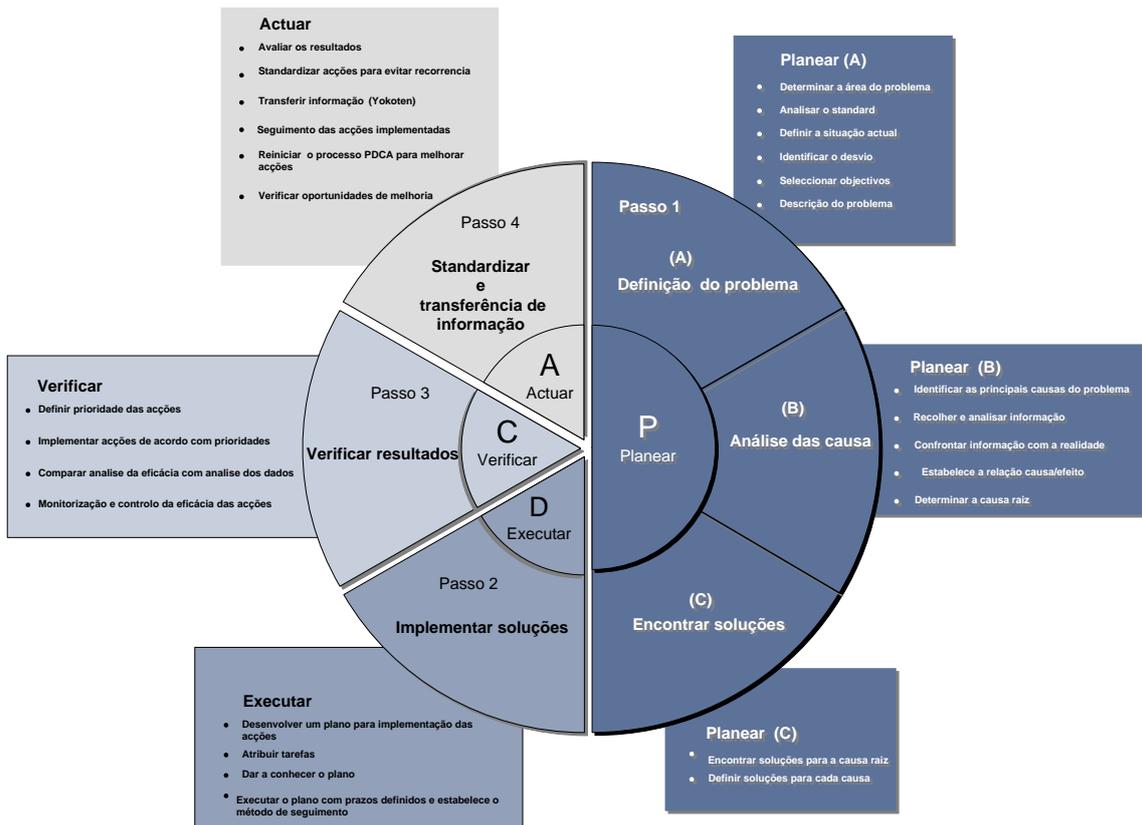


Figura 2.19 – Ciclo PDCA (Bosch, 2005a)

Segundo Imai (2012):

- P (Plan) refere-se ao estabelecimento de uma meta de melhoria e elaboração de planos de ação para alcançar essa meta;
- D (Do) refere-se à implementação dos planos;
- C (Check) refere-se à análise dos resultados obtidos na implementação dos planos, isto é, verifica-se se a melhoria planeada provocou os efeitos desejados;
- A (Act) refere-se à realização e padronização de novos procedimentos para prevenir a recorrência do problema original ou então para definir metas para uma nova melhoria.

f) 5 S

Segundo Rubrich & Watson (2000, p. 59), “os 5S são a chave para a organização e limpeza do local de trabalho”. Os mesmos autores dizem que este conceito produz um ambiente de trabalho mais organizado, limpo e seguro, um aumento da qualidade e produtividade e também uma redução do espaço necessário.

Os 5S são palavras japonesas cunhadas pela Toyota e que significam:

1. **Seiri** (Triagem): eliminação dos itens desnecessários;
2. **Seiton** (Arrumação): organização dos itens necessários com marcas e indicações claras;
3. **Seiso** (Limpeza): limpar e manter limpa a área que está a ser alvo da aplicação dos 5S;
4. **Seiketsu** (Estandarização): manter a ordem e a limpeza através de planos com registos;
5. **Shitsuke** (Disciplina): manter as regras e regulamentos de organização e limpeza do espaço (Feld, 2001; Bosch, 2010a).

A figura 2.20 mostra um exemplo da aplicação dos 5S num posto de trabalho.

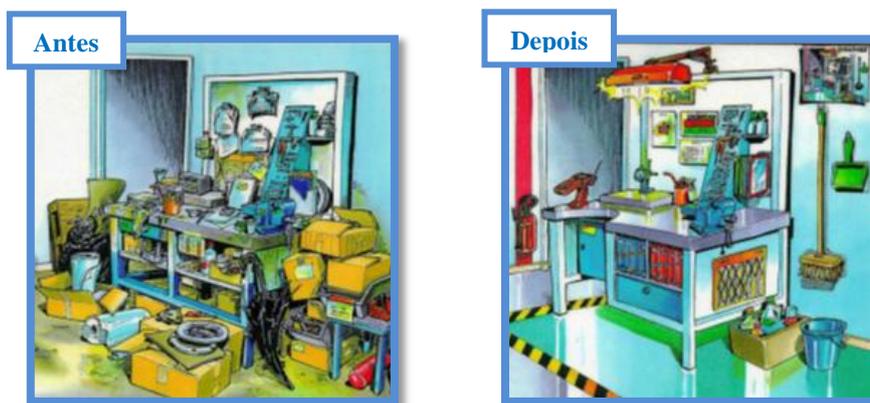


Figura 2.20 – Aplicação dos 5S (ProfitAbility Engineers, 2006)

g) Gestão Visual

A gestão visual serve para identificar desvios (Takeda, 2006) e é formada por um conjunto de técnicas que:

- a) expõe os desperdícios para que se possa eliminá-los e evitar que se repitam no futuro;
- b) cria *standards* conhecidos por todos os colaboradores para que possam facilmente segui-los;
- c) e melhora a eficiência no local de trabalho através da organização.

A aplicação destas técnicas envolve três passos:

1. organização do local de trabalho recorrendo ao método 5S;
2. assegurar que os *standards de trabalho* e informações relacionadas são exibidas no local de trabalho;
3. controlar todos os processos de trabalho (MacInnes, 2002).

h) SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*)

SMED é uma ferramenta lean cujos objetivos são: reduzir o tempo de *setup*, simplificar os procedimentos de *setup*, eliminar sucata e retrabalho e reduzir tempos de inspeção (Black & Hunter, 2003).

Reduzir *setup* é muito importante em qualquer sistema de produção *lean* devido ao aumento da sua flexibilidade. O processo tem três passos básicos (Feld, 2001):

- 1.º Identificar todas as atividades do processo de *setup*;
- 2.º Categorizar as atividades em *setup interno* (atividades que têm de ser feitas quando o equipamento está desligado) ou *setup externo* (atividades que podem ser executadas com o equipamento em funcionamento), como mostra a figura 2.21;

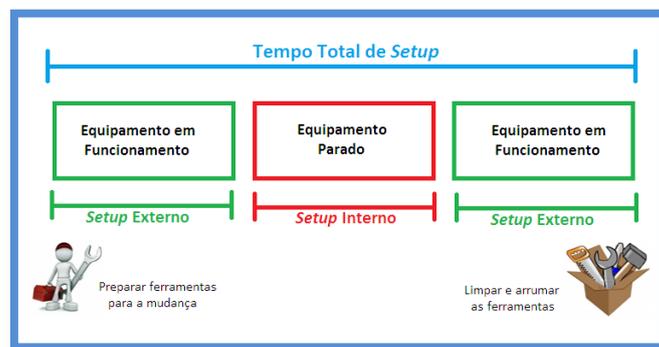


Figura 2.21 – Setup Externo vs Setup Interno (adaptado de (Feld, 2001))

3.º Recategorizar atividades, mudando atividades de *setup interno* para atividades de *setup externo* (Feld, 2001).

i) Value Stream Mapping (VSM)

O *value stream*, exemplificado na figura 2.22, consiste no conjunto de ações (quer com ou sem valor acrescentado) necessárias para fazer um produto. É uma ferramenta que ajuda a ver e compreender o fluxo de material e informação de um produto, pois permite ver o seu fluxo de valor (Rother & Shook, 1999).

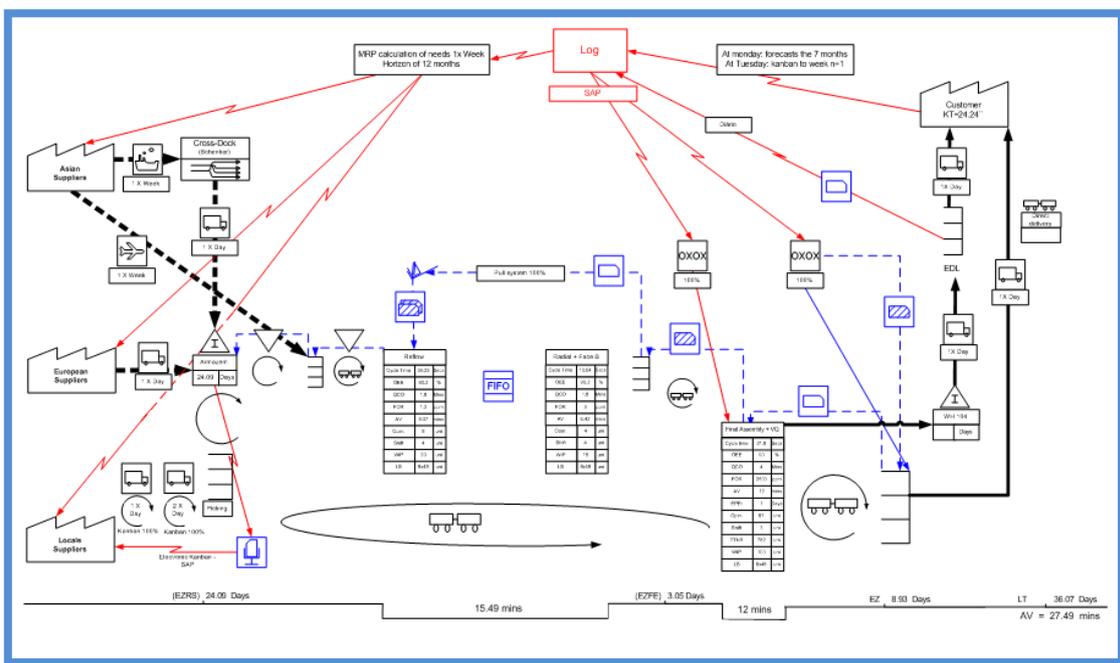


Figura 2.22 – Exemplo de um *value stream* (Bosch, 2009b)

Mapear o fluxo de valor (*value stream mapping*) de um produto consiste em seguir o seu caminho de produção, desde o cliente ao fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação (Rother & Shook, 1999).

2.2.5. Implementação do Lean Production

Segundo Monden (1983) citado por Maia, Alves, & Leão (2011), são necessários quatro passos para implementar o *Lean*:

1. Envolver a gestão de topo (para orientar e fornecer os recursos necessários);
2. Formar a equipa de projeto (com gestores de secção, departamento e operação);
3. Introduzir um projeto-piloto;
4. Estabelecer círculos de controlo de qualidade (*Quality Control Circles*) para envolver os operadores.

Estes passos preparam a empresa para a implementação do *Lean*, o qual requer a aplicação de ferramentas, técnicas e mudanças organizacionais.

a) Benefícios e Dificuldades

De acordo com Melton (2005), os principais benefícios por seguir uma filosofia *Lean* são os apresentados na figura 2.23:



Figura 2.23 – Principais benefícios da abordagem *lean* (Melton, 2005)

Existem bons exemplos de empresas que adotaram a filosofia de produção *lean* e alcançaram elevados índices de eficiência e competitividade mas, embora estes benefícios sejam conhecidos existem ainda outras empresas onde a *necessidade de mudança* não é convincente. Existem forças que suportam o *lean* e forças que resistem a ele, como mostra a figura 2.24 mas, pode ser demonstrado que as forças que suportam a aplicação da produção *lean* são maiores que aquelas que resistem (Melton, 2005).

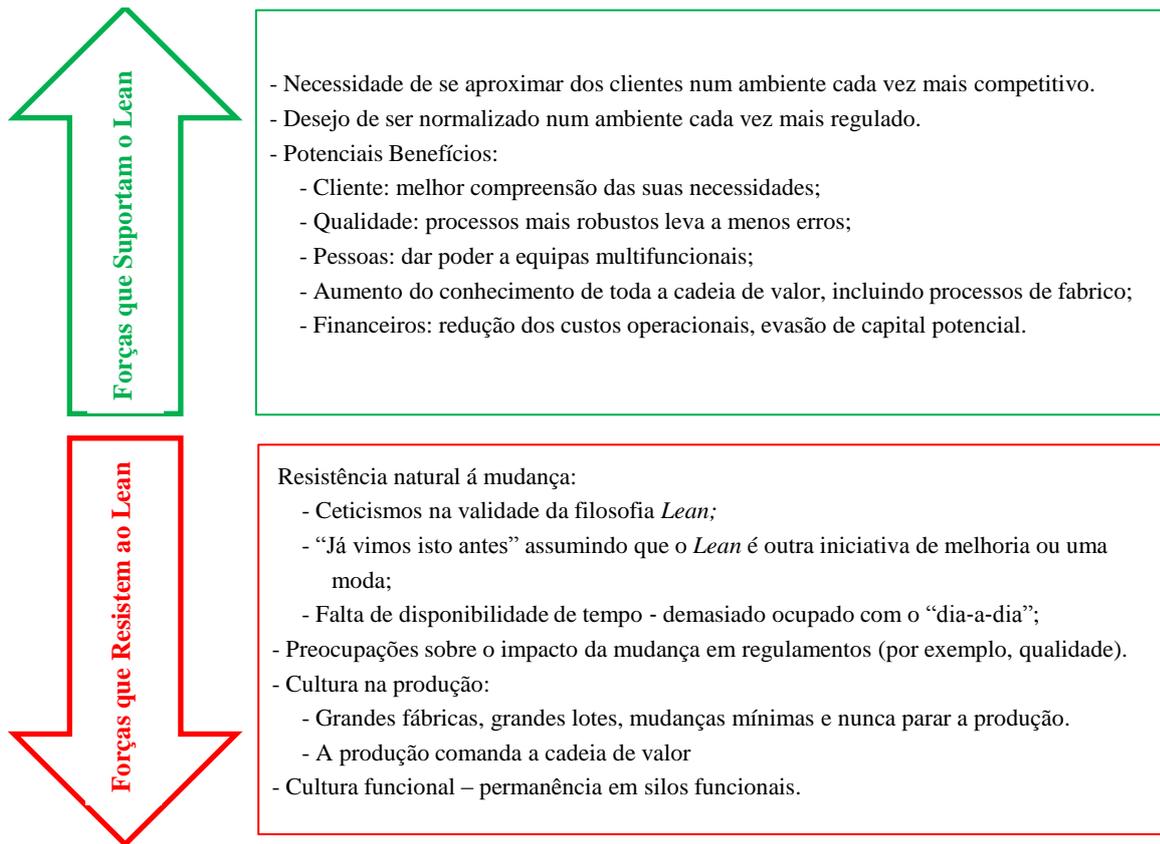


Figura 2.24 – Forças que suportam e resistem ao *lean* (Melton, 2005)

2.3. Sistemas de Controlo e Planeamento da Produção

Os sistemas de controlo e planeamento da produção são frequentemente classificados em dois grandes tipos – *pull system* e *push system* (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999) embora, vários estudos tenham vindo a propôr combinar estes dois sistemas de produção numa estratégia de produção combinada (Lyonnet & Toscano, 2012), designada por *push-pull system* ou *hibrid system*.

Passa-se em seguida a apresentar o funcionamento de cada um deles embora a maior ênfase seja dada ao *pull system* por ser um dos objetos de estudo desta dissertação.

2.3.1. Pull System

Segundo Black & Hunter (2003), a característica mais importante do Sistema de Produção Toyota (TPS) é a forma de ligar todas as atividades de produção à procura real, isto

é, tudo o que acontece no sistema produtivo acontece apenas para cumprir as necessidades do cliente. O sistema funciona desta forma porque é um sistema puxado (*pull system*).

Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson (1999) dizem que os processos produtivos num sistema puxado são acionados pelo consumo do cliente. Quando o cliente retira material, a produção é ativada para repor esse material, como se pode ver pela figura 2.25. É este o princípio do *pull system* (Liker, 2004).

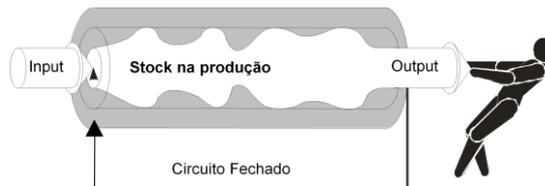


Figura 2.25 – Fluxo de material num sistema de produção puxada (Bosch, 2006)

Repor o que foi retirado pelo cliente é a forma como a maioria dos supermercados funcionam. Na verdade, os supermercados são armazéns que operam de forma particular. Existe uma quantidade muito específica de stock mantida nas prateleiras dos supermercados com base em compras efetuadas no passado e previsões de compras futuras. O que os clientes fazem é retirar o que precisam das prateleiras e periodicamente o funcionário do supermercado verifica o que foi retirado e reabastece (Liker, 2004).

a) Funcionamento do Supermercado no Sistema Puxado

Com o compromisso entre o fluxo peça-a-peça e o sistema puxado, Ohno decidiu criar pequenas lojas (designadas por supermercados) de peças entre processos, como se pode ver pela figura 2.26, com o objetivo de controlar o stock (Liker, 2004).

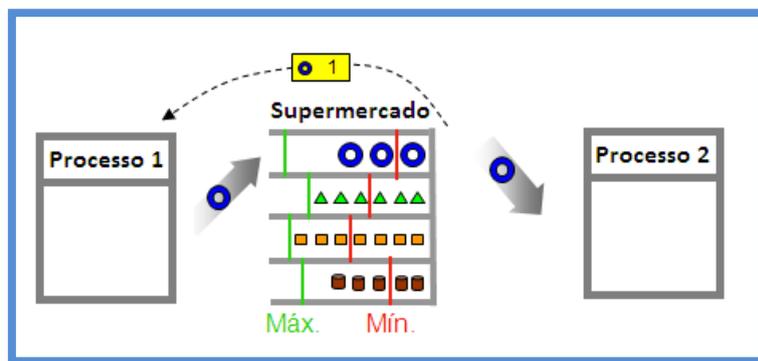


Figura 2.26 – Funcionamento de um supermercado no sistema puxado (Bosch, 2006)

Se o cliente (processo 2) retirar peças do supermercado, essas peças são processadas no fornecedor (processo 1) e repostas no supermercado. Caso o cliente não retire nenhum item do supermercado, nada é processado e conseqüentemente nada é armazenado neste tipo de stock. Desta forma não se produz mais do que a capacidade do supermercado, não havendo deste modo *sobreprodução* (Liker, 2004).

❖ Características de um Supermercado

Um supermercado deve reunir as seguintes características:

- Permitir a remoção manual;
- Permitir a visibilidade do stock;
- Ter rampas/canais organizados por referência;
- Ter stocks mínimos e máximos calculados;
- Respeitar o princípio FIFO (*first-in first-out*) em cada rampa/canal;
- A responsabilidade é do fornecedor;
- Abastecer e remover utilizando kanbans;
- Identificação clara de cada rampa/canal;
- Organização compreensível;
- Acesso fácil para carregar/descarregar (Bosch, 2006).

b) Utilização de Kanbans no Sistema Puxado

Para que seja possível enviar ordens de produção para o processo a montante de modo que ele produza determinados materiais e em determinadas quantidades, para reabastecer o supermercado (porque o processo a jusante consumiu peças de lá) são usados *kanbans* (cartões e caixas ou carrinhos vazios) (Liker, 2004).

Kanban é uma ferramenta utilizada para a obtenção de um sistema de produção sincronizado (Takeda, 2006) e é uma palavra japonesa que significa *signal* segundo Rubrich & Watson (2000) ou *cartão* segundo (Dailey, 2003) – ou seja, é um *cartão signal*.

A imagem 2.27 ilustra o funcionamento de um sistema kanban, ou seja, o cliente retira uma peça do supermercado, levando um *kanban* de movimentação/transporte (azul) e imediatamente é enviado para o fornecedor um kanban de produção (amarelo) da peça retirada. Quando o fornecedor recebe este kanban sabe exatamente o que tem de produzir para reabastecer o supermercado (adaptado de (Liker, 2004)).

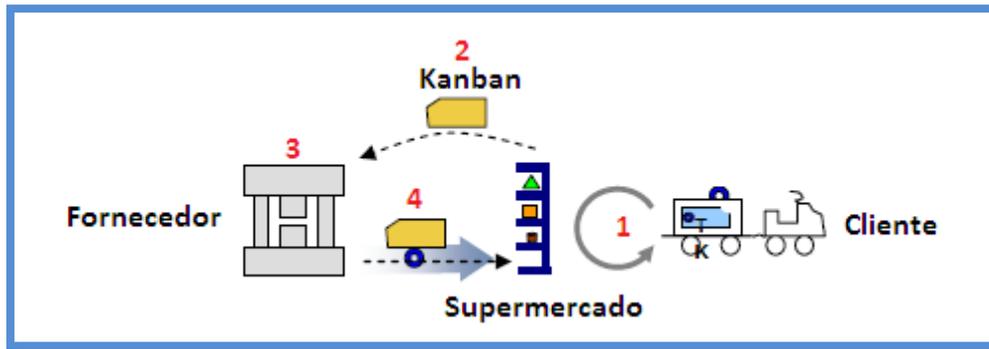


Figura 2.27 – Sistemática Kanban (Bosch, 2011a)

Na verdade, o sistema kanban é uma ferramenta de controlo da produção que permite aos operadores de uma empresa gerirem o seu próprio trabalho de uma forma autónoma (Black & Hunter, 2003).

O fluxo apresentado na figura 2.27 representa uma situação ideal, ou seja:

- O cliente faz levantamentos periódicos no seu *takt time* (TT);
- Os kanbans fluem diretamente para os seus fornecedores;
- O fornecedor é capaz de reabastecer o cliente com tamanho de lote igual a 1 (Bosch, 2011a).

Em casos reais de sistemas kanban:

- O cliente faz levantamento de materiais que se afastam do seu *takt time* (devido a flutuações);
- Os kanbans são transportados periodicamente do supermercado para o fornecedor;
- A produção deve ser efetuada em lotes superiores a 1 (Bosch, 2011a).

Para compensar estas situações, são utilizados elementos adicionais ao sistema kanban:

- Caixa kanban (*kanban mailbox*) – caixa onde os kanbans são colocados, após o material ter sido retirado do supermercado, até posterior transporte;
- Caixa de construção de lote – local onde os kanbans são armazenados até que o lote esteja completo;
- Rampa de produção (*production chute*) – fila FIFO para lotes completos antes da produção (Bosch, 2011a).

Quando um sistema produtivo tem restrições de capacidade, a produção só é possível com tamanhos de lotes definidos. Os kanbans são libertados (para a *kanban mailbox*) após o consumo de material do supermercado por parte do cliente e posteriormente colocados numa

caixa de construção de lote. Quando o lote estiver completo, a sua caixa é colocada numa rampa de produção que representa uma rampa de FIFO para ordens de produção (Bosch, 2011a).

A figura 2.28 ilustra um sistema kanban comum.

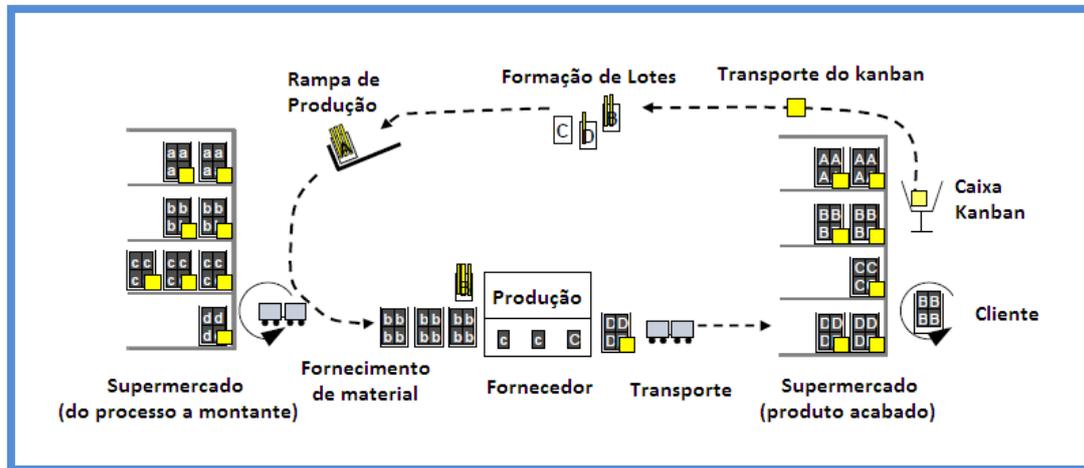


Figura 2.28 – Sistema kanban (puxado) tradicional (adaptado de (Bosch, 2011a))

▪ Funções dos Kanbans

São três as principais funções dos kanbans num sistema de produção puxado:

1. Ordens de trabalho – transfere automaticamente a informação do que deve ser produzido ou transportado e em que quantidades;
2. Gestão de materiais – todas as peças são mencionadas nos kanbans, juntamente com o fluxo de material;
3. Ferramenta para melhoria contínua (kaizen) – identificam-se pontos de melhoria através da fácil gestão visual que este sistema confere (Takeda, 2006).

▪ Pré-Requisitos para a Introdução de Kanbans

Segundo Takeda (2006), quando os princípios básicos e as funções dos kanbans são compreendidos, os seguintes sete pré-requisitos devem ser cumpridos:

1. Definição dos fluxos produtivos;
2. Redução do tamanho de lote e tempo de setup;
3. Nivelamento da produção;

4. Encurtar e uniformizar os ciclos de transportes;
5. Produção contínua;
6. Definir localizações (a identificação clara da localização deve ser possível com apenas um pouco de informação no kanban);
7. Determinar o tipo de embalagem e caixa (Takeda, 2006).

▪ **Regras Para a Utilização de Kanbans**

O cumprimento de determinadas regras quando se utiliza o sistema kanban é de extrema importância pois, se os kanbans forem utilizados de forma incorreta podem tornar-se um obstáculo (Takeda, 2006). As principais regras são nove:

1. Cada *container* deve ter um cartão kanban;
2. Quando o *container* é retirado do supermercado, o kanban é inserido numa caixa correio (*mailbox*) para esse efeito;
3. O processo a jusante puxa material do processo a montante;
4. A produção ocorre na sequência em que o processo a jusante puxa;
5. Só é produzida a quantidade que o processo a jusante puxa;
6. O processo a montante é informado (para produzir) quando surge uma falta de material no supermercado;
7. Os cartões kanban são produzidos e geridos pelo departamento em que eles são usados;
8. Os kanbans têm de ser tratados com cuidado, tal como se fossem dinheiro;
9. Peças defeituosas nunca devem passar para o processo a jusante (Takeda, 2006).

c) Pacemaker

A utilização de supermercado no sistema puxado, normalmente implica que se controle apenas um ponto do fluxo produtivo. Esse ponto é chamado *processo pacemaker*, uma vez que o controlo deste processo define o ritmo de produção de todos os outros processos a montante, de acordo com o *takt time* definido. De notar que o processamento dos produtos precisa de ocorrer como um fluxo e por isso, o *processo pacemaker* escolhido

frequentemente, é o mais a jusante quando o fluxo contínuo não existe (Rother & Shook, 1999).

A figura 2.29 ilustra o processo *pacemaker* em duas situações diferentes.

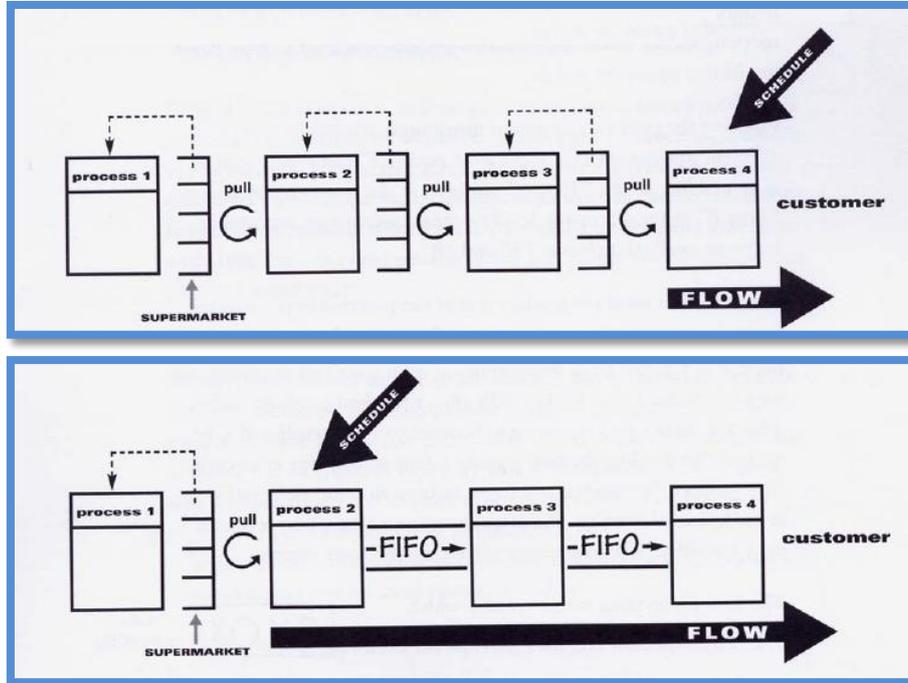


Figura 2.29 – Seleção do Processo Pacemaker (Rother & Shook, 1999)

▪ Nivelamento do Pacemaker

O objetivo do nivelamento do *pacemaker* é dissociar o fluxo de informação do sinal original de procura do cliente e transformá-lo num sinal de procura estável e corretamente estruturado. Esta procura nivelada é a base para a standardização de processos indiretos e a montante.

Quanto melhor for o desempenho do nivelamento, menor será a necessidade de fazer investimentos excessivos em máquinas e equipamentos. Além disso, haverá uma maior utilização dos processos e de inventários menores, através da redução do tamanho dos lotes (Bosch, 2010e).

d) Decoupling

O *decoupling* (figura 2.30) corresponde ao desacoplamento das flutuações do produto (Bosch, 2011c).

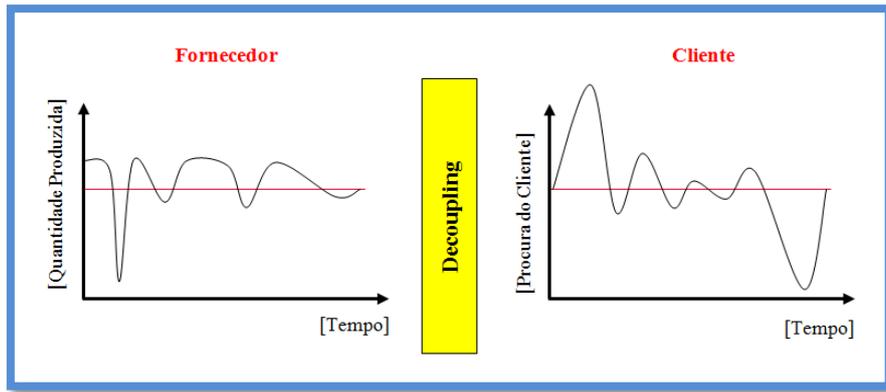


Figura 2.30 – Decoupling (adaptado de (Bosch, 2011c))

▪ Tipos de Decoupling

Segundo Bosch (2011c) um *decoupling* pode ser de quatro tipos:

- a) Via Fluxo de Material:
 - FIFO Lane;
 - Supermercado.
- b) Via Fluxo de Informação:
 - Formação de lote;
 - Nivelamento.
- c) Via Capacidade:
 - Aumento ou Redução de Mão-de-Obra.
- d) Via Tempo:
 - Horas extra;
 - Dissociação de turnos.

2.3.2. Push System

Segundo Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson (1999), num sistema empurrado (*push system*) o fluxo de informação acontece na mesma direção do fluxo de material.

O pedido pode derivar diretamente do cliente, de um planeamento com os pedidos do cliente ou de um planeamento com base na previsão da procura mas, qualquer um destes tipos de pedidos são enfileirados no primeiro processo necessário ao tipo de produto em questão (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999) e posteriormente são empurrados de processo para processo até saírem do sistema, como mostra a figura 2.31.



Figura 2.31 – Fluxo de material num sistema de produção puxado (Bosch, 2006)

A ordem de produção num sistema empurrado, é geralmente extraída de um sistema MRP (*Material Requirement Planning*) onde cada processo é controlado individualmente como ilustra a figura 2.32.

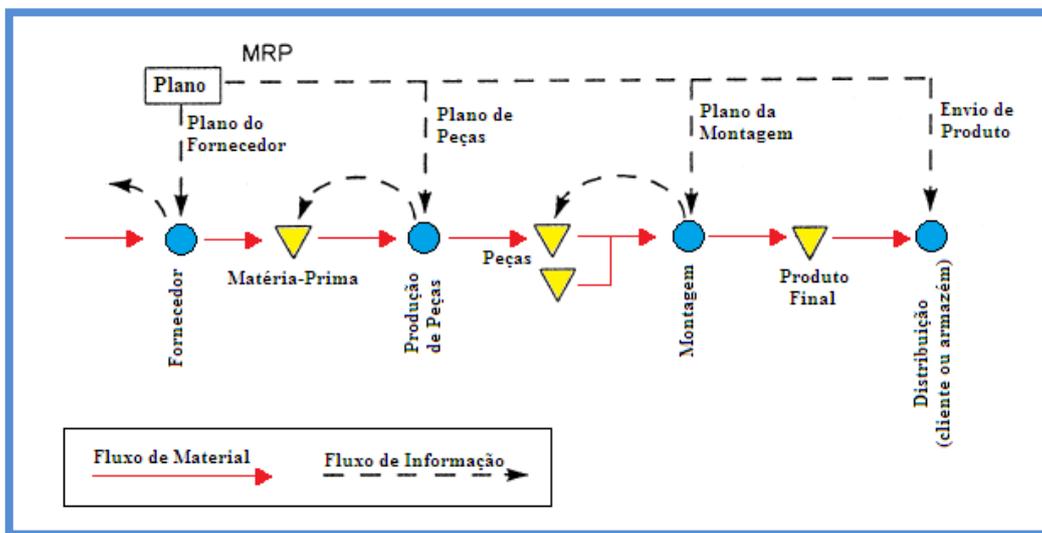


Figura 2.32 – Fluxo de informação e material num sistema empurrado (adaptado de (Bonney, Zhang, Head, Tien, & Barson, 1999))

2.3.3. Push-Pull System

Em muitas situações de produção, quer o sistema puxado quer o sistema empurrado não podem ser utilizados (Karmarkar, 1991) e segundo Bonney, Zhang, Head, Tien, &

Barson (1999), já foi verificado que muitos sistemas de controlo de produção são híbridos, isto é, uma mistura entre o *pull* e o *push system*.

Um estudo realizado por Taylor em 1999 mostrou que para o mesmo sistema produtivo, o *push-pull system* teve o menor nível de WIP enquanto que o *push system* teve o maior nível de WIP e o *pull system* uma quantidade intermédia de WIP. Do estudo concluiu-se que a implementação de um sistema híbrido permitirá às empresas movimentar stock de forma eficaz, reduzir o WIP, aumentar o *cash flow*, ganhar um maior retorno sobre o investimento, ter um maior lucro e tornarem-se altamente competitivas no mercado (Cheraghi, Dadashzadeh, & Soppin, 2008).

O *push-pull system* combina a produção empurrada de processo para processo com a produção puxada, onde o processo a jusante é quem dita o ritmo de produção do(s) processo(s) a montante.

2.3.4. Push System vs Pull System

Segundo Spearman & Hopp (1996) mencionado por Cheraghi, Dadashzadeh, & Soppin (2008), os sistemas puxados podem atingir o mesmo *output* que os sistemas empurrados mas, com uma quantidade de WIP média menor.

Spearman, Woodruff, & Hopp (1990) e Spearman & Hopp (1996) identificaram três razões para optar por sistemas puxados ao invés de sistemas empurrados: (1) observabilidade, (2) eficiência e (3) robustez. No sistema puxado, além da quantidade de WIP ser menor que no sistema empurrado, este sistema produtivo também não é tão sensível aos erros do nível de WIP (Cheraghi, Dadashzadeh, & Soppin, 2008).

A figura 2.33 ilustra o nível médio de WIP e respetiva flutuação ao longo do tempo, dos sistemas puxado e empurrado.

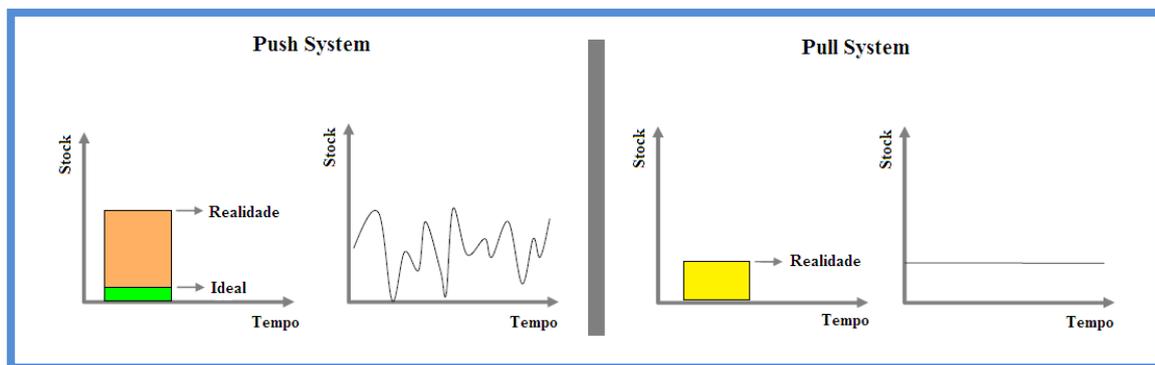


Figura 2.33 – Nível de WIP nos sistemas puxado e empurrado (adaptado de (Bosch, 2010f))

No **sistema empurrado** o pedido é iniciado através de vários níveis de planeamento, com prazo e quantidades definidas e onde o *input-output* estão desacoplados, como mostra a figura 2.34 (Bosch, 2006).

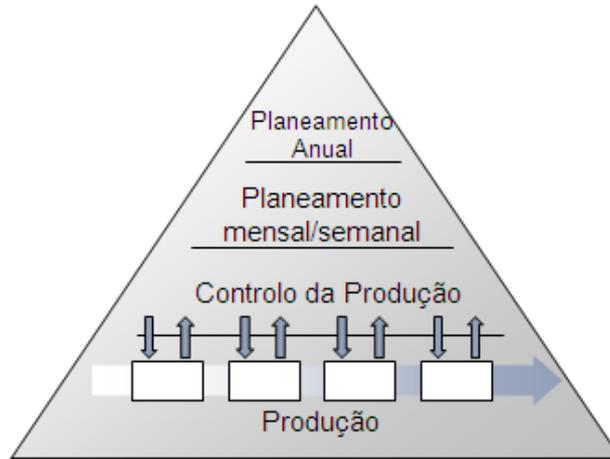


Figura 2.34 – Produção no sistema empurrado (Bosch, 2006)

Por outro lado, no **sistema puxado** a procura do cliente ativa o pedido, sem prazos e quantidades definidas e onde o *input-output* estão acoplados, como mostra a figura 2.35 (Bosch, 2006).

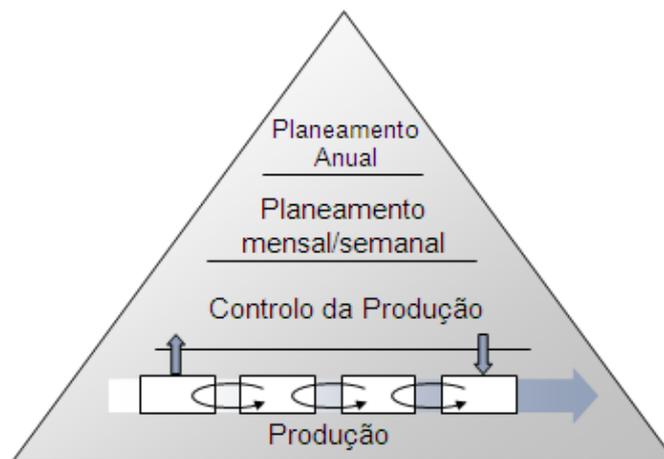


Figura 2.35 – Gestão da produção no sistema puxado (Bosch, 2006)

2.4. CONWIP, FIFO LANE e POLCA

A opção por CONWIP, FIFO Lane ou POLCA pode ser a solução em muitos sistemas produtivos. Passa-se em seguida a explicar cada um deles.

2.4.1. CONWIP

O termo *CONWIP* (*CON*stant *W*ork *I*n *P*rocess) foi introduzido pelos autores *Hopp*, *Spearman* e *Woodruff* no artigo escrito por eles em 1990 com o título “*CONWIP – A Pull Alternative to Kanban*” (Bell, 2006).

O sistema CONWIP é uma alternativa ao sistema kanban. Neste sistema, um pedido só é emitido para o primeiro processo quando o produto tiver sido consumido pelo cliente. As outras etapas do processamento são iniciadas quando for possível (Takahashi, Myreshka, & Hirotani, 2005).

O CONWIP pode ser utilizado para controlar o WIP dentro de uma célula, entre processos ou mesmo dentro de uma cadeia de valor inteira, dado que as entradas de stock são estritamente controladas pela velocidade de saída (Bell, 2006).

Pressupõe-se que as peças, no sistema CONWIP, sejam movimentadas em *containers* com aproximadamente a mesma quantidade de trabalho.

Este sistema é uma forma generalizada do *Kanban*, pois tal como o *kanban* o CONWIP baseia-se em sinais (Spearman, Woodruff, & Hopp, 1990).

No exemplo ilustrado na figura 2.36, o WIP é limitado a 12 unidades (CONWIP=12): 10 estão em processo e 2 que acabam de sair dão autorização para que sejam repostas.

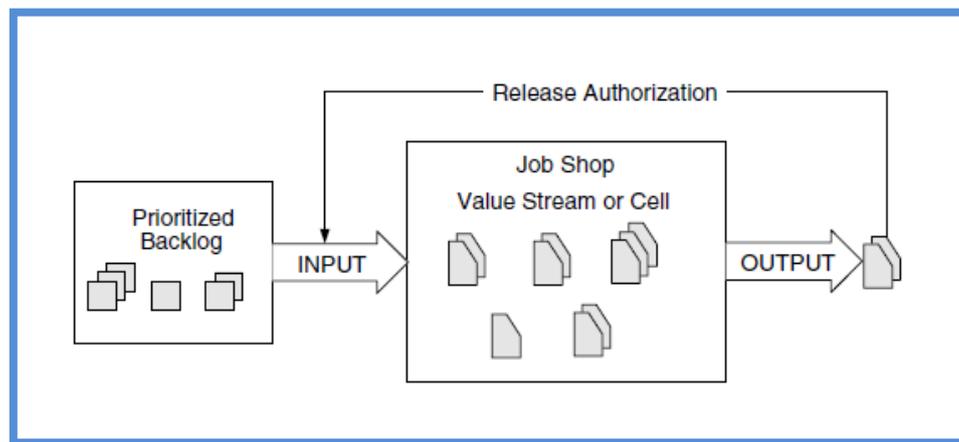


Figura 2.36 – CONWIP (Bell, 2006)

O funcionamento geral do CONWIP passa pela definição de uma quantidade de stock máxima num dado sistema que, nunca pode ser ultrapassada. Quando o WIP dentro do sistema atinge a sua quantidade máxima, os processos a montante devem deixar de produzir;

quando o nível de WIP baixa dá sinal aos processos fornecedores que podem produzir em determinada quantidade.

O CONWIP oferece vantagens substanciais, apesar da simplicidade de aplicação - embora o grau de simplicidade, dependa da natureza do meio e do número de fluxos produtivos diferentes que estão envolvidos.

O *CONstant Work In Process* não só identifica gargalos, como melhora a confiabilidade do processo, auxilia na detecção precoce de problemas de qualidade, resulta em menos confusão e reduz o tempo de espera (Bell, 2006).

2.4.2. FIFO Lane

O *pull system* é uma boa forma de controlar a produção entre os processos que não podem ser ligados de forma a obter-se um fluxo contínuo. Mas, por vezes este sistema produtivo não é viável na medida em que não é praticável armazenar no supermercado todos os tipos de produtos. Exemplos desta situação incluem a produção de peças personalizadas (onde cada peça produzida é única), peças com vida útil curta e peças caras que são utilizadas com pouca frequência. A alternativa para estes casos, poderá passar pela utilização de uma FIFO Lane entre dois processos, mantendo-se o fluxo entre eles (Rother & Shook, 1999).

A figura 2.37 ilustra um exemplo da utilização de uma FIFO lane.

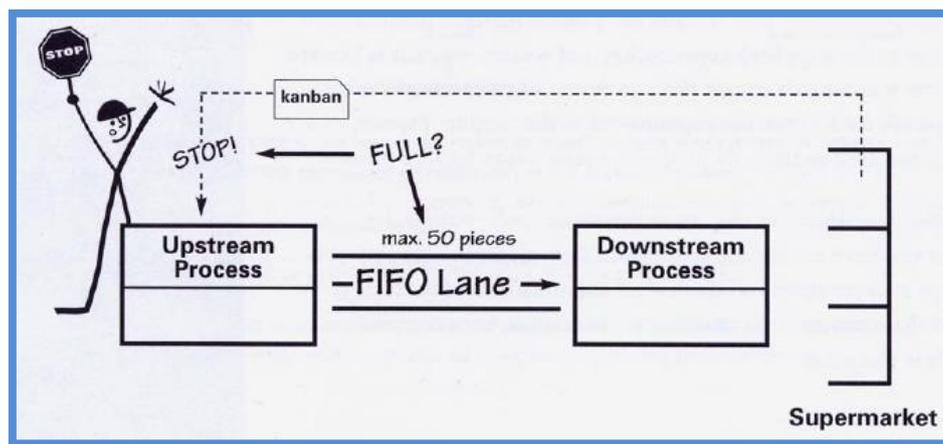


Figura 2.37 – Exemplo da utilização de um FIFO Lane (Rother & Shook, 1999)

A FIFO Lane pode ser vista como uma rampa de stock limitada a uma certa quantidade, abastecida por um processo fornecedor e consumida por um processo cliente. A

ordem com que a FIFO Lane é consumida é a mesma ordem com que é abastecida (*first in first out*) (Rother & Shook, 1999).

Segundo Chaneski (2004) a FIFO Lane regula e gere o fluxo produtivo entre dois processos e permite controlar o WIP na medida em que quando o stock máximo da linha de FIFO é atingido, o seu processo fornecedor deixa de produzir e só retoma a produção quando a FIFO Lane o autorizar, isto é, quando houver espaço para nela serem colocados produtos.

▪ **Regras para a Implementação de uma FIFO Lane**

Para implementar uma FIFO Lane, em primeiro lugar é necessário que os processos sejam estáveis. Se a estabilidade do processo é muito baixa, o *output* dos processos é imprevisível, resultando na necessidade de uma grande margem de segurança (muito stock).

Em segundo lugar, os processos têm de trabalhar de uma forma similar, isto significa que o OEE, o tempo de ciclo, o tempo de trabalho e os produtos devem ser mais ou menos idênticos. Se este não for o caso, a relação 1:1 que se tenta estabelecer com a FIFO Lane não vai funcionar.

Para além destes pontos, deve ter-se também em atenção a distância física entre os processos – quanto mais afastados estiverem os processos, mais difícil será de controlar a FIFO Lane (Bosch, 2008b).

2.4.3. POLCA

POLCA é um acrónimo de *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Autorization* (Riezebos, 2010) e foi introduzido por Suri em 1998 como sendo um componente estratégico de uma grande empresa com uma ampla abordagem à redução do *lead time* – a QRM (*Quick Response Manufacturing*) (Suri & Krishnamurthy, 2003).

Segundo Riezebos (2010) POLCA regula e gere o fluxo de trabalho entre células dessincronizadas. Esta falta ou insuficiência de sincronismo leva à existência de tempos de espera entre células que, resultam na não produção de artigos que poderiam ser processados caso as esperas não existissem.

O objetivo do POLCA consiste no aumento da velocidade de transferência de trabalho entre células bem como na redução dos desequilíbrios existentes entre elas (Riezebos, 2010).

Para tal, são utilizados cartões *polca* que controlam o movimento de material entre as células (e não no interior das células) (Turner, Giles, Albores, & Mitchell, 2006).

Os cartões *polca* não são específicos de um produto. Estes cartões são atribuídos a pares de células e aplicam-se a todos os produtos que vão da primeira à segunda célula, do par. Ao contrário dos cartões *kanban* que dão sinais para reposição de stock, os cartões *polca* dão sinais de capacidade, isto é, o regresso de um cartão *polca* da célula a jusante dá sinal que esta célula tem capacidade para processar mais trabalho (Turner, Giles, Albores, & Mitchell, 2006).

O POLCA é um sistema de produção híbrido (*push-pull system*) que combina as melhores características dos sistemas empurrados e puxados (Suri & Krishnamurthy, 2003) e está projetado para empresas que trabalham *make-to-order* ou *engineer-to-order*, ou seja empresas que têm de lidar com uma grande variedade de produtos (Riezebos, 2010).

- **Exemplo CFP Corporation**

Para melhor se perceber o funcionamento de um sistema POLCA, passa-se em seguida a apresentar um exemplo.

Considere-se uma empresa chamada *CFP Corporation*, que faz placas personalizadas para identificação de aparelhos de pequena e grande dimensão.

As placas são feitas em materiais e tamanhos diferentes e contêm informações impressas juntamente com características como buracos e ranhuras para ajudar na sua montagem.

A estratégia competitiva desta empresa passa por ir atrás de clientes inseridos em mercados especializados e que necessitam de pequenos lotes de placas, com uma rápida resposta de entrega. Para que a CFP conseguisse alcançar uma rápida resposta teria de se reorganizar, isto é, criar células que se concentrem em subconjuntos do processo de produção de peças semelhantes, como ilustra a figura 2.38.

As encomendas podem ter exigências muito diferentes nas células. Por exemplo, uma encomenda de grandes placas com muitos buracos pode demorar muito tempo na furação e pouco tempo no corte - ambos os processos na célula F3, enquanto que uma encomenda de placas pequenas com poucos buracos demora menos tempo na furação e mais tempo no corte. Isto significa que o encaminhamento dos produtos dentro de cada célula também pode diferir dependendo da encomenda.

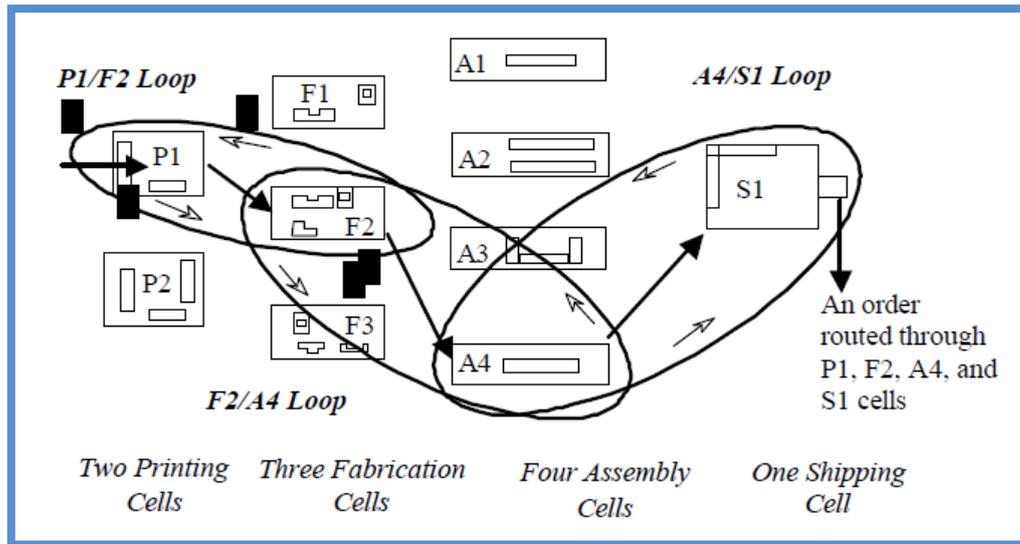


Figura 2.38 – Exemplo de um fluxo dos cartões *polca* (Suri & Krishnamurthy, 2003)

No sistema POLCA o fluxo das ordens de produção entre as diferentes células é controlado por meio de autorizações dadas pela libertação de cartões *polca*. Essas autorizações de produção são geradas pela disponibilidade de um cartão *polca*, ou seja as células só produzem se tiverem algum cartão *polca* disponível uma vez que o uso de cartões *polca* permite controlar o movimento de material entre células. A ordem de produção em cada célula é ditada por um sistema semelhante ao MRP utilizado no sistema empurrado.

Como se pode ver na figura 2.38, há um produto que é encaminhado a partir de P1 para F2, de F2 para A4 e de A4 para S1. No início o cartão P1/F2 é anexado a um trabalho que entra na célula P1 e posteriormente passa para F2. Quando o trabalho em F2 estiver completo e passar para a célula A4, o cartão P1/F2 é devolvido a P1 e uma vez que este cartão fica disponível permite uma nova produção em P1.

Dado que a maioria das células vão pertencer a mais do que um par de células haverão múltiplos cartões *polca* que se sobreporão em cada célula (Suri & Krishnamurthy, 2003).

3. APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

3.1. Grupo Bosch

3.2. Bosch Car Multimédia, S.A.

3.3. *Bosch Production System (BPS)*

3. APRESENTAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

Nesta terceira parte do relatório será efetuada uma apresentação da empresa onde foi desenvolvida a dissertação - *Bosch Car Multimédia S.A.*

3.1. Grupo Bosch

3.1.1. História

Robert Bosch (figura 3.1) com apenas 25 anos fundou a 15 de novembro de 1886 em Estugarda, na Alemanha, o seu primeiro negócio ao qual designou por “*Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica*” (Bosch, 2009c; Bosch, 2011b).

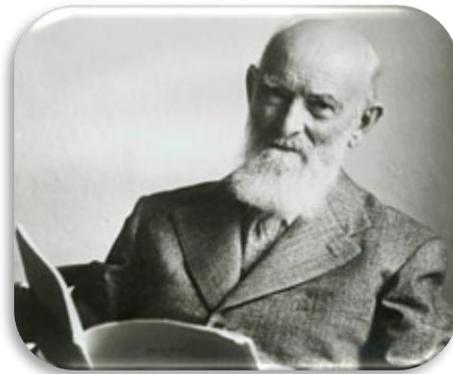


Figura 3.1 – Robert Bosch: 1861-1942 (Robert Bosch Stiftung, 2013)

A atividade da empresa de Robert Bosch dedicava-se à construção e instalação de equipamentos elétricos (já existentes) de todo o tipo. Mas, Bosch examinava com grande detalhe os equipamentos que lhe encomendavam, fazendo deles os seus próprios desenhos e melhorando-os.

Em 1887, Bosch produziu o *dispositivo de ignição de magneto de baixa voltagem*, a pedido de um cliente, para um motor de combustão interna e nos anos seguintes este dispositivo veio representar quase 50% das vendas daquele negócio artesanal.

No outono de 1897, a instalação de um dispositivo de ignição de magneto num veículo de três rodas foi o começo do desenvolvimento da empresa como um principal fornecedor da

indústria automóvel e pouco tempo depois a empresa melhorou o projeto deste dispositivo, possibilitando a sua utilização nos motores dos automóveis.

O dispositivo de ignição de magneto fabricado pela empresa era o único dispositivo fiável na condução diária e Bosch o seu único fornecedor (Bosch, 2011b).

A imagem 3.2 ilustra o primeiro sistema de ignição com magneto de baixa voltagem.



Figura 3.2 – Primeiro sistema de ignição com magneto de baixa voltagem (1887) (Bosch, 2011b)

Em 1902, a Bosch desenvolveu uma versão melhorada do dispositivo – *sistema de ignição de magneto de alta voltagem com vela de ignição*, com o objetivo de permitir a sua fácil instalação em praticamente todo o tipo de veículos. Foi neste momento que a Bosch alcançou relevância comercial (Bosch, 2011b).

3.1.2. Produtos

Por volta de 1900 Robert Bosch já comercializava 12 variantes de magnetos para veículos automóveis e em 1901 abriu a sua primeira fábrica com 45 colaboradores.

O facto da empresa depender da comercialização de um único produto tornava o negócio arriscado. Para combater tal risco, em 1912, a gama de produtos fabricados foi ampliada, introduzindo o “*sistema Bosch de iluminação automóvel*”. Esta nova gama de produtos consistia num sistema de iluminação elétrico completo para automóveis, o qual incluía um gerador, faróis, regulador de tensão e bateria

Com a crise ocorrida na indústria automóvel europeia em 1926, foi possível verificar o quão sensível era a Bosch às flutuações neste tipo de indústria e assim constatou-se que a empresa ainda não possuía uma base sólida para assegurar um crescimento consistente. Como

resultado disso, a empresa decidiu alargar-se a outras áreas de negócio e diversificar a sua atividade (Bosch, 2011b).

As áreas de negócios onde a Bosch entrou e diversificou a sua gama de produtos, ao longo dos tempos, são as apresentadas na figura 3.3.



Figura 3.3 – Atividades de negócio a que a Bosch se dedicou (Bosch, 2011b)

3.1.3. Empresas e Divisões

A Bosch, sediada em Schillerhöhe (Estugarda) é uma das maiores empresas da Alemanha. É responsável por 292 empresas subsidiárias e cerca de 280 000 colaboradores em todo o mundo. Além disso, esta empresa é ainda líder mundial no fornecimento de tecnologia, oferecendo produtos e serviços para uso profissional e privado (Bosch, 2009c)

O Grupo Bosch está dividido em 3 áreas distintas:

- a) **Tecnologia Automóvel**, que inclui: sistemas de gasolina, sistema diesel, sistemas de controlo de chassi, sistema de travões de chassi, motores de arranque e alternadores, *car multimédia*, eletrónica automóvel, acessórios e serviços para o automóvel e sistemas de direção.
- b) **Tecnologia Industrial**, que inclui: tecnologia de tração e controlo, tecnologia de embalagem e energia solar.
- c) **Bens de Consumo e Tecnologias de Construção**, que inclui: ferramentas elétricas, termotecnologia, sistemas de segurança e eletrodomésticos (Bosch, 2009c).

Na figura 3.4 pode ver-se a distribuição mundial das empresas pertencentes ao grupo Bosch, identificadas por tipo de divisão.

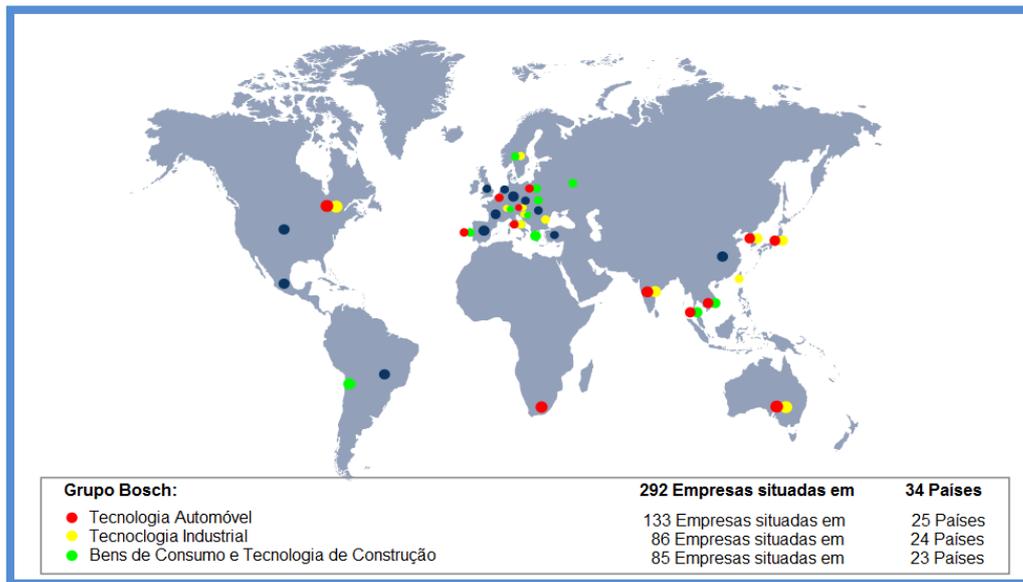


Figura 3.4 – Localização das empresas do grupo Bosch (Bosch, 2010b)

3.1.4. *House of Orientation*

A *house of orientation* é composta pelos seguintes alicerces: visão, missão, valores, competências empresariais e também pelo *Bosch Business System (BBS)* (Bosch, 2005b). Ela

determina como a Bosch vê o seu futuro, os princípios da sua abordagem e as capacidades que tem e que quer explorar para um sucesso continuado (Bosch, 2009c).

A imagem 3.5 ilustra a *house of orientation* da Bosch.

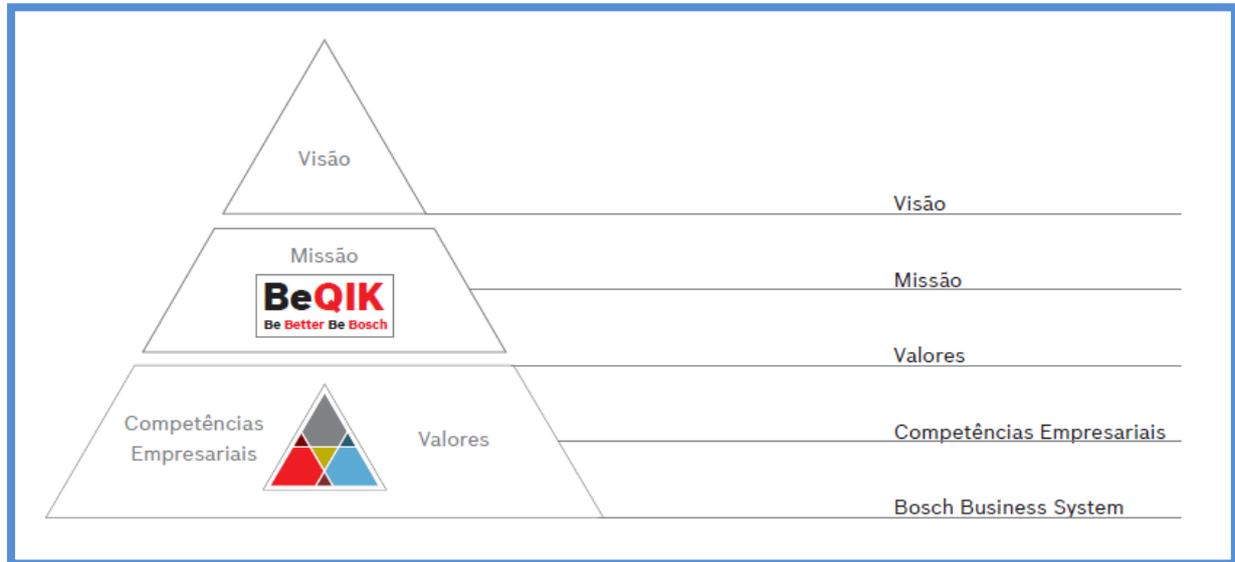


Figura 3.5 – *House of Orientation* (Bosch, 2009c)

- **Visão**

Como empresa líder em tecnologia e serviços, a Bosch aproveita mundialmente as chances para um desenvolvimento significativo. O objetivo é melhorar a qualidade de vida com soluções úteis e inovadoras, focando suas competências empresariais na tecnologia automotiva e na tecnologia industrial, bem como nos produtos ou serviços para profissionais e para o consumidor final. Além disso, procura o sucesso económico e sustentável e uma posição mercadológica de ponta em tudo o que faz. Autonomia empresarial e independência financeira possibilita à empresa uma ação a longo prazo. No legado do seu fundador, assume responsabilidades empresariais e ambientais onde quer que esteja.

A Bosch conquista os seus clientes com força inovadora e eficiência operacional, com credibilidade e qualidade. Suas estruturas, processos e ferramentas são claros e efetivos e atendem às exigências dos seus negócios. Age com base em objetivos comuns e é fortemente determinada a alcançar metas fixadas coletivamente.

Os colaboradores da Bosch estão unidos no mundo inteiro pela vivência diária de seus valores. Vivenciam suas tarefas como um desafio, são engajados no seu trabalho e têm

orgulho por fazer parte da Bosch. A diversidade cultural é um diferencial competitivo para a empresa (Bosch, 2009c).

- **Missão**

A missão da Bosch assenta em três princípios (Bosch, 2009c):

BeQIK

Qualidade é o maior tesouro da Bosch.

Inovação garante os seus negócios de amanhã.

Orientação ao Cliente entusiasma clientes e colaboradores.

BeBetter

A Bosch procura a melhoria contínua.
Procura ser melhor que a concorrência.

BeBosch

Oferece produtos de ponta no mundo todo.
Mantem a sua palavra.

- **Valores**

São sete os valores da Bosch:

1. Orientação para o Futuro e os Resultados;
2. Responsabilidade;
3. Iniciativa e Determinação;
4. Abertura e Confiança;
5. Seriedade e Honestidade;
6. Confiabilidade, Credibilidade e Legalidade;
7. Diversidade Cultural (Bosch, 2005b).

- **Competências Empresariais**

As competências da Bosch são as seguintes:

1. Visão estratégica de longo prazo;
2. Força inovadora;

3. Processos eficientes;
4. Qualidade e credibilidade;
5. Presença internacional;
6. Desenvolvimento de colaboradores (Bosch, 2005b).

- ***Bosch Business System (BBS)***

BBS é a resposta da Bosch para suprir a necessidade por uma metodologia sistemática para a empresa. O sistema está montado numa estrutura uniforme, clara e concisa, que se orienta pelos processos “núcleo” e pelos processos “de suporte” que ocorrem dentro de suas fábricas e seus departamentos. Entre os processos “núcleo”, encontram-se os três processos de agregação de valor do mercado ao cliente.

O BBS contém para cada um desses processos “núcleo”, bem como para os processos gerenciais e de suporte, subsistemas específicos (Bosch, 2005b), como mostra a figura 3.6.

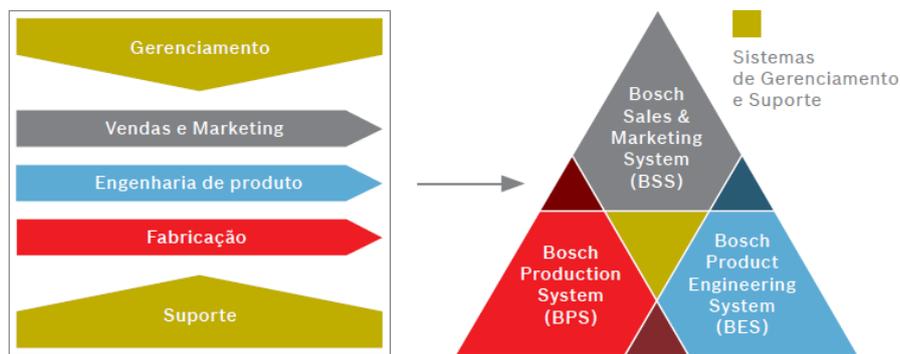


Figura 3.6 – Dos processos núcleo ao BBS (Bosch, 2005b)

A visão e as metas de negócios derivadas destes processos são sintonizadas e implementadas com o BBS, tanto nas unidades operacionais, como nas funcionais. Deste modo, o *Bosch Business System* contribui com a implementação do BeBetter do BeQIK e constitui uma parte importante da *House of Orientation* (Bosch, 2005b).

3.1.5. Bosch em Portugal

Em Portugal existem cinco unidades de negócios Bosch, como se pode verificar na figura 3.7.

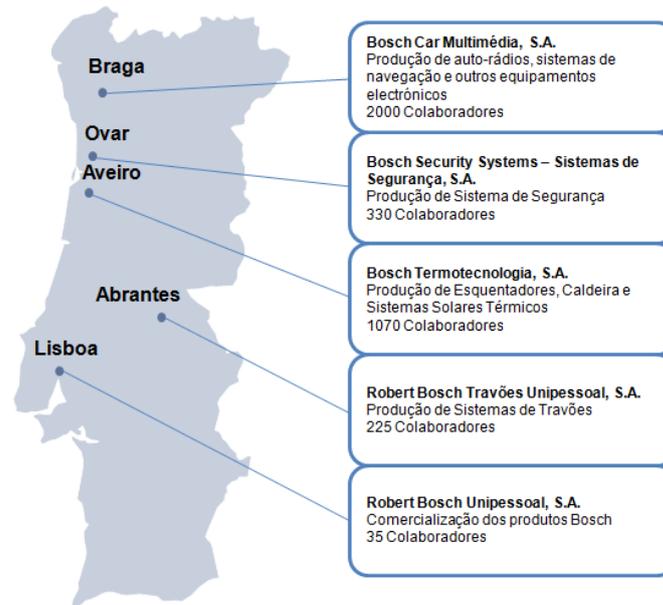


Figura 3.7 – Unidade de Negócio Bosch, em Portugal (Bosch, 2009c)

3.2. Bosch Car Multimédia, S.A.

A Bosch Car Multimédia iniciou a sua atividade em 1990. Esta empresa é a principal unidade da divisão *Car Multimédia* e a maior do Grupo em Portugal (Bosch, 2009c).

A empresa está localizada na Rua Max Grundig, nº 35, em Lomar (Braga), tem uma área total de 79 773,2 m² e as suas instalações ocupam 47 481,2 m² dessa área (Bosch, 2012c). A figura 3.8 ilustra as instalações da empresa.



Figura 3.8 – Instalações Bosch Car Multimédia em Braga (Bosch, 2010c; Bosch, 2012c)

3.2.1. Departamentos e Secções

A Bosch Car Multimédia é constituída por duas áreas distintas: a área comercial e a área técnica. Cada uma destas áreas é formada por alguns departamentos, que por sua vez são compostas por diferentes áreas, como se pode verificar pelas figuras 3.9 e 3.10.



Figura 3.9 – Área Comercial (Bosch, 2009c)

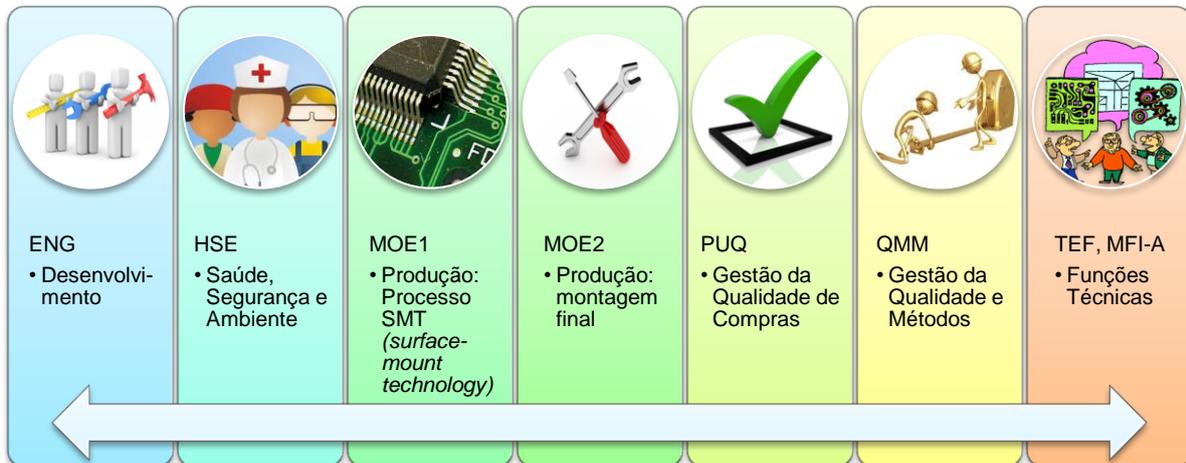


Figura 3.10 – Área Técnica (Bosch, 2009c)

3.2.2. Secções de Produção e Produtos

A unidade produtiva de Braga – Bosch Car Multimédia, S.A. está dividida em quatro secções diferentes (Bosch, 2012c):

- Car Radio (CR) – responsável pela produção de auto-rádios;
- Chassi System Control (CC) – responsável pela produção de sensores ESP;
- Termo Tecnologia (TT) – responsável pela produção de termo tecnologia;
- Driving Infotainment (DI) – responsável pela produção de sistemas de navegação.

A figura 3.11 ilustra alguns exemplos dos produtos fabricados na unidade produtiva de Braga.



Figura 3.11 – Produtos da Bosch Car Multimédia, S.A. (Bosch, 2012c)

3.2.3. Principais Clientes

Os principais clientes da Bosch Car Multimédia, S.A. são os apresentados na figura 3.12.



Figura 3.12 – Principais Clientes da Bosch Car Multimédia, S.A. (Bosch, 2012c)

3.2.4. Prémios e Reconhecimentos

São vários os prémios e reconhecimentos ganhos pela Bosch. Em 2007 foram o *EFQM Award* e o *Bosch Quality Prize*; em 2008 o *BPS Award* e o *Ergonomy Work Recognition*; em 2010 a Bosch recebeu o *Renault Logistics Award* e o *Nissan Quality Award*; em 2011 a empresa ganhou o *Bosch Quality Prize* e o *Energy Efficiency Award*; por fim, em 2012 a Bosch ganhou o *National EFQM Excellence Award “PEX-SPQ 2012”*, o *“Masters of Human Capital” Award* e o *A Nossa Terra Award*.

A figura 3.13 ilustra alguns destes prémios e reconhecimentos.



Figura 3.13 – Prémios e reconhecimentos ganhos pela Bosch Car Multimédia, S.A. (Bosch, 2010c)

3.3. Bosch Production System (BPS)

O BPS é o Sistema de Produção da Bosch. Surgiu em 2002 (ver figura 3.14) e tem como objetivo o desenvolvimento contínuo e global dos processos de produção e logística.

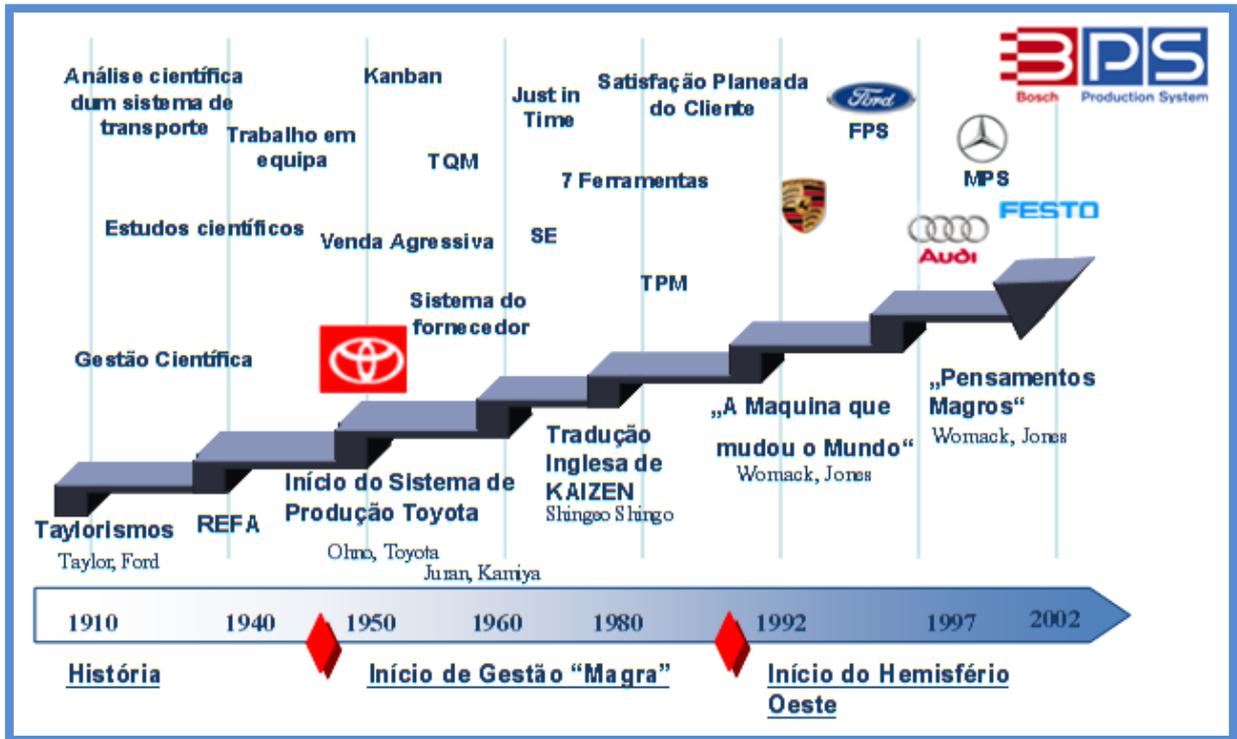


Figura 3.14 – Surgimento do BPS (Bosch, 2012a)

Este sistema produtivo permite melhorar os custos, a qualidade e a entrega dos produtos, na medida em que promove a redução de: investimentos, custos de qualidade, custos de serviços, bónus de turnos, pagamentos de horas extraordinárias, custos de material, sucata, retrabalho, testes, falhas, tempo de entrega, tempo de processamento, quantidade de matéria-prima, produtos em curso de fabrico, produtos acabados, tamanho dos lotes e OEE (Bosch, 2012a).

3.3.1. Orientação Base do BPS

O Sistema de Produção Bosch (BPS) assenta na produção sem desperdícios, como ilustra a figura 3.15.

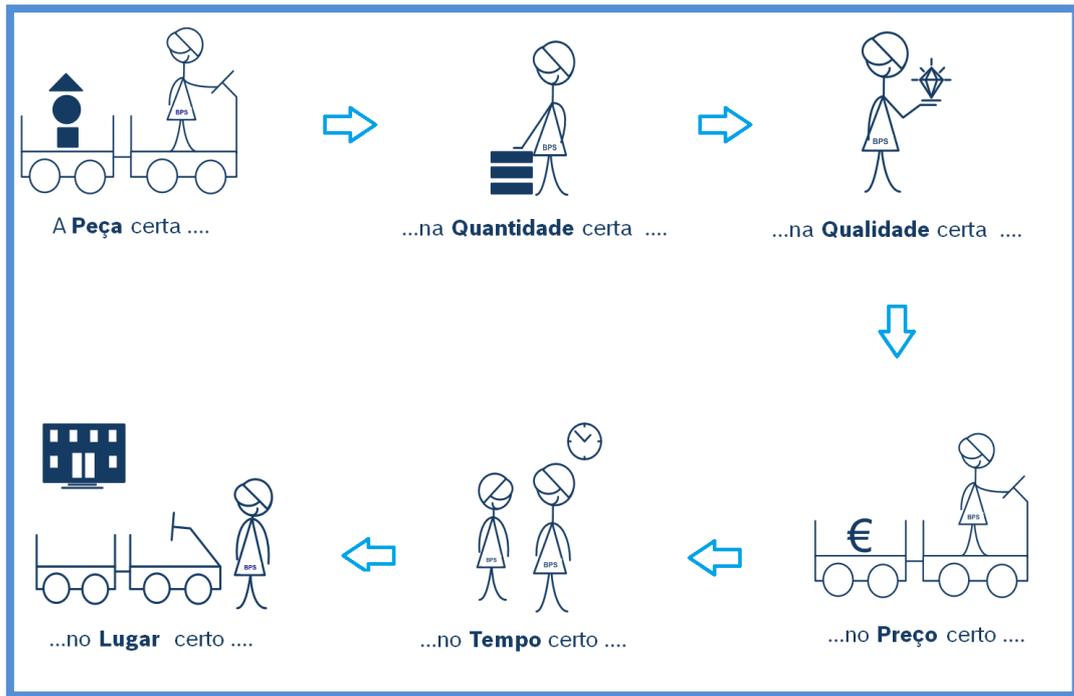


Figura 3.15 – Produção sem desperdício (Bosch, 2009a)

Com a redução de desperdícios e uma visão holística na criação dos processos logísticos e de produção é possível *ter a peça certa, na quantidade certa, no momento certo, com a qualidade certa e no lugar certo*, para ser planeada, produzida e transportada sem desperdício – **abordagem BPS** (figura 3.16) (Bosch, 2003a).

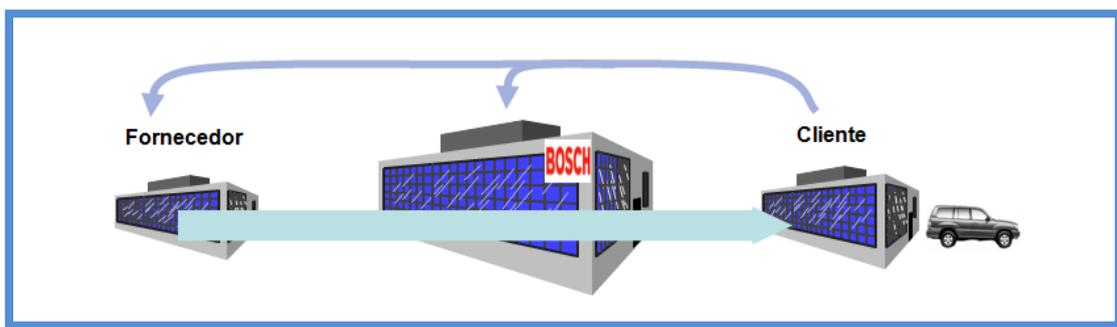


Figura 3.16 – Abordagem BPS (Bosch, 2003a)

Por outro lado, a **abordagem tradicional** ao invés de otimizar o sistema como um todo otimiza subsistemas, como ilustra a figura 3.17. Este tipo de abordagem é menos vantajosa que a abordagem BPS em termos de *Qualidade, Custos e Entrega* (Bosch, 2003a).

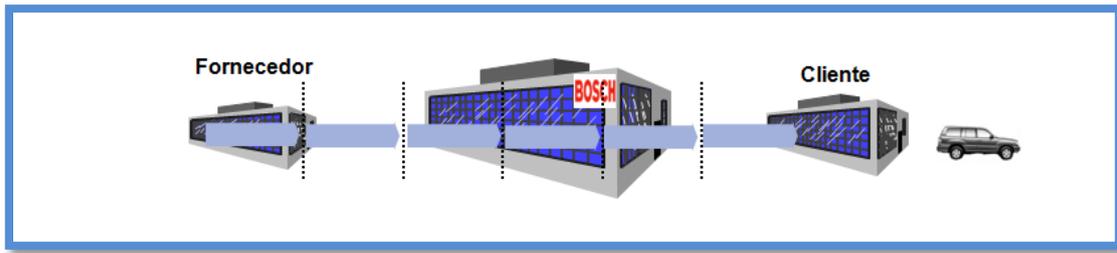


Figura 3.17 – Abordagem Tradicional (Bosch, 2003a)

3.3.2. Princípios do BPS

A finalidade do *Bosch Production System* é alcançar processos padronizados, sem desperdícios e livres de problemas e reduzir a carga do colaborador (Bosch, 2003a). Tal é alcançável através da utilização de oito princípios que são a base do sistema:

1. Sistema Puxado

O *sistema puxado* consiste na ativação da produção e da logística na cadeia de valor do produto, somente quando existe um pedido do cliente interno ou externo (Bosch, 2003a). Desta forma, só se produz e fornece ao cliente o que ele realmente necessita (Bosch, 2009a).

Segundo a Bosch (2009a; 2003a) com a introdução do sistema puxado é possível reduzir os tempos de percurso e os stocks mínimos e conseqüentemente os custos de armazenamento.

A figura 3.18 ilustra a produção antes e depois da implementação deste princípio.

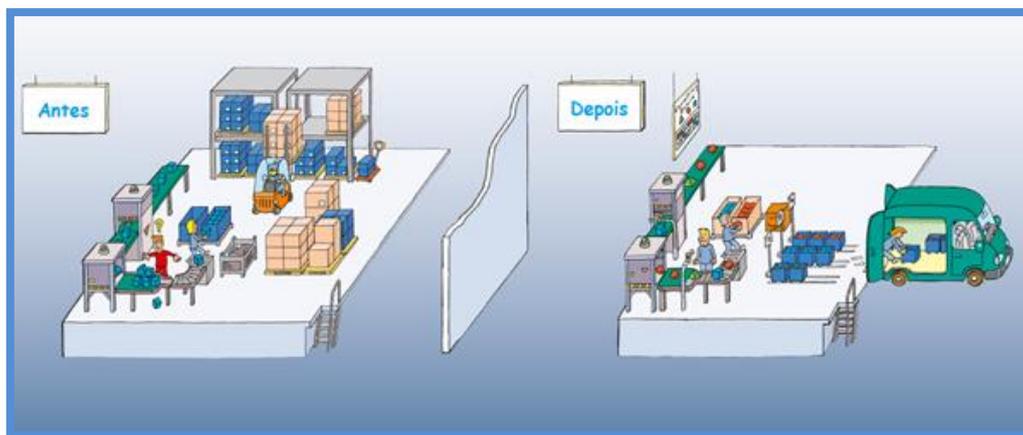


Figura 3.18 – Princípio BPS: Sistema Puxado (Bosch, 2012b)

2. Orientação para o Processo

A orientação para o processo consiste em desenhar, controlar e melhorar procedimentos e processos globais (Bosch, 2003a). Esta é a ideia que está por trás do controlo e organização da produção da *Bosch* e tem um objetivo claro: todos os processos desde o pedido do cliente até à execução da encomenda são simplificados e acelerados (Bosch, 2009a).

A figura 3.19 ilustra a produção antes e depois da implementação da *orientação para o processo*.

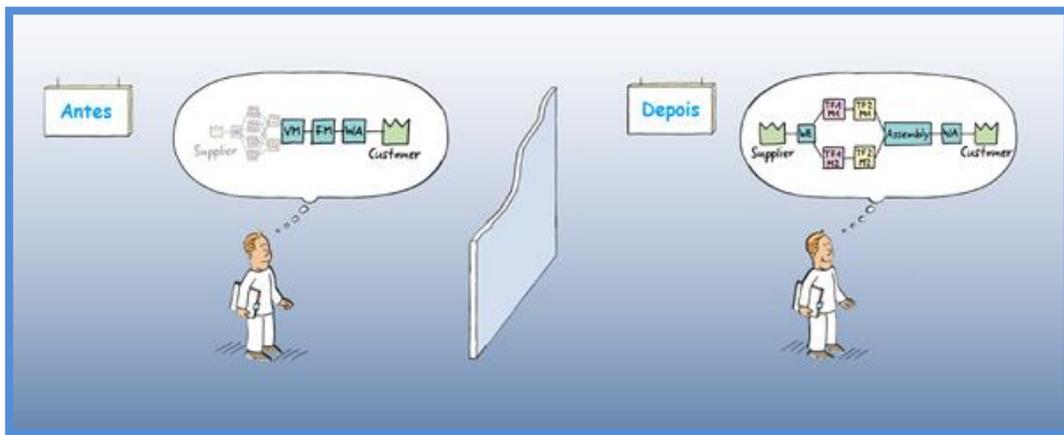


Figura 3.19 – Princípio BPS: Orientação para o Processo (Bosch, 2012b)

3. Qualidade Perfeita

O objetivo deste princípio consiste no alcance dos zero defeitos, isto é, *fazer bem à primeira* (Bosch, 2003a; Bosch, 2009a). Para isso, a prevenção do defeito tem de ter prioridade sobre a sua deteção. Através de uma combinação de medidas preventivas e de ciclos de controlo rápido, evita-se a repetição de erros e atingem-se taxas de “*fazer bem à primeira*” elevadas (Bosch, 2003a).

A figura 3.20 ilustra a produção antes e depois de alcançar a *qualidade perfeita*.

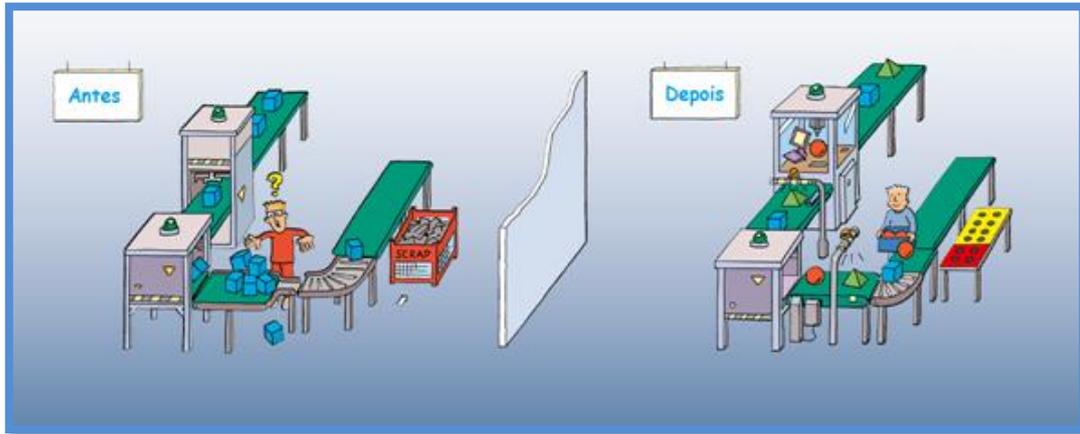


Figura 3.20 – Princípio BPS: Qualidade Perfeita (Bosch, 2012b)

4. Flexibilidade

O objetivo deste princípio é *estar sempre pronto*. Para a Bosch flexibilidade traduz-se na fácil e rápida adaptação das ferramentas e da organização do trabalho ao pedido do cliente (Bosch, 2003a; Bosch, 2009a). A figura 3.21 ilustra a produção antes e depois de atingir a flexibilidade.

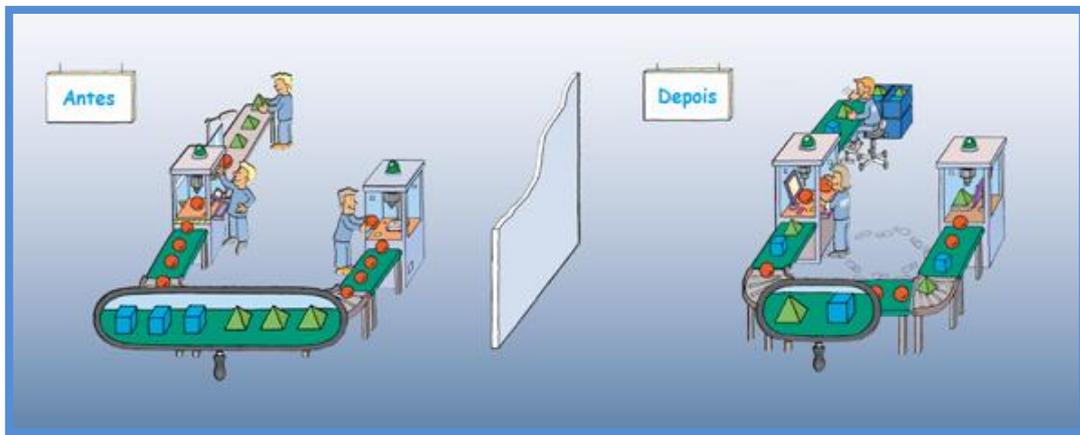


Figura 3.21 – Princípio BPS: Flexibilidade (Bosch, 2012b)

5. Padronização

A padronização (*standard work*) é um princípio importante para garantir sequências de trabalho fiáveis e flexíveis e pode ser continuamente melhorado. Com a padronização é possível identificar rapidamente os desvios, eliminar mais facilmente os desperdícios e tornar o processo mais transparente (Bosch, 2009a).

A figura 3.22 ilustra a produção antes e depois de ser *padronizada*.

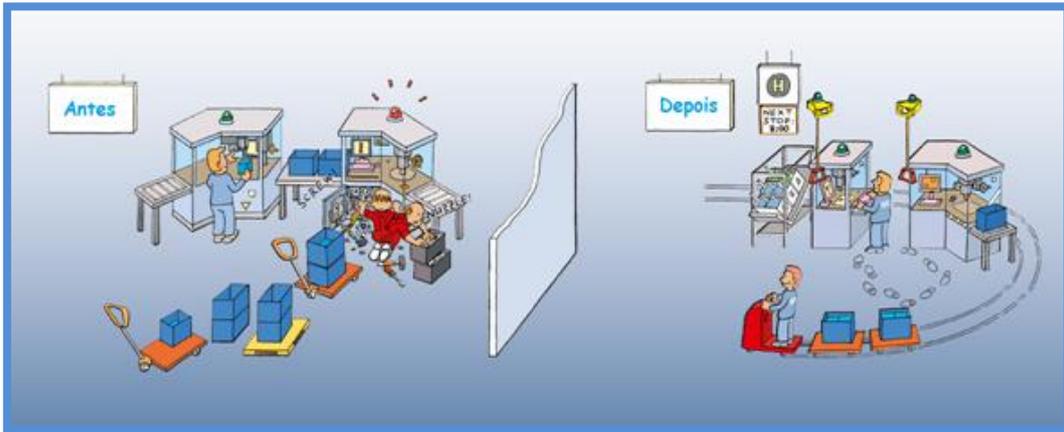


Figura 3.22 – Princípio BPS: Padronização (Bosch, 2012b)

6. Eliminação de Desperdícios e CIP

Através da eliminação de desperdícios e da melhoria contínua (CIP) é possível atingir processos controlados (Bosch, 2003a). As padronizações já realizadas são bons pontos de partida para melhorias futuras. Desta forma é possível criar processos possíveis de monitorizar em todas as situações (Bosch, 2009a).

A figura 3.23 ilustra a produção antes e depois da eliminação de desperdícios.

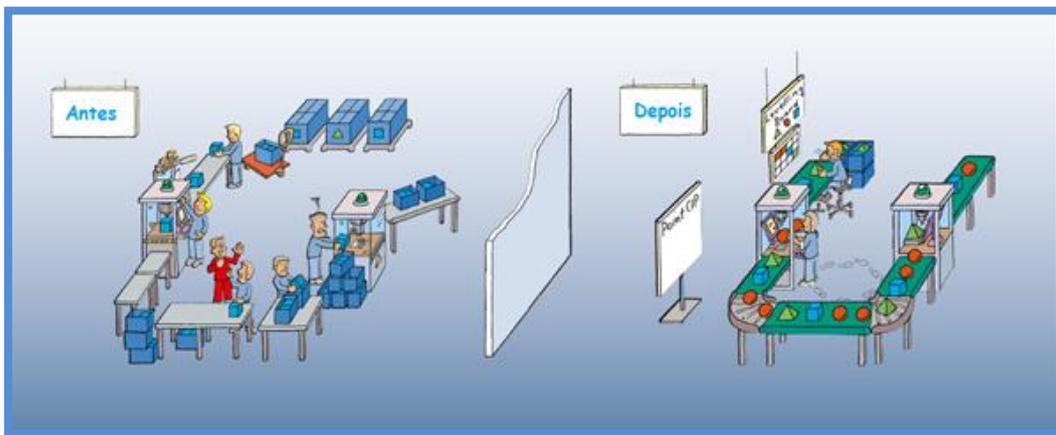


Figura 3.23 – Princípio BPS: Eliminação de Desperdícios e CIP (Bosch, 2012b)

7. Processo Transparente

Um Processo Transparente conduz à clareza e à minimização de dúvidas e situações subjectivas. Além disso é um requisito para se alcançarem os objectivos e a melhoria contínua

(Bosch, 2003a). Este princípio mostra os desvios permitindo ver de forma clara os processos de produção. Isto permite que todos conheçam as suas tarefas e objetivos (Bosch, 2009a), o que facilita uma orientação rápida em todas as áreas melhorando a compreensão global (Bosch, 2003a). A figura 3.24 ilustra a produção antes e depois da aplicação deste princípio.

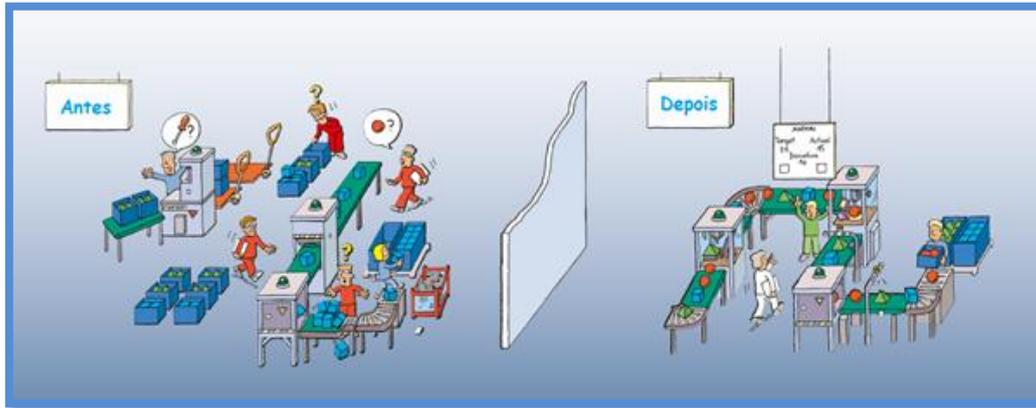


Figura 3.24 – Princípio BPS: Processo Transparente (Bosch, 2012b)

8. Envolvimento e Responsabilização dos Colaboradores

Este princípio consiste na contribuição de todos para alcançar o sucesso dos processos produtivos de forma responsável e competente ou seja, pretende-se utilizar o conhecimento e a criatividade de todos os colaboradores da Bosch para o desenvolvimento da empresa (Bosch, 2009a). Com equipas de trabalho que se auto-organizam fortalece-se ainda mais o envolvimento e a responsabilidade do colaborador, o qual conhece o seu contributo para o sucesso global e está motivado a participar activamente no processo de melhoria (Bosch, 2003a). A figura 3.25 ilustra a produção antes e depois do envolvimento e responsabilização dos colaboradores.

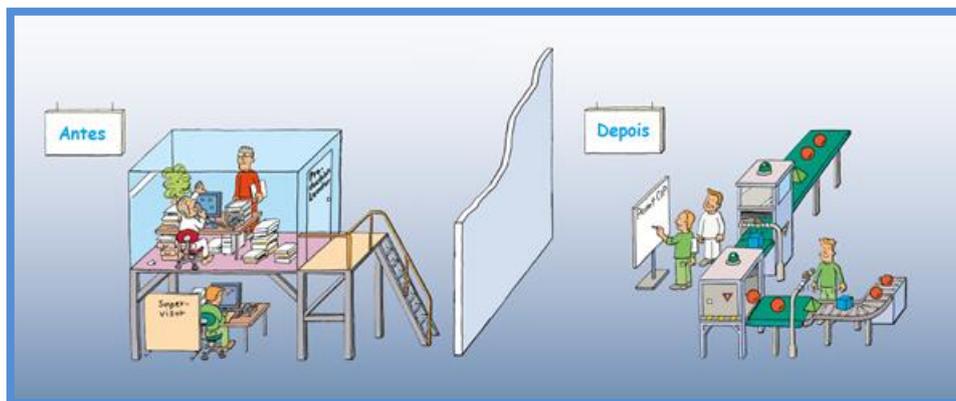


Figura 3.25 – Princípio BPS: Envolvimento e Responsabilização dos Colaboradores (Bosch, 2012b)

4. SITUAÇÃO INICIAL DA UNIDADE PRODUTIVA

- 4.1. Produtos Fabricados no CC
- 4.2. Matéria-Prima
- 4.3. Layout e Processos Produtivos
- 4.4. Fluxos Produtivos
- 4.5. Stocks
- 4.6. Turnos de Trabalho, Paragens Planeadas e Tempo de Abertura
- 4.7. Número de Operadores
- 4.8. Produção em Paletes
- 4.9. Fluxo de Informação
- 4.10. Principais Problemas da Secção

4. SITUAÇÃO INICIAL DA UNIDADE PRODUTIVA

Nesta quarta parte, será apresentada a situação inicial da secção *Chassi System Control* da Bosch Car Multimédia, S.A.

4.1. Produtos Fabricados no CC

O CC dedica-se exclusivamente à produção de sensores ESP (*Electronic Stability Program*).

4.1.1. Sensores ESP

O sensor ESP serve para assegurar uma condução estável em todas as direcções, uma vez que atua na dinâmica lateral do veículo (Bosch, 2012f).

Se um veículo possuir ESP então ele já possui dois sistemas de segurança ativa adicionais: o ABS (sistema antibloqueio de frenagem) e o TCS (sistema de controlo de tração), (Bosch, 2012f) como se pode ver pela figura 4.1.



Figura 4.1 – Sistemas de Segurança Ativa de Direcção (Bosch, 2012f)

“O ESP pode evitar até 80% de todos os acidentes resultantes de derrapagens. O ESP deteta a iminência de derrapagem e intervém numa fração de segundo. O motorista mantém o controle do veículo e o veículo não derrapa, desde que os limites da física não sejam excedidos“ (Bosch, 2012e).

A figura 4.2 ilustra a localização de um sensor ESP nos veículos (eixo do volante).

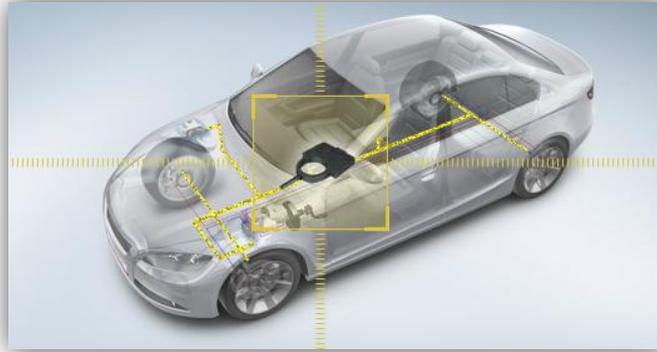


Figura 4.2 – Localização do sensor ESP nos veículos (Bosch, 2012g)

Este sensor reage sempre que o veículo se movimentar em direção diferente aos movimentos aplicados pelo motorista ao volante. Esta reação consiste na utilização do sistema de frenagem do veículo para “conduzir“ o veículo de volta à estrada (Bosch, 2012e).

4.1.2. Sensores Produzidos no CC

São trinta e cinco os tipos de sensores produzidos no CC. A figura 4.3 ilustra alguns exemplos.



Figura 4.3 – Exemplos de sensores produzidos no CC

Os sensores estão agrupados em três grandes famílias – LWS 3, LWS 5 e LWS 6. Dentro das família existem variantes (LWS 3.1, por exemplo) que por sua vez são compostas

por diferentes *part numbers* (0265 005 431, por exemplo). A cada produto está associado um *part number* diferente. No quadro I estão presentes todos os *part numbers* existentes, por tipo de variante de cada família.

Quadro I – Part numbers e variantes das famílias LWS 3, LWS 5 e LWS 6

LWS 3	LWS 3.1	LWS 3.3	LWS 3.5	LWS 3.7	LWS 3.12	LWS 3.14
	0265 005 431 0265 005 492 0265 005 511 0265 005 495 0265 005 501	0265 005 555	0265 005 489 0265 005 499	F005 B00 400	0265 005 497 0265 005 542	0265 005 493
	LWS 5.3.4	LWS 5.3R.4	LWS 5.3.5	LWS 5.3.11	LWS 5.3.13	LWS 5.3.14
	0265 019 002 0265 005 580 0265 005 569 0265 005 567 0265 019 036	0265 005 541	0265 005 557	0265 019 023 0265 005 517 0265 005 573 0265 005 538	0265 005 516	0265 005 545
	LWS 5.3.21	LWS 5.3.22	LWS 5.3R.29	LWS 5.4.1_R	LWS 5.4.1_A	LWS 5.4.32
0265 005 558	0265 005 571	0265 019 020	0265 019 038 0265 019 039 0265 019 040	0265 005 562 0265 19 041	0265 019 012	
LWS 6	LWS 6.1.01					
	0265 005 561					

4.2. Bill of Material

Dependendo do tipo de sensor produzido, a matéria-prima pode variar. No entanto as matérias-primas envolvidas na produção da maioria dos sensores são: *pcb*, *gears*, *hub*, *housing*, *cover*, *magnet* e *connector pins*.

A figura 4.4 ilustra as matérias-primas envolvidas na montagem de um sensor ESP.

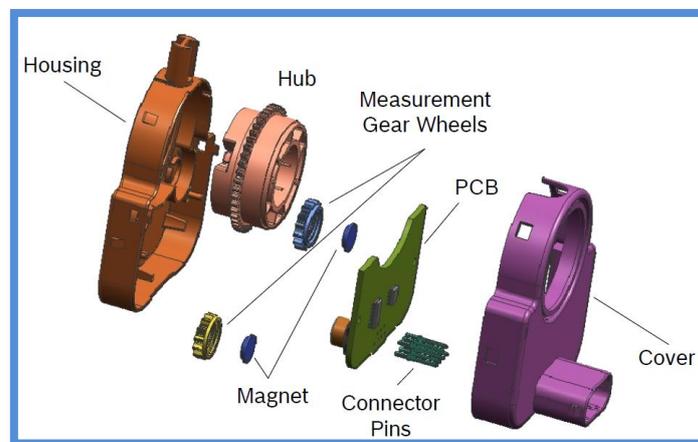


Figura 4.4 – Matéria-prima envolvida na montagem de um sensor ESP (Bosch (2012d; 2010d))

4.3. Layout e Processos Produtivos

A secção em estudo é constituída por dois grandes processos: a pré-montagem e a montagem final.

A montagem final é composta por quatro células produtivas – 2F15, 2F25, 2F35 e 2F45, como mostra a figura 4.5 e é responsável pela montagem final dos sensores ESP.

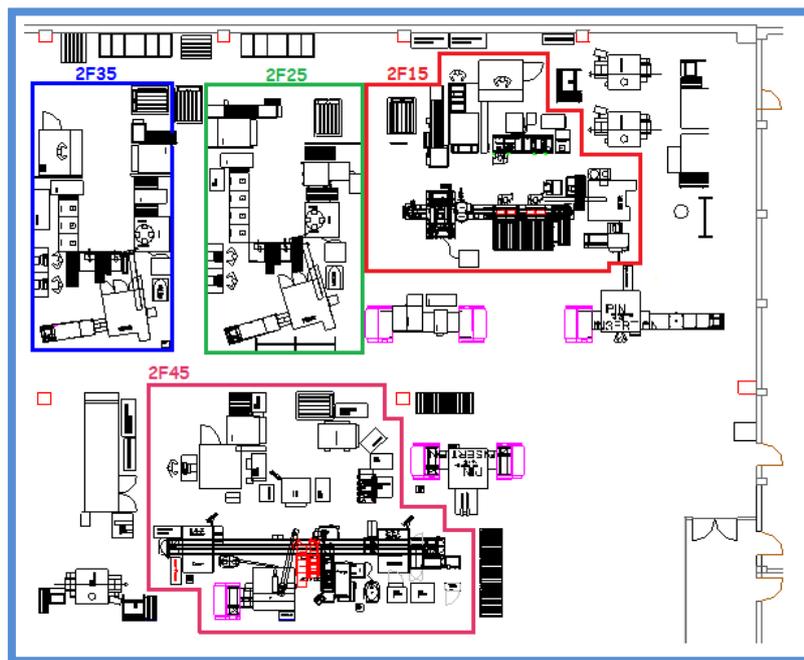


Figura 4.5 – Layout da secção (identificação das células da montagem final)

Por outro lado, a pré-montagem é composta por 14 subprocessos responsáveis por efetuar pré-preparações aos pcb's utilizados na montagem final dos sensores.

Esses subprocessos são:

- 2 de montagem manual de conectores (MM)
- 2 de soldadura selectiva *lead free* (SSLF)
- 1 de soldadura selectiva *lead* (SSL)
- 2 de *automatic optical inspection* (AOI)
- 1 de pré-tester (PT)
- 2 de inserção de pinos (PIS)
- 1 de V-Cut
- 1 de Laquer
- 1 de inserção de IC's

- 1 de de cravação a quente (CQ)

Alguns destes subprocessos estão organizados em "ilhas" e por isso são tratados como sendo um só subprocesso. Esses casos são:

- 1 MM + 2 SSLF + 1 AOI
- 1 MM + SSL + 1 AOI
- V-Cut + Laquer
- IC's + CQ

A figura 4.6 mostra a distribuição física dos sete subprocessos da pré-montagem no *layout* da secção.

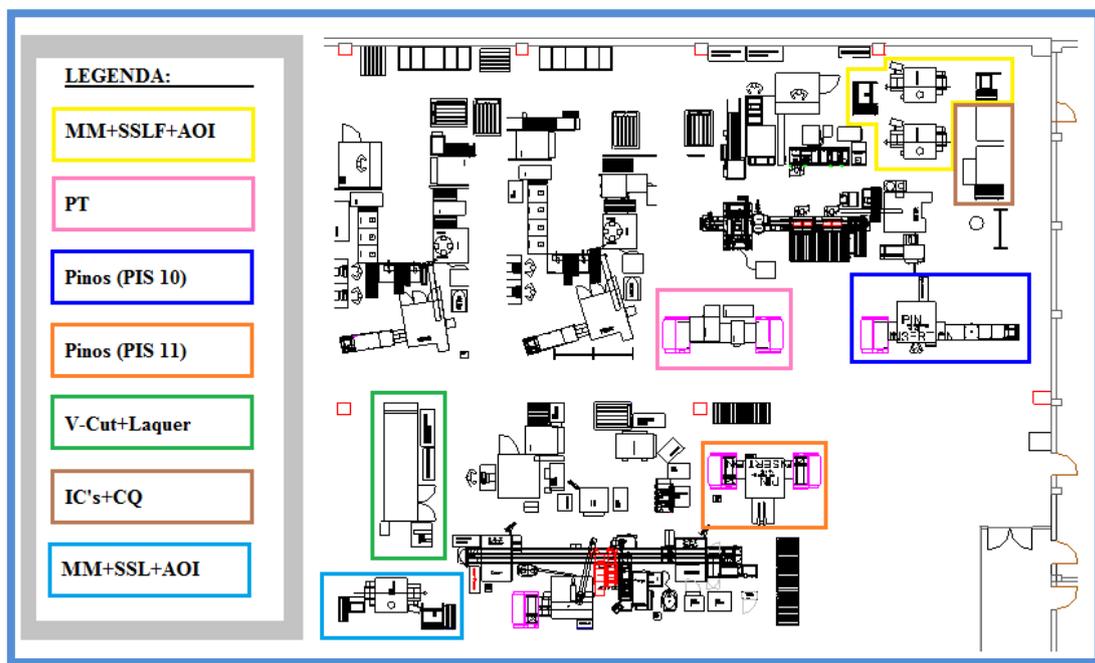


Figura 4.6 – Layout da secção (identificação dos subprocessos da pré-montagem)

4.4. Fluxos Produtivos

Os trinta e cinco produtos fabricados no CC não têm todos o mesmo fluxo produtivo isto é, todos eles passam pela pré-montagem e pela montagem final mas, os subprocessos a que são alvo na pré-montagem podem variar de produto para produto, assim como a célula em que são montados.

Para se perceber a complexidade do sistema produtivo do CC foi efetuado um levantamento do fluxo produtivo de cada um dos produtos e elaborado um *bubble diagram* que ilustra todos os fluxos produtivos existentes – figura 4.7.

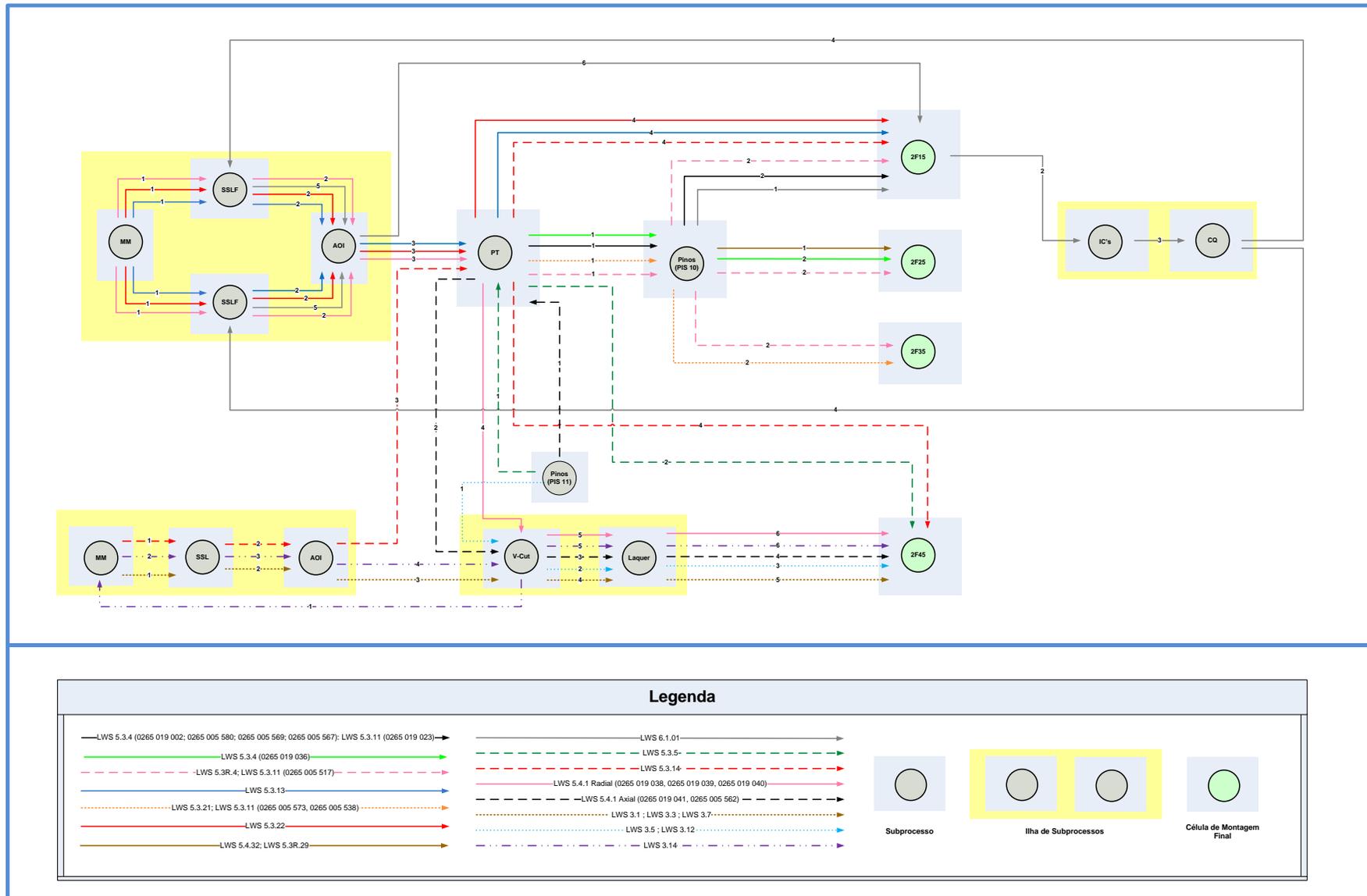


Figura 4.7 – Bubble diagram dos fluxos produtivos

Daqui foi possível concluir que na secção em estudo existem 15 fluxos produtivos diferentes. Além disso foi possível verificar ainda que existem produtos que podem sofrer o processo de montagem final em mais do que uma célula. É o caso dos seguintes produtos: LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 (0265 005 517) e LWS 5.3.14.

4.5. Stocks

O *Chassi System Control* era inicialmente composto por onze stocks, sendo todos eles constituídos por placas *nutzen*.

Estas placas depois de fresadas dão origem aos PCB's utilizados na montagem final dos sensores, como se pode ver pela figura 4.8.



Figura 4.8 – Placa *nutzen* (à esquerda), PCB's (ao centro) e sucata da placa depois de fresada (à direita)

Os stocks de placas *nutzen* existem entre os subprocessos da pré-montagem e entre a pré-montagem e a montagem final. As placas são transportadas em *containers*, como mostra a figura 4.9, com o objetivo de simplificar o transporte e minimizar o risco de as danificar.



Figura 4.9 – *Container* com placas *nutzen*

As placas nutzen não têm todas o mesmo número de PCB's e por isso a quantidade de PCB's transportada em cada *container* pode variar. Além disso a cada produto está associado um tipo de PCB diferente.

O quadro II mostra o tipo de PCB utilizado na montagem final de cada um dos produtos finais bem como a quantidade de PCB's que constitui cada uma das placas *nutzen*.

Quadro II - Tipos de placas *nutzen* utilizadas na montagem final de cada tipo de sensor ESP

Variante	Part Number	Placa Nutzen	
		Tipo	PCB's/Placa
LWS 5.3.4	0265 019 002	8 638 540 395	4
	0265 005 580	8 638 541 206	4
	0265 005 569	8 613 340 349	4
	0265 005 567	8 635 501 471	4
	0265 019 036	8 613 340 364	4
LWS 5.3R.4	0265 005 541	8 638 548 979	4
LWS 5.3.5	0265 005 557	8 613 300 374	8
LWS 5.3.11	0265 019 023	8 613 360 332	8
	0265 005 517	8 613 360 291	8
	0265 005 573	8 613 340 361	8
	0265 005 538	8 613 360 360	8
LWS 5.3.13	0265 005 516	8 613 340 341	4
LWS 5.3.14	0265 005 545	8 613 340 387	8
LWS 5.3.21	0265 005 558	8 613 360 342	8
LWS 5.3.22	0265 005 571	8 613 340 324	6
LWS 5.4.1 (Radial)	0265 019 038	8 613 340 357	8
	0265 019 038	8 613 340 357	8
	0265 019 040	8 613 340 437	8
LWS 5.4.1 (Axial)	0265 005 562	8 613 340 373	8
	0265 019 041	8 613 340 447	8
LWS 5.4.32	0265 019 012	8 638 561 027	12
LWS 6.1.01	0265 005 561	8 638 540 227	18
LWS 3.1	0265 005 431	8 613 300 418	8
	0265 005 492	8 613 340 414	8
	0265 005 511	8 613 340 415	8
	0265 005 495	8 613 340 415	8
	0265 005 501	8 613 340 416	8
LWS 3.3	0265 005 555	8 613 340 419	8
LWS 3.5	0265 005 499	8 613 340 400	8
	0265 005 489	8 613 340 399	8
LWS 3.7	F005 B00 400	8 613 300 383	4
LWS 3.12	0265 005 497	8 613 340 428	8
	0265 005 542	8 613 340 429	8
LWS 3.14	0265 005 493	8 613 300 384	8

Na figura 4.10 estão apresentados alguns exemplos de placas *nutzen*.



Figura 4.10 – Exemplos de Placas *Nutzen*

Como já mencionado no ponto anterior, nem todas placas *nutzen* passam pelos mesmos subprocessos da pré-montagem e consequentemente também não passam pelos mesmos stocks.

De forma a averiguar quais são as placas *nutzen* dos diferentes produtos que passam em cada um dos stocks da secção, foi elaborado um diagrama que ilustra os diferentes fluxos produtivos da secção considerando os diferentes stocks – ver figura 4.11.

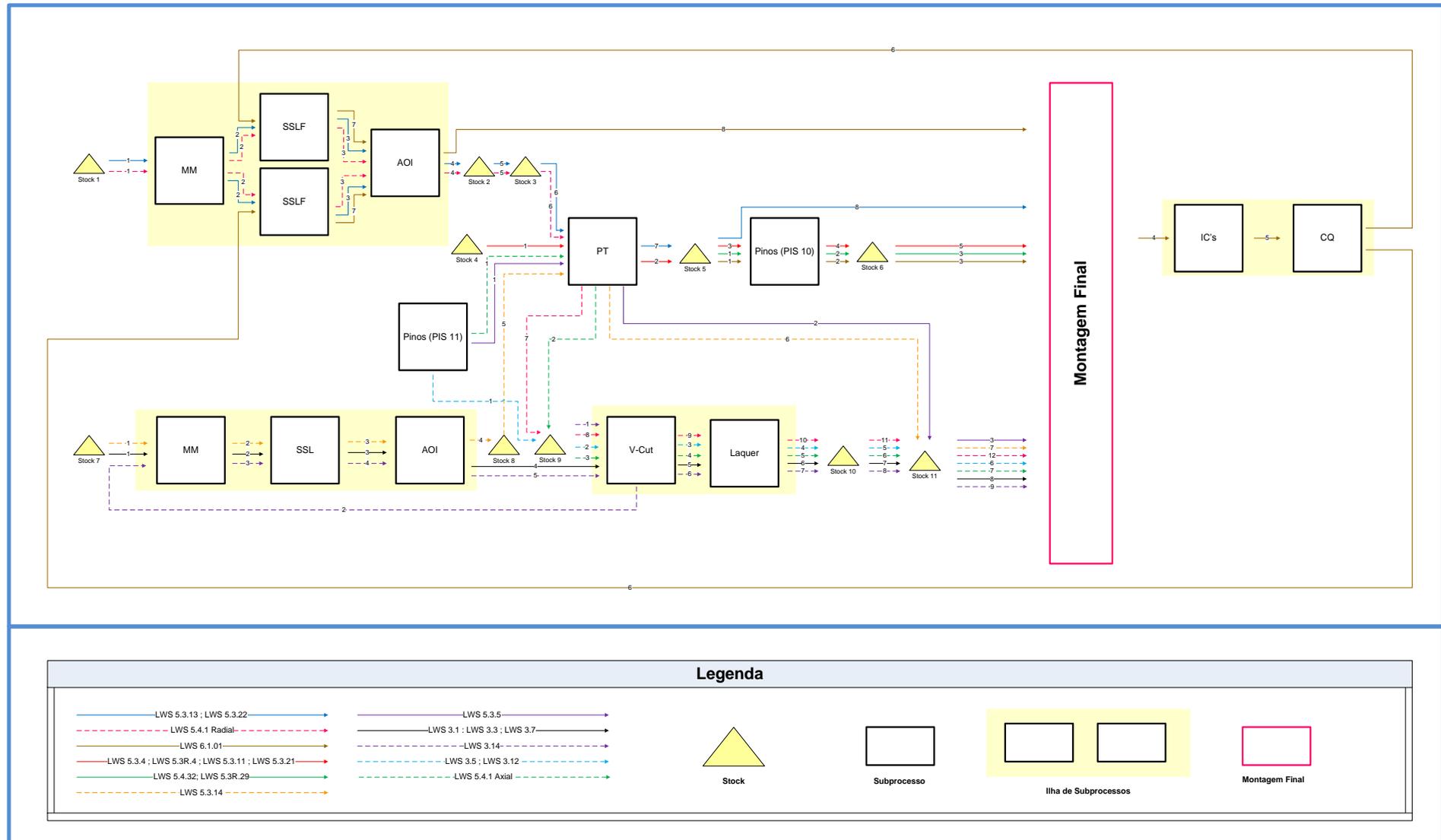


Figura 4.11 – Fluxos Produtivos com Stocks

Para melhor se perceber o que acontece em cada um dos stocks da secção enumerados na figura anterior passa-se em seguida a apresentá-los.

Stock 1: Antes da Montagem Manual

Este stock (figura 4.12) é abastecido pela Inserção Automática (secção da Bosch fornecedora de placas *nutzen*) para dar início ao subprocesso montagem manual.



Figura 4.12 – Stock antes da montagem manual

É aqui que inicia a pré-montagem das placas *nutzen* dos sensores LWS 5.3.13, LWS 5.3.22 e LWS 5.4.1 Radial. Este stock é abastecido na parte superior do carrinho e é limitado a dois *containers*. A parte inferior do carrinho é utilizada para colocar os *containers* vazios e/ou os *containers* com placas que não foram processadas e que serão devolvidas à Inserção Automática utilizando o *milkrun*.

O quadro III mostra o número de PCB's em cada *container* dos produtos que passam pelo stock 1, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro III – Quantidade máxima de PCB's no stock 1

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 1	Quantida Máxima de PCB's no Stock 1
LWS 5.3.13	92	368
LWS 5.3.22	138	
LWS 5.4.1_Axial	184	

Stock 2: Depois do AOI 1

Este stock (figura 4.13), embora seja considerado como tal pelo facto de armazenar placas durante um determinado período de tempo, é utilizado simplesmente para abastecer os

containers com placas que passam pelo AOI. Quando dois *containers* estão cheios, o colaborador leva-os para outro stock (o stock 3).



Figura 4.13 – Stock depois do AOI

Neste stock podem existir até dois *container* com placas (aquele que estiver a ser cheio). Os restantes “espaços” contêm *containers* vazios, que futuramente serão cheios.

O quadro IV mostra o número de PCB's em cada *container* dos produtos que passam pelo stock 2, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro IV – Quantidade máxima de PCB's no stock 2

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 2	Quantida Máxima de PCB's no Stock 2
LWS 5.3.13	92	368
LWS 5.3.22	72	
LWS 5.4.1_Axial	184	

Stock 3: Entre o AOI 1 e o Pré-Tester

O stock designado por “stock entre AOI 1 e o Pré-Tester” (figura 4.14) é um stock formado por *containers* com placas que passam nos subprocessos de *montagem manual*, *soldadura seletiva lead free* e no AOI, ou seja as mesmas placas dos produtos referidos no stock 1.



Figura 4.14 – Stock depois do AOI

Este stock é formado por quatro rampas com capacidade para 8 *containers* pequenos cada (LWS 5.3.22 e LWS 5.4.1_Radial) e 6 *containers* grandes (LWS 5.3.13). Em cada rampa só podem ser armazenados *containers* com o mesmo tipo de placa *nutzen*.

O quadro V mostra o número de PCB's em cada *container* dos produtos que passam pelo stock 3, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro V – Quantidade máxima de PCB's no stock 3

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 3	Quantida Máxima de PCB's no Stock 3
LWS 5.3.13	92	5 888
LWS 5.3.22	72	
LWS 5.4.1_Axial	184	

Stock 4: Antes do Pré-Tester

Neste stock (figura 4.15) são armazenados apenas *containers* com placas *nutzen* vindas da Inserção Automática e cujo seu primeiro subprocesso é o Pré-Tester.



Figura 4.15 – Stock antes do Pré-Tester

Os tipos de placas que param neste stock são as utilizadas na montagem final dos seguintes produtos: LWS 5.3.4, LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 e LWS 5.3.21. Este stock tem espaço para doze *containers*.

O quadro VI mostra o número de PCB's em cada *container* dos produtos que passam pelo stock 4, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro VI – Quantidade máxima de PCB's no stock 4

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 4	Quantida Máxima de PCB's no Stock 4
LWS 5.3.4	92	2 208
LWS 5.3R.4	92	
LWS 5.3.11	184	
LWS 5.3.21	184	

Stock 5: Depois do Pré-Tester

O stock ilustrado na figura 4.16 armazena todos os *containers* que são processados no Pré-Tester (LWS 5.3.4, LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11, LWS 5.3.21, LWS 5.3.13, LWS 5.3.22, LWS 5.4.1_Axial, LWS 5.4.1_Radial, LWS 5.3.14 e LWS 5.3.5) bem como aqueles *containers* que vêm da inserção automática com placas *nutzen* cujo seu primeiro subprocesso é a inserção de pinos (na máquina *PIS 10*).

As placas que têm como primeiro subprocesso a inserção de pinos (na máquina PIS 10) são as utilizadas na montagem dos sensores LWS 5.4.32, LWS 6.1.01 e LWS 5.3R.29. Aqui podem ser armazenados até 60 *containers*.



Figura 4.16 – Stock depois do Pré-Tester

Neste stock existem regras para que o FIFO seja cumprido:

- Podem ser colocados *containers* com o mesmo tipo de placas até um máximo de 5 canais (rampas);

- O abastecimento é efetuado pela parte traseira e em caso de existir mais do que um canal para o mesmo tipo de placa, o abastecimento do stock é efetuado da direita para a esquerda;
- O consumo dos *containers* é realizado pela parte frontal do stock (apresentado na figura 4.17) e, em caso de existir mais do que um canal para a mesma placa, os *containers* devem ser retirados da esquerda para a direita;
- Cada rampa é identificada com um cartão que indica o tipo de placa nela presente, como mostra a figura 4.17.
- Nos casos em que há mais do que um canal para o mesmo tipo de placa são colocados cartões para que o FIFO seja cumprido, como mostra a figura 4.17.



Figura 4.17 - Cartão de identificação de material (à esquerda) e cartão FIFO (à direita)

O quadro VII mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 5, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro VII – Quantidade máxima de PCB's no stock 5

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 5	Quantida Máxima de PCB's no Stock 5
LWS 5.3.4	92	12 420 <hr style="width: 20%; margin: auto;"/> <p>Nota 1: O LWS 6.1.01 não é considerado por ser realizado muito raramente e em pequenas quantidades (cerca de 1 <i>container</i>).</p> <p>Nota 2: Como, no máximo, se pode ter o mesmo produto em 5 canais (15 <i>containers</i>), a quantidade máxima de PCB's neste stock foi calculada para 15 <i>containers</i> de 276 PCB's cada e os restantes 45 <i>containers</i> com 184 PCB's cada.</p>
LWS 5.3R.4	92	
LWS 5.3.11	184	
LWS 5.3.21	184	
LWS 5.3.13	92	
LWS 5.3.22	72	
LWS 5.4.1_Axial	184	
LWS 5.4.1_Radial	184	
LWS 5.3.14	184	
LWS 5.3.5	184	
LWS 5.4.32	276	
LWS 6.1.01	414	
LWS 5.3R.29	184	

Stock 6: Depois dos Pinos (PIS 10)

Neste stock (figura 4.18) são armazenados todos os *containers* com placas cujo seu último processo é a inserção de pinos na máquina PIS 10. Este stock tem capacidade para armazenar 24 *containers* que abastecerão as células da montagem final designadas por 2F15, 2F25 e 2F35. No máximo, poderão existir 3 canais (6 *containers*) para o mesmo produto.



Figura 4.18 – Stock depois da inserção de pinos (PIS 10)

O quadro VIII mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 6, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro VIII – Quantidade máxima de PCB's no stock 6

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 6	Quantida Máxima de PCB's no Stock 6
LWS 5.3.4	92	4 968 <hr style="width: 20%; margin: auto;"/> Nota 1: O LWS 6.1.01 não é considerado por ser realizado muito raramente e em pequenas quantidades (cerca de 1 <i>container</i>). Nota 2: Como, no máximo, se pode ter o mesmo produto em 3 canais (6 <i>containers</i>), a quantidade máxima de PCB's neste stock foi calculada para 6 <i>containers</i> de 276 PCB's cada e os restantes 18 <i>containers</i> com 184 PCB's cada.
LWS 5.3R.4	92	
LWS 5.3.11	184	
LWS 5.3.13	92	
LWS 5.3.14	184	
LWS 5.3.22	72	
LWS 6.1.01	414	
LWS 5.3R.29	182	
LWS 5.4.32	276	
LWS 5.3.21	184	

Stock 7: Antes da Montagem Manual 2

Este stock (representado na figura 4.19) tem a mesma funcionalidade do stock 1. As placas utilizadas na montagem final dos produtos LWS 3.1, LWS 3.3, LWS 3.7 e LWS 5.3.14 têm como primeiro subprocesso a montagem manual e por isso quando o *milkrun* as trás da inserção automática deixa os seus respetivos *containers* neste stock para que o colaborador tenha matéria-prima para trabalhar. Ou seja, este stock funciona como *rampa de abastecimento*.



Figura 4.19 – Stock antes da montagem manual 2

Tal como o stock 1, este stock é abastecido na parte superior do carrinho pelo *milkrun* (tem uma capacidade de 2 *containers*) e a parte inferior é utilizada exclusivamente para o colaborador colocar os *containers* vazios ou com placas que não foram processadas.

O quadro IX mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 7, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro IX – Quantidade máxima de PCB's no stock 7

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 7	Quantida Máxima de PCB's no Stock 7
LWS 3.1	184	368
LWS 3.3	184	
LWS 3.7	92	
LWS 5.3.14	184	

Stock 8: Depois do AOI 2

Este stock (figura 4.20), é idêntico ao stock formado depois do AOI 1 referido no stock 2. O stock aqui formado ocorre durante a colocação de placas *nutzen* no *container*. Quando dois *containers* (capacidade da rampa) estiverem completos são retirados deste stock. Por este stock passam as placas dos produtos LWS 3.1, LWS 3.3 e LWS 3.7, LWS 3.14 e LWS 5.3.14.



Figura 4.20 – Stock depois do AOI 2

O quadro X mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 8, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro X – Quantidade máxima de PCB's no stock 8

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 8	Quantida Máxima de PCB's no Stock 8
LWS 3.1	184	368
LWS 3.3	184	
LWS 3.7	92	
LWS 3.14	184	
LWS 5.3.14	184	

Stock 9: Antes do V-Cut

O stock presente na figura 4.21 diz respeito a placas que sofrerão o processo de corte em “V” (*v-cut*). Ele pode ser abastecido com *containers* vindos do AOI (stock 8) dos Pinos (PIS 11), do Pré-Tester ou diretamente da Inserção Automática. Ou seja, produtos das seguintes variantes de famílias: LWS 3.1, LWS 3.3, LWS 3.5, LWS 3.7, LWS 3.12, LWS 3.14, LWS 5.4.1_Axial e LWS 5.4.1_Radial.



Figura 4.21 – Stock antes do V-Cut

Este stock tem capacidade para dois *containers* (rampa superior).

O quadro XI mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 9, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro XI – Quantidade máxima de PCB's no stock 9

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 9	Quantida Máxima de PCB's no Stock 9
LWS 3.1	184	368
LWS 3.3	184	
LWS 3.5	184	
LWS 3.7	92	
LWS 3.12	184	
LWS 3.14	184	
LWS 5.4.1_Axial	184	
LWS 5.4.1_Radial	184	

Stock 10: Depois do Laquer

Este stock (ilustrado na figura 4.22) é formado pelas placas que sofrem o processo de Laquer. Aqui é colocado um *container* vazio, para ser cheio com as placas que saem do Laquer. Quando dois *containers* estiverem cheios são retirados desta rampa.

O quadro XII mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 10, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.



Figura 4.22 – Stock depois do Laquer

Quadro XII – Quantidade máxima de PCB's no stock 10

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 10	Quantida Máxima de PCB's no Stock 10
LWS 3.1	184	368
LWS 3.3	184	
LWS 3.5	184	
LWS 3.7	72	
LWS 3.12	184	
LWS 3.14	72	
LWS 5.4.1 (Axial e Radial)	184	

Stock 11: Antes da Montagem Final na 2F45

No stock apresentado na figura 4.23 são armazenadas todas as placas dos produtos que sofrem o processo de montagem final na célula 2F45. Após os processos de pré-montagem, as placas são transportadas até este stock e é a partir daqui que a célula 2F45 é abastecida. Este stock tem capacidade para 44 *containers*. No máximo poderão existir 3 canais (6 *containers*) do mesmo produto.



As placas armazenadas neste stock são utilizadas na montagem final dos produtos das seguintes variantes de famílias: LWS 5.3.5, LWS 5.3.14, LWS 5.4.1_Axial, LWS 5.4.1_Radial, LWS 3.1, LWS 3.3, LWS 3.5, LWS 3.7, LWS 3.12 e LWS 3.14.

Figura 4.23 – Stock antes da montagem final da célula 2F45

O quadro XIII mostra o número de PCB's em cada container dos produtos que passam pelo stock 11, bem como a quantidade máxima de PCB's que pode estar neste stock.

Quadro XIII – Quantidade máxima de PCB's no stock 11

Tipo Sensor	Quantidade PCB's/Container no Stock 11	Quantida Máxima de PCB's no Stock 11
LWS 3.1	184	8 096
LWS 3.3	184	
LWS 3.5	184	
LWS 3.7	72	
LWS 3.12	184	
LWS 3.14	72	
LWS 5.3.5	184	
LWS 5.3.14	184	
LWS 5.4.1_Axial	184	
LWS 5.4.1_Radial	184	

▪ **Quantidade máxima de containers e PCB's na Secção**

Daqui conclui-se que no CC, no máximo poderão existir 184 *containers* e 35 788 PCB's.

4.6. Turnos de Trabalho, Paragens Planeadas e Tempo de Abertura

O *Chassi System Control* trabalha em três turnos de segunda a sexta-feira e em dois turnos ao fim-de-semana, como mostra o quadro XIV.

Durante a semana a secção trabalha 24 horas por dia, ao passo que ao fim-de-semana trabalha 20 horas por dia.

Quadro XIV – Turnos de trabalho por dia da semana

Dia	Turno 1	Turno 2	Turno 4	Turno 5
2. ^a Feira	06:00 - 14:30	14:30 – 23:00	23:00 – 06:00	-
3. ^a Feira				-
4. ^a Feira				-
5. ^a Feira			-	23:00 – 06:00
6. ^a Feira			-	-
Sábado	-	-	06:00 – 15:30	19:30 – 06:00
Domingo	-	-		

No início de cada turno, há uma reunião de 5 minutos com o(s) chefe(s) de linha do turno para fazer o ponto de situação do que está previsto que seja produzido na secção ao longo desse turno. Além desta paragem planeada existem também as pausas. A subtração das paragens planeadas ao tempo total de cada turno resulta no tempo de abertura do turno, ou seja, no tempo efetivo de trabalho.

O quadro XV mostra a duração das paragens planeadas, por turno de trabalho e os respetivos tempos de abertura.

Quadro XV – Paragens planeadas e tempo de abertura por turno

Turno		Turno 1 06:00 – 14:30	Turno 2 14:30 – 23:00	Turno 4/5 23:00 – 06:00	Turno 4 06:00 – 15:30	Turno 5 19:30 – 06:00
Duração Turno/Dia		8,5	8,5	7	9,5	10,5
Paragens Planeadas	Reunião	5 min	5 min	5 min	5 min	5 min
	Pausas	48 min	48 min	43 min	50 min	50 min
	Total	53 min	53 min	48 min	55 min	55 min
Tempo de Abertura		7,62 h	7,62 h	6,20 h	8,58 h	9,58 h

4.7. Número de Operadores

O número de operadores, por turno, do *Chassi System Control* varia (ver quadro XVI) e estão divididos em quatro tipos:

- Operadores das células de montagem final;
- Operador da ilha dos subprocessos MM+SSLF+AOI;
- Operador das ilhas dos subprocessos MM+SSL+AOI e V-Cut+Laquer;
- Operador pré-montagem (responsável pelo PT, PIS 10, PIS 11 e abastecimento das células).

Quadro XVI – Número de operadores por turno

Tipo Operador	Turno 1	Turno 2	Turno 4	Turno 5
Célula 2F15	3	3	2	0
Célula 2F25	3	3	3	2
Célula 2F35	3	3	3	3
Célula 2F45	4	4	4	3
MM+SSLF+AOI	1	1	1	0
MM+SSL+AOI e V-Cut+Laquer	1	1	1	1
Pré-Montagem	1	1	1	1

4.8. Produção em Paletes

A produção no *CC* é realizada em paletes, que por sua vez são formados por um determinado número de caixas que têm um determinado número de sensores.

A figura 4.24 ilustra um exemplo de uma caixa e uma paleta.



Figura 4.24 – Caixa (à esquerda) e paleta de 16 caixas (à direita)

Uma palete pode variar quer em número de caixas quer em número de sensores, como mostra o quadro XVII.

Quadro XVII – Quantidade de sensores por palete e caixa e, quantidade de caixas por palete

Variante	Part Number	Tipo de Embalagem	Quantidade de LWS/Palete	Número de Caixas/Palete	Quantidade de LWS/Caixa
LWS 3.1	0265 005 431	2G7	2592	12	216
	0265 005 492	5TP	864	12	72
	0265 005 511	5TP	1512	12	126
	0265 005 495	5TP	960	16	60
	0265 005 501	5TP	1152	16	72
LWS 3.3	0265 005 555	5TP	1008	12	84
LWS 3.5	0265 005 499	5F3	1008	8	126
	0265 005 489	5F3	1512	12	126
LWS 3.7	F005 B00 400	5NH	1920	12	160
		6FE	1920	12	160
LWS 3.12	0265 005 497	5TP	2160	12	180
	0265 005 542	5TP	2160	12	180
LWS 3.14	0265 005 493	5TP	1920	12	160
		6FE	1920	12	160
LWS 5.3.4	0265 019 002	4E5	2560	16	160
	0265 005 580	577	2560	16	160
	0265 005 569	577	2560	16	160
	0265 005 567	577	2560	16	160
	0265 019 036	577	2560	16	160
LWS 5.3R.4	0265 005 541	2GG	2560	16	160
		52P	2560	16	160
		577	2560	16	160
LWS 5.3.5	0265 005 557	5F3	1008	8	126
LWS 5.3.11	0265 019 023	1NP	2816	16	176
	0265 005 517	2GE	2816	16	176
		52P	2816	16	176
	0265 005 573	577	2816	16	176
	0265 005 538	577	2816	16	176
LWS 5.3.13	0265 005 516	63H	2880	16	180
LWS 5.3.14	0265 005 545	5NH	1920	12	160
		5TP	1920	12	160
LWS 5.3.21	0265 005 558	66H	1920	16	120
		63H	1920	16	120
LWS 5.3.22	0265 005 571	5NH	2048	16	128
		5TP	2048	16	128
		6FE	1920	12	160
LWS 5.3R.29	0265 019 020	6EZ	1512	72	21
LWS 5.4.1	0265 005 562	5TP	960	16	60
	0265 019 038	5TP	1152	16	72
	0265 019 039	5TP	1152	16	72
	0265 019 040	5TP	1152	16	72
	0265 019 041	5TP	960	16	60
LWS 5.4.32	0265 019 012	1NP	1200	15	80
LWS 6.1.01	0265 005 561	2NY	1680	28	60

A cada *part number* está associado um tipo de embalagem (designado por três dígitos) que diz respeito ao destino do produto. Quando um *part number* tem mais do que um tipo de embalagem significa que o seu cliente (PSA, por exemplo) está localizado em diferentes locais.

4.9. Fluxo de Informação

O fluxo de informação no CC inicia com a realização dos planos de produção (realizados pela logística – LOG1) para cada uma das células da montagem final. Nesse plano estão presentes os produtos e as respetivas quantidades que vão ser produzidas em cada uma das células, em cada um dos dias da semana, como mostra a figura 4.25.

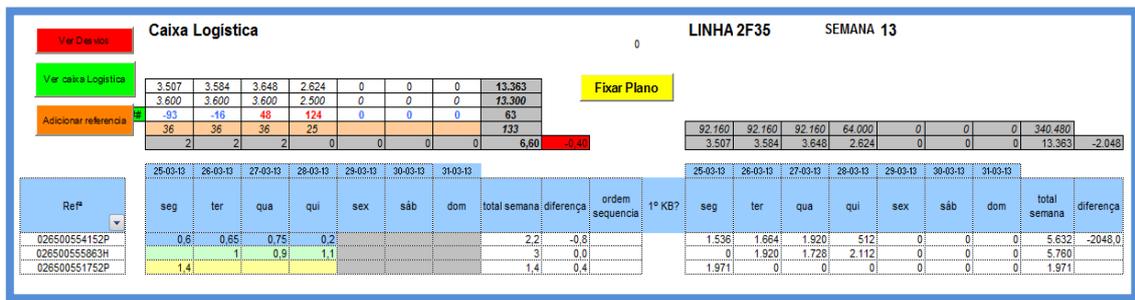


Figura 4.25 – Exemplo de um plano de produção

Os planos de produção são realizados semanalmente e entregues a cada uma das células de montagem final do CC todas as sextas-feiras de manhã mas, nenhuma informação é enviada para a pré-montagem, informando sobre as necessidades de pcb's da montagem final.

A pré-montagem só toma conhecimento das necessidades de pcb's que a montagem final terá para um determinado dia, pelos cartões (de palete) presentes nos quadros de célula.

A figura 4.26 ilustra um exemplo de um cartão utilizado para preencher os quadros.



Figura 4.26 – Exemplo de cartão utilizado no quadro de célula

Cada célula da montagem final possui um *quadro de célula*, como mostra a figura 4.27, que é preenchido pelos chefes de linha de acordo com a produção que está planeada para a célula em questão, em determinado dia.



Figura 4.27 – Quadro da célula 2F15

Os quadros de célula servem para indicar o que vai ser produzido em determinado período de tempo, em cada uma das células da montagem final.

Reparou-se que estes quadros estão desatualizados, uma vez que estão construídos apenas para três turnos da semana (06:00 às 14:30, 14:30 às 23:00 e 23:00 às 06:00) enquanto que na verdade eles são cinco. Outra incoerência verificada foi o facto dos cartões serem introduzidos no quadro sem respeitarem a sua duração de produção. Por exemplo, na figura 4.28 está presente um cartão de uma paleta do produto LWS 5.3.22 às 6h40min e uma paleta de LWS 5.3.14 às 8h40min (duas horas de diferença). Na verdade cada paleta do LWS 5.3.22 e do LWS 5.3.14 demora cerca de 10 horas a ser produzido. Isto significa que a produção destas duas paletes não está alocada apenas ao primeiro turno mas sim aos três turnos do dia.

É a partir destes quadros que a informação das necessidades de PCB's da montagem final passa para a pré-montagem.

▪ Planeamento da Produção na Pré-Montagem

A produção na pré-montagem é gerida por um único colaborador, com a colaboração do chefe de linha.

Na reunião de início de turno, o(s) chefe(s) de linha indicam o que vai ser produzido em cada uma das células mas, não existe nenhuma informação sobre o que deve ser produzido, em que quantidades e em que sequencia, em cada um dos subprocessos da pré-montagem. Esses "detalhes" estão a cargo do operador da pré-montagem. Este colaborador deve conciliar as necessidades de pcb's das quatro células em simultâneo, para que nenhuma célula pare por falta de pcb's.

A figura 4.28 ilustra os passos dados por este operador para gerir/planear a produção na pré-montagem.

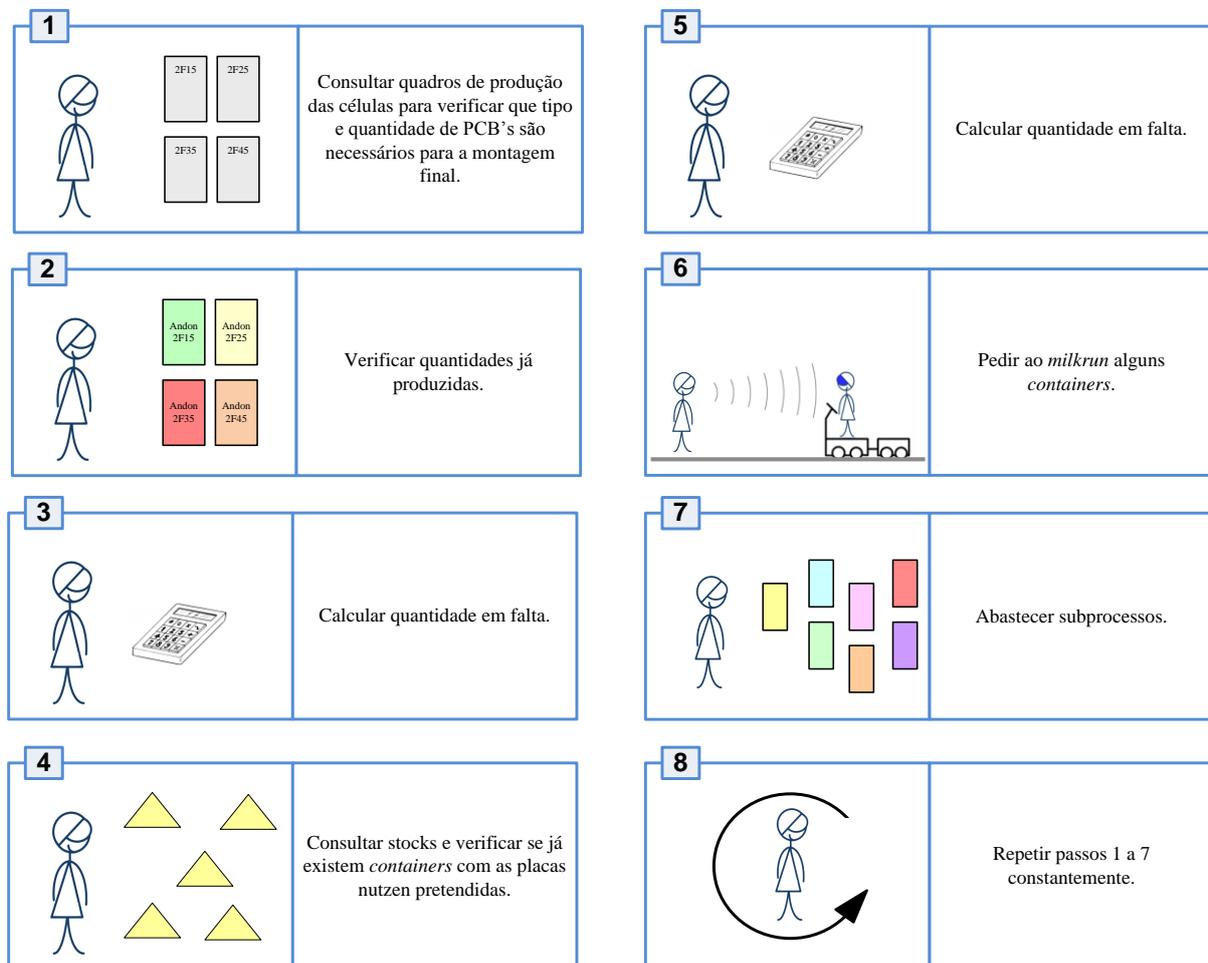


Figura 4.28 – Passos efetuados pelo operador para planear e gerir a produção na pré-montagem

Como se pode ver pelo esquema presente na figura acima, o planeamento e a gestão da produção na pré-montagem do *Chassi System Control* é um processo muito trabalhoso.

O operador começa por consultar o quadro de cada uma das células para verificar que pcb's precisa em cada uma delas. Posteriormente, verifica quais são as quantidades já produzidos, dos produtos em questão e calcula as respetivas quantidades em falta. Sabendo o

número de PCB's em falta verifica se já existem *containers* com esses PCB's nos stocks intermédios e aí torna a calcular as verdadeiras quantidades em falta. Aí, pede ao *milkrun* alguns *containers*, produz-los e efetua o mesmo procedimento sempre que seja necessário abastecer um subprocesso.

Para além de toda esta gestão numérica, é também da responsabilidade do operador da pré-montagem gerir a sequência de produção da pré-montagem, de forma a conseguir satisfazer as necessidades das quatro células da montagem final, em simultâneo.

4.10. Principais Problemas da Secção

Os principais problemas identificados da secção dizem respeito à elevada quantidade de stock existente, que por sua vez aumenta o tempo de atravessamento das placas *nutzen*. Além disso, verificou-se também que a abordagem utilizada para planear e controlar a produção na pré-montagem do CC tem problemas.

4.10.1. Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem

Como foi possível verificar no ponto 4.9, o planeamento e controlo da produção na pré-montagem do CC era inicialmente efetuado de forma autónoma pelo operador dessa área, e com a ajuda do chefe de linha. Não existia nenhum plano de produção para a pré-montagem, existia sim um plano produtivo para cada uma das células da montagem final com as encomendas dos clientes (produto final).

Essa falta de plano na pré-montagem, obrigava o operador e o chefe de linha a realizarem atividades consideradas como "puro desperdício". Essas atividades eram:

- Contagens frequentes de produto acabado e stocks;
- Cálculos sobre necessidades de placas *nutzen*;
- Sobreprodução (devido a erros de cálculo ou para os equipamentos não estarem parados);
- Movimentações excessivas;
- Erros de produção (produção de placas *nutzen* em subprocessos errados)
- Esperas de material (do *milkrun*) e conseqüente paragem dos subprocessos da pré-montagem e das células da montagem final.

Além destas atividades (de desperdício), o stress na secção era permanente, pois a gestão da produção na pré-montagem tinha de ser realizada de forma a que nenhuma célula da montagem final parasse por falta de placas da pré-montagem. Os pedidos de material ao *milkrun* (transportador de *containers* com placas *nutzen* da Inserção Automática para o CC) eram efetuados verbalmente (às vezes corretos outras vezes errados).

Uma vez que a gestão da produção na pré-montagem era efetuado autonomamente por um ser humano, também era da sua responsabilidade gerir a sequência de produção em cada subprocesso e conseqüentemente o número de *containers* produzidos de cada vez, influenciando isto o número de *changeovers* efetuados diariamente em cada subprocesso.

Dependendo da quantidade de *changeovers* efetuados diariamente, a capacidade da pré-montagem também poderia ser maior ou menor.

Em suma, toda a produção na pré-montagem no CC era efetuada com cálculos e gestão verbal entre pessoas.

4.10.2. Quantidade de WIP

Embora se saiba que a quantidade máxima de stock na secção seja igual a 35 788 PCB's (ponto 4.5) foi-se averiguar qual era a quantidade média e para isso, foi realizada uma contagem de stock durante 10 dias, e sempre à mesma hora.

No anexo A está presente a quantidade de PCB's contados por dia e por tipo de stock.

A figura 4.29 mostra a quantidade média de PCB's que existia inicialmente na secção, por tipo de stock.

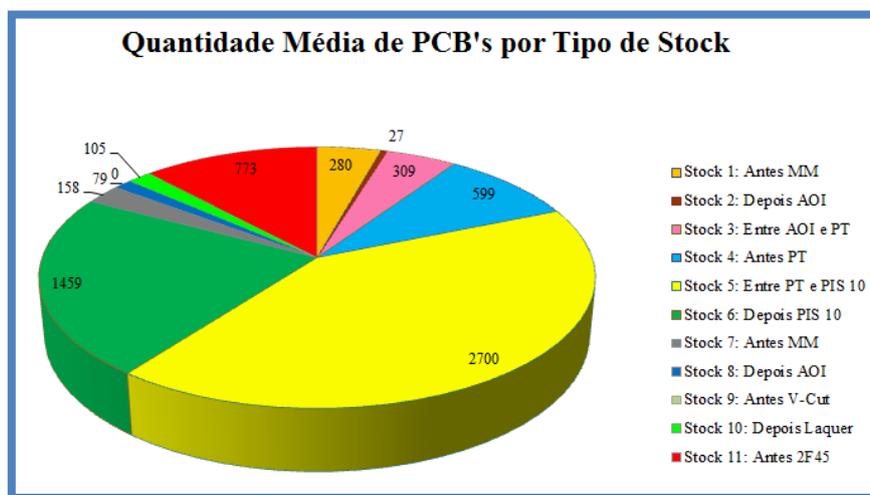


Figura 4. 29 - Quantidade média de PCB's por tipo de Stock

Pela contagem efetuada concluiu-se que, em média, no *Chassi System Control* existiam 6 489 PCB's em stock. Isto significa que o *WIP* médio presente em toda a secção permitia produzir 6 489 sensores (produto final).

Além disso, verificou-se também que 85,2% do stock existente na secção é devido ao stock 5 (entre o PT e o PIS 10), ao stock 6 (depois do PIS 10), ao stock 11 (antes da célula 2F45) e ao stock 4 (antes do PT), como mostra o gráfico de pareto apresentado na figura 4.30.

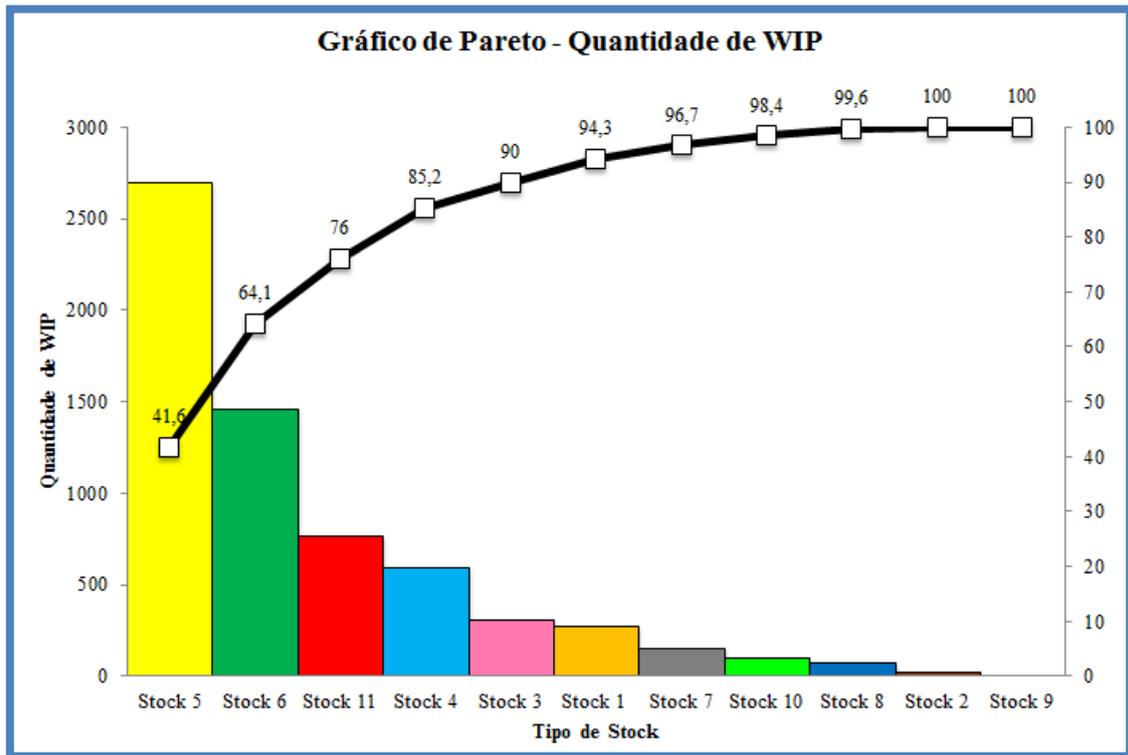


Figura 4.30 – Gráfico de pareto da quantidade média de WIP no CC

Ao longo da contagem do WIP da secção foram identificadas as seguintes anomalias:

- *Containers* incompletos (alguns apenas com uma placa *nutzen*);
- Tipos de placas diferentes no mesmo *container*;
- *Containers* sem identificação ou mal identificados;
- *Containers* vazios em alguns *stocks*;
- Os mesmos *containers* de dia para dia (*stock* parado);
- Colocação de *containers* em *stocks* errados devido à falta de espaço no *stock* correto.

4.10.3. Tempo de Atravessamento (Produto LWS 5.3R.4)

Para averiguar qual é o tempo de atravessamento de um *container* na secção, foi seleccionado o produto mais produzido – LWS 5.3R.4 (placa 8 638 548 979).

Para o cálculo do tempo de atravessamento da placa *nutzen* deste sensor (somatório do produto entre WIP e tempo de ciclo, em cada processo) foram utilizados os tempos de ciclo médios do Pré-Tester, dos Pinos (PIS 10) e da Montagem final, presentes no quadro XVIII.

Quadro XVIII - Tempo de ciclo médio do PT, Pinos e Montagem Final

	Pré-Tester	Pinos (PIS 10)	Montagem Final
TC médio/PCB	5,3 seg	5,8 seg	22,5 seg

Note-se que são utilizados tempos de ciclo médios, pelo facto de poder estar qualquer tipo de placa *nutzen* nos stocks que abastecem estes processos (cada produto tem o seu tempo de ciclo nos respectivos subprocessos da pré-montagem e na montagem final).

Assim sendo, verifica-se que, em média, um container do produto LWS 5.3R.4 (placa 8 638 548 979) demora cerca de 15h12min a atravessar a pré-montagem (tempo desde que entra na pré-montagem do CC até entrar na respetiva célula de montagem final):

$$\begin{aligned}
 TA_{\text{container } 8\ 638\ 548\ 979} &= \\
 &= \left((WIP_{\text{antes Pré-Tester}} + \text{Quantidade PCB's } 8638548979 \text{ por container}) \times TC_{\text{médio no Pré-Tester}} \right) + \\
 &+ \left((WIP_{\text{antes PIS 10}} + \text{Quantidade PCB's } 8638548979 \text{ por container}) \times TC_{\text{médio no PIS 10}} \right) + \\
 &+ \left((WIP_{\text{antes MontagemFinal}} + \text{Quantidade PCB's } 8638548979 \text{ por container}) \times TC_{\text{médio na MontagemFinal}} \right) = \\
 &= ((599 + 92) \times 5,3) + ((2700 + 92) \times 5,8) + ((1459 + 92) \times 22,5) = \\
 &= 15h12min
 \end{aligned}$$

(2)

5. FIFO LANE VS SUPERMERCADO

- 5.1. Identificação do Stock entre Processos
- 5.2. FIFO Lane entre Processos
- 5.3. Supermercado entre Processos

5. FIFO LANE VS SUPERMERCADO

Nesta quinta parte do relatório está presente o estudo sobre a viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre os processos da secção *Chassi System Control* da Bosch Car Multimédia.

5.1. Identificação do Stock entre Processos

Como já foi referido anteriormente, a secção é composta por dois processos principais. Um deles – a pré-montagem, é composto por diferentes subprocessos e o outro – a montagem final, é formado por quatro células de montagem final.

A análise da viabilidade da implementação de *FIFO Lane* ou *Pull System* entre os processos do *CC* consiste no estudo do stock entre a pré-montagem e a montagem final, como mostra a figura 5.1.

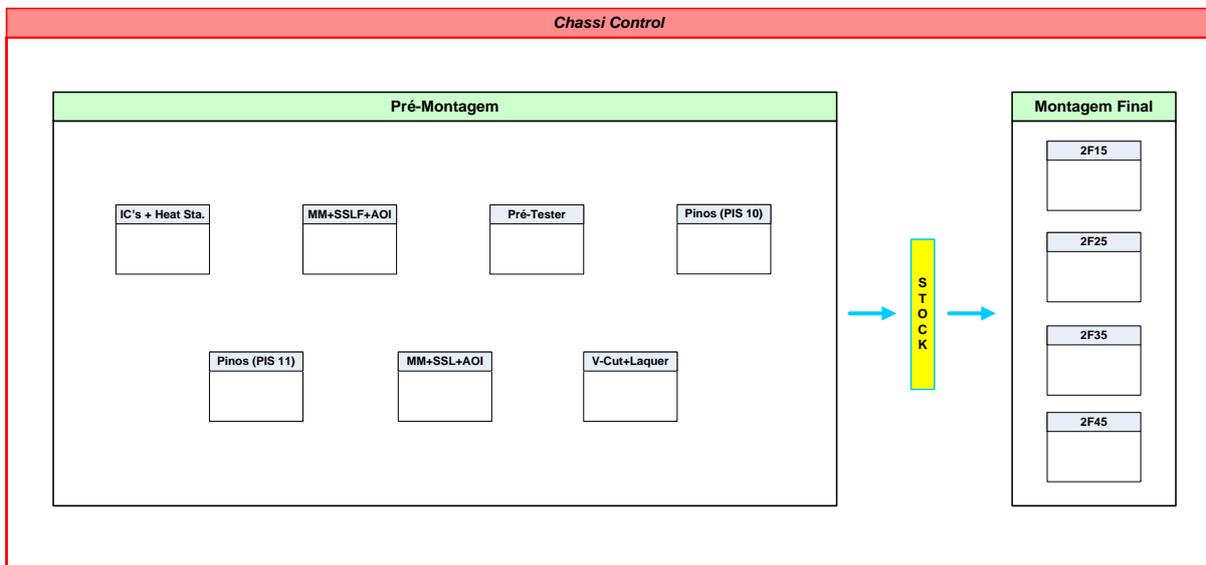


Figura 5.1 – Identificação do stock entre os processos do CC

Passa-se em seguida a analisar a viabilidade da implementação de FIFO Lane ou supermercado entre a pré-montagem e a montagem final.

5.2. FIFO Lane entre Processos

A opção por FIFO Lane entre a pré-montagem e a montagem final, implica que o plano de produção seja enviado para o primeiro processo, como mostra a figura 5.2.

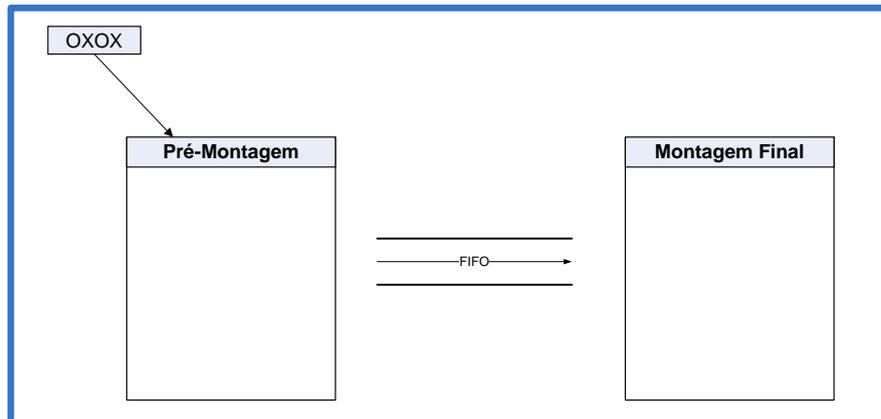


Figura 5.2 – FIFO Lane entre a PM e a MF

Desta forma, toda a produção seria efectuada de acordo com as necessidades do cliente apresentadas no plano produtivo (quer em quantidade quer em sequência) e o fluxo de informação tornar-se-ia muito mais claro, na medida em que o primeiro processo produziria de acordo com o plano de produção e o segundo processo de acordo com o que estaria presente na FIFO Lane.

Outra vantagem da utilização de uma FIFO Lane entre os processos, seria a redução de *work-in-process* no sistema, relativamente à situação atual. Entre estes processos apenas existiria o WIP realmente necessário, ou seja a quantidade de material necessária para fazer face à diferença de capacidades entre os dois processos.

5.2.1. Problemas

Não fosse a secção em estudo tão complexa ao ponto de possuir quinze fluxos produtivos diferentes, a FIFO Lane entre a *pré-montagem* e a *montagem final* poderia ser uma opção viável.

O facto da pré-montagem ser composta por vários subprocessos e a montagem final por várias células faz com que a FIFO Lane tenha mais do que um processo a abastecê-la e mais do que um processo a consumi-la.

A figura 5.3 mostra os subprocessos que podem abastecer cada uma das células da montagem final com placas *nutzen*.

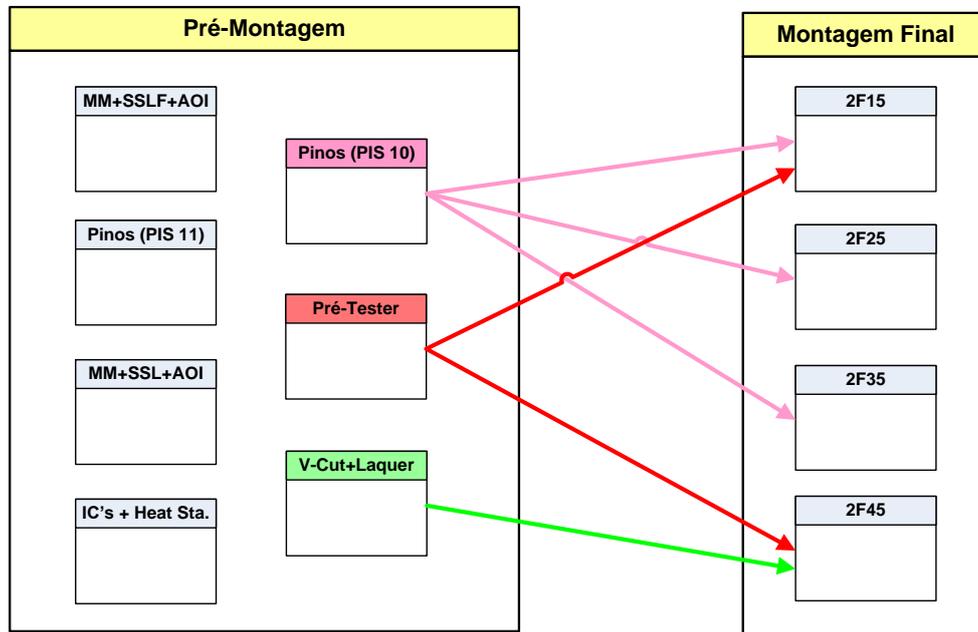


Figura 5.3 – Subprocessos da pré-montagem que abastecem as células de montagem final

Garantir que a sequência com que o material é introduzido na FIFO Lane pelos subprocessos da pré-montagem é a mesma sequência com que o material será consumido pelas quatro células da montagem final é o grande problema da viabilidade da implementação de FIFO Lane nestas condições.

A figura 5.4 ilustra os fornecedores e consumidores da FIFO Lane.

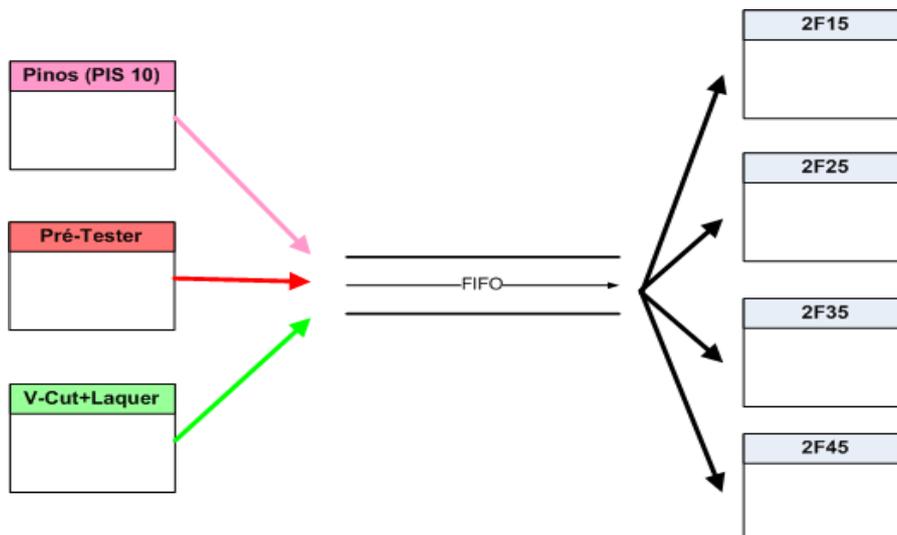


Figura 5.4 – Fornecedores e consumidores da FIFO Lane

Mesmo que fosse utilizada uma FIFO Lane para cada célula da montagem final, como mostra a figura 5.5, o problema da sincronização da produção não estaria resolvido.

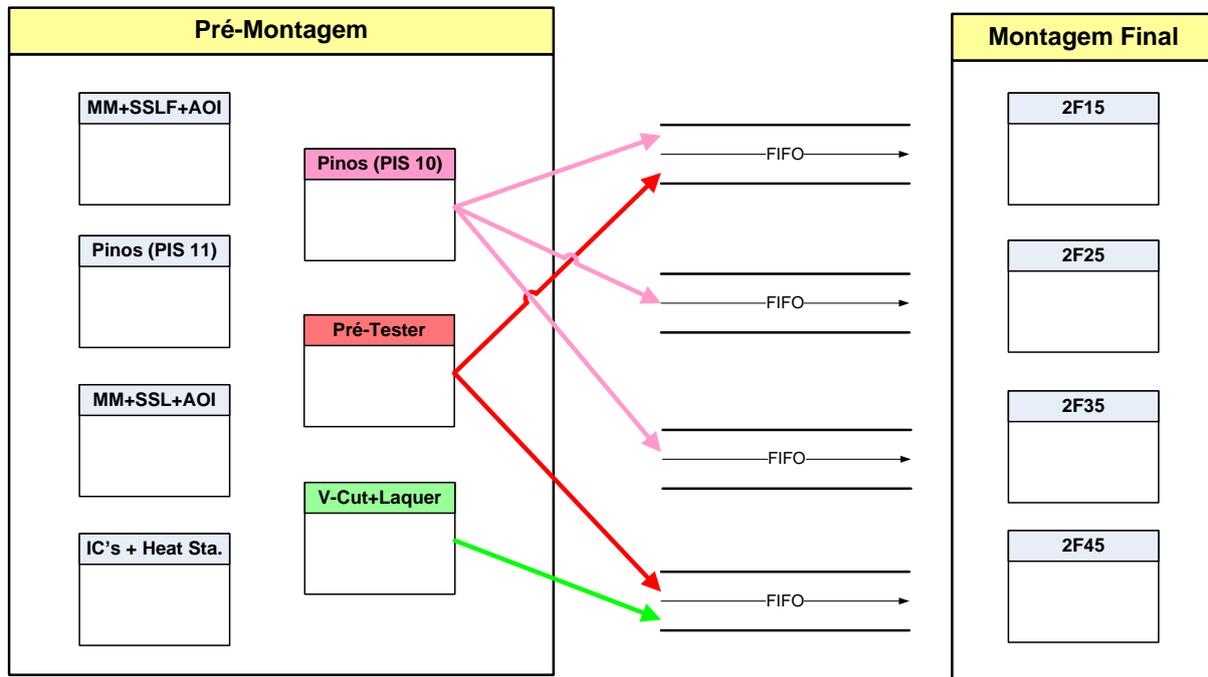


Figura 5.5 – Uma FIFO Lane para cada célula da montagem final

Com a utilização de uma FIFO Lane para cada célula da montagem final, as células 2F15 e 2F45 ficariam com dois subprocessos a abastecer as suas FIFO Lanes e as células 2F25 e 2F35 apenas com um.

Nestas condições, apenas a célula 2F35 teria assegurada a igualdade da sequência de entrada de material na FIFO Lane com a sequência de saída, uma vez que todas as placas *nutzen* consumidas pela célula têm o mesmo fluxo produtivo na pré-montagem.

Nas restantes células podem entrar placas *nutzen* com diferentes fluxos produtivos na pré-montagem, que consequentemente faz com que elas tenham diferentes tempos de atravessamento. Se se considerarem dois *containers* – um com 200 pcb's do tipo A que passam pelos subprocessos pré-tester e pinos (PIS 10) e o outro com 200 pcb's do tipo B que passa apenas pelo subprocesso de pinos (PIS 10) e assumindo que o plano de produção diz para produzir primeiro o *container* com placas do tipo A e depois o *container* com placas do tipo B, embora o *container* do tipo A entre primeiro na pré-montagem, pode acontecer que o *container* do tipo B chegue à FIFO Lane antes do *container* do tipo A, que vai ser necessário na célula de montagem final em primeiro lugar.

É por esta razão que se conclui que uma FIFO Lane para cada célula também não é viável.

Mesmo que fossem propostas FIFO Lane para as células, por tipo de processo fornecedor como mostra a figura 5.6, o mesmo problema poderia ocorrer (no exemplo dado anteriormente, o processo fornecedor (último processo pelo qual a placa *nutzen* passou na pré-montagem) era o mesmo e o problema da ordem de abastecimento da FIFO Lane ser diferente da ordem de consumo, aconteceu).

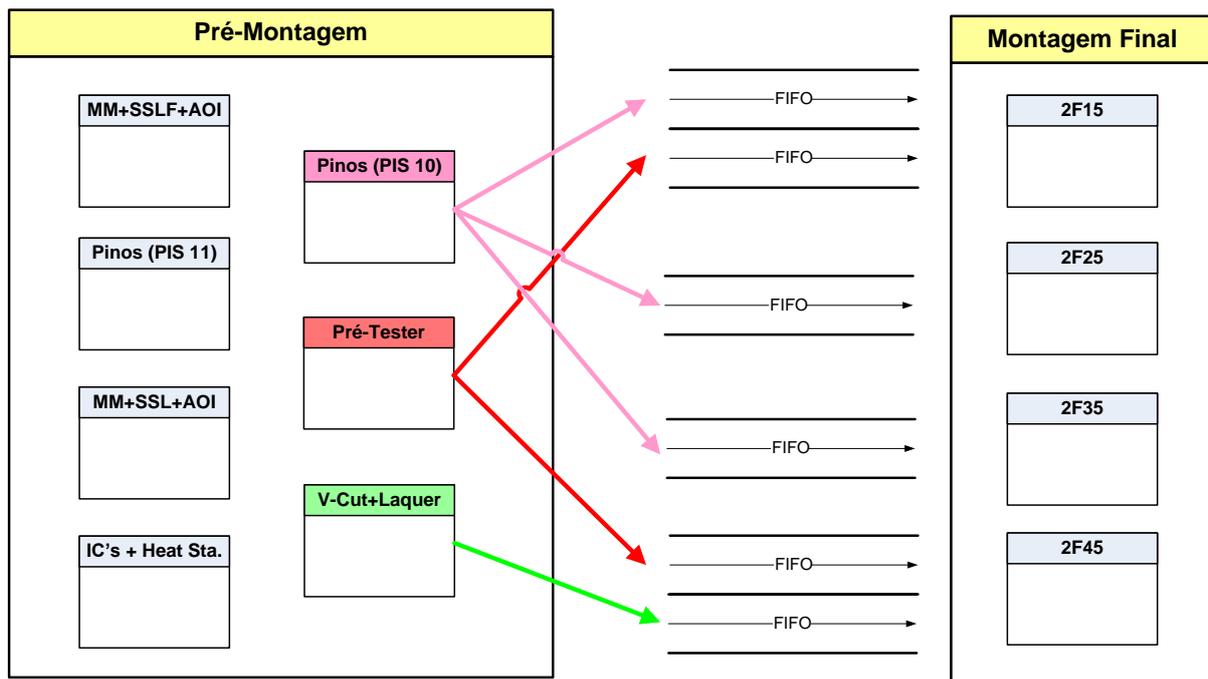


Figura 5.6 - FIFO Lanes por tipo de processo fornecedor

Mesmo que a entrada de material nas FIFO Lanes acontecesse sempre na sequência correcta, com esta proposta ter-se-ia um outro problema: as células 2F15 e 2F45 deixavam de saber de qual FIFO Lane deveriam retirar material. Para colmatar este problema o plano de produção teria de ser enviado também para a montagem final, o que resultaria em desperdício.

Além dos problemas apresentados até ao momento e que desaconselham a implementação de FIFO Lane entre a pré-montagem e a montagem final, existe um outro. Quando se utilizam FIFO Lane pressupõe-se que o plano de produção seja enviado para o primeiro processo – o problema é que todos os subprocessos, à exceção do *IC's+Heat Stacking*, são o primeiro subprocesso de alguma placa *nutzen* processada na pré-montagem. Isto implicaria que fossem realizados seis planos de produção (um para cada subprocesso), devidamente sincronizados. Este problema também torna a implementação de FIFO Lane

inviável pelo facto da dificuldade de realizar seis planos diferentes mas sincronizados entre eles e de acordo com as necessidades do cliente (células da montagem final).

5.2.2. Conclusão Sobre Viabilidade da Implementação de FIFO Lane

Pelos problemas apresentados anteriormente conclui-se portanto que na secção em estudo, não é viável aplicar FIFO Lane, entre os processos *pré-montagem* e *montagem final*.

5.3. Supermercado entre Processos

Ao contrário da FIFO Lane, a implementação do supermercado implica que o plano de produção seja enviado para o processo *pacemaker*, ou seja um processo por onde todas as placas passem. Como já foi possível verificar em esquemas apresentados em figuras anteriores, o único processo comum a todas as placas é a montagem final (onde as placas são utilizadas na montagem dos sensores).

Assim sendo, o plano de produção deve ser enviado para o processo de *montagem final* e o supermercado colocado entre a *pré-montagem* e a *montagem final*, como mostra a figura 5.7.

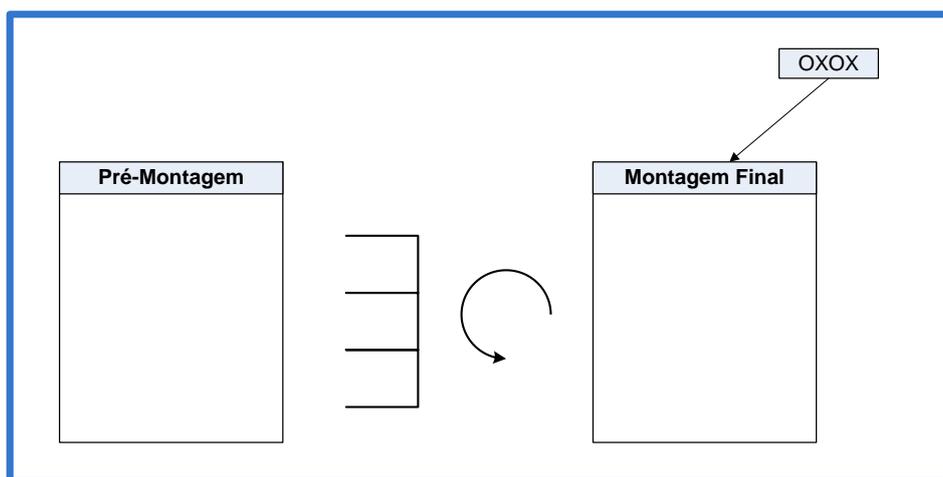


Figura 5.7 – Supermercado entre processos

Com a introdução de um supermercado, a montagem final pode ser diretamente abastecida do supermercado e à medida que é retirado material do supermercado é enviada uma ordem de produção para o primeiro subprocesso da pré-montagem da placa em questão,

utilizando *kanbans*, que indicam o que deve ser produzido na pré-montagem e em que quantidades, de forma a repôr no supermercado, o que de lá foi consumido.

Com a implementação do supermercado, só é produzido o que é necessário e na sequência com que o consumo acontece.

5.3.1. Conclusão Sobre Viabilidade da Implementação de Supermercado

Pelo facto de não ter sido identificado qualquer problema que inviabilize a implementação da sistemática inerente ao supermercado no CC, conclui-se portanto que este sistema deve ser estudado e projetado.

6. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DO SUPERMERCADO

6.1. Funcionamento Geral do Sistema Proposto

6.2. Supermercado para Produtos A

6.3. Produção de Produtos C

6.4. Dimensionamento do Supermercado

6. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DO SUPERMERCADO

Nesta parte será projetado o supermercado para o *Chassi System Control*. Será apresentado o funcionamento do sistema como um todo e estudadas as respectivas implicações da proposta.

6.1. Funcionamento Geral do Sistema Proposto

O supermercado proposto entre os processos *pré-montagem* e *montagem final* conterá apenas placas de produtos A (cerca de 80% da produção), devido à elevada diversidade de produtos fabricados na secção. Além disso os produtos B e C não são fabricados com tanta frequência como os produtos A. Por esta razão não se justifica incluir este tipo de produtos no supermercado – só aumentaria a quantidade de *work in process* da secção e o tamanho do supermercado.

A figura 6.1 ilustra o esquema do supermercado entre a pré-montagem e a montagem final preenchido com *containers* de placas *nutzen* utilizadas em produtos A.

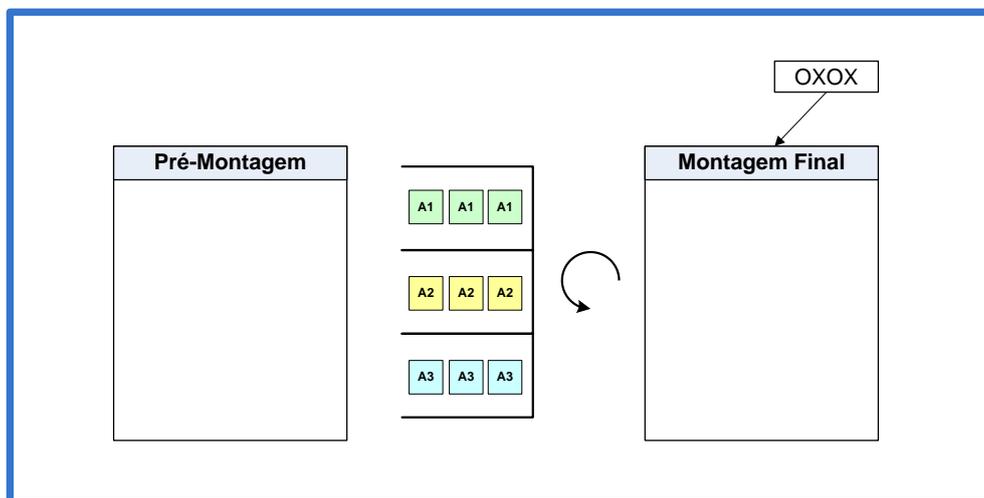


Figura 6.1 – Supermercado com containers de placas *nutzen* utilizadas em produtos A

Quando uma célula precisar de ser abastecida com um *container* de placas usadas num produto A, esse *container* é retirado diretamente do supermercado (utilizando um *kanban* de transporte) para abastecer a célula. Para repôr a quantidade retirada, é enviado um *kanban* (de produção) para a pré-montagem, o qual indica que tem de ser produzido um *container* de

determinado tipo de placa, para repôr no supermercado. A figura 6.2 ilustra este procedimento.

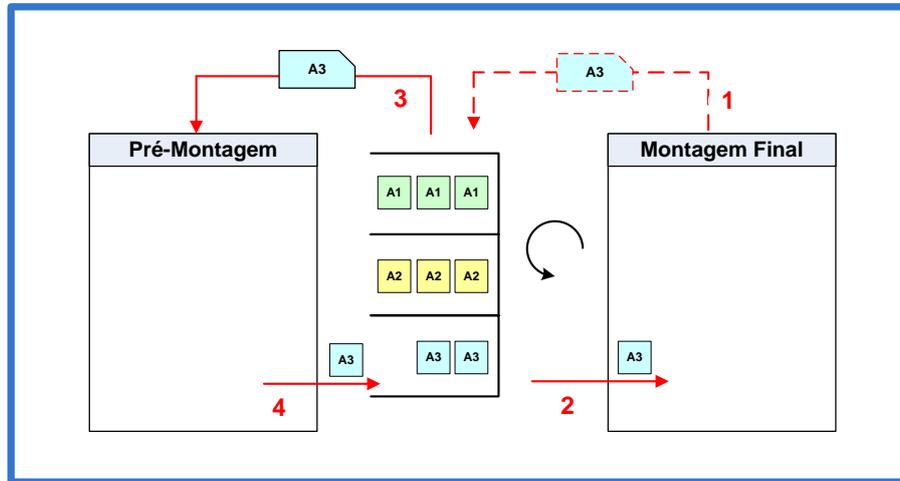


Figura 6.2 – Funcionamento do sistema *kanban* no CC

O objetivo desta proposta é produzir apenas o que é necessário, quando é necessário e na sequência correta. Passa-se agora a detalhar o funcionamento do sistema produtivo proposto.

6.2. Supermercado para Produtos A

Neste ponto será apresentado o funcionamento do sistema proposto para os produtos A do *Chassi System Control* – sistema puxado com supermercado.

6.2.1. Construção de Lote

Quando um *container* é retirado do supermercado para abastecer a montagem final é enviado um *kanban* para a pré-montagem indicando que deve produzir um *container* de determinado tipo de placa para repor no supermercado. Se a pré-montagem produzir *kanban* a *kanban*, independentemente do tipo de placa, os processos poderão não ter capacidade de resposta suficiente devido ao elevado número de *changeovers* que irão sofrer.

Por esta razão, e para colmatar tal problema, propõe-se que em caso de necessidade sejam construídos lotes de *kanbans*, por tipo de placa, antes de os enviar para a pré-montagem, como ilustra a figura 6.3.

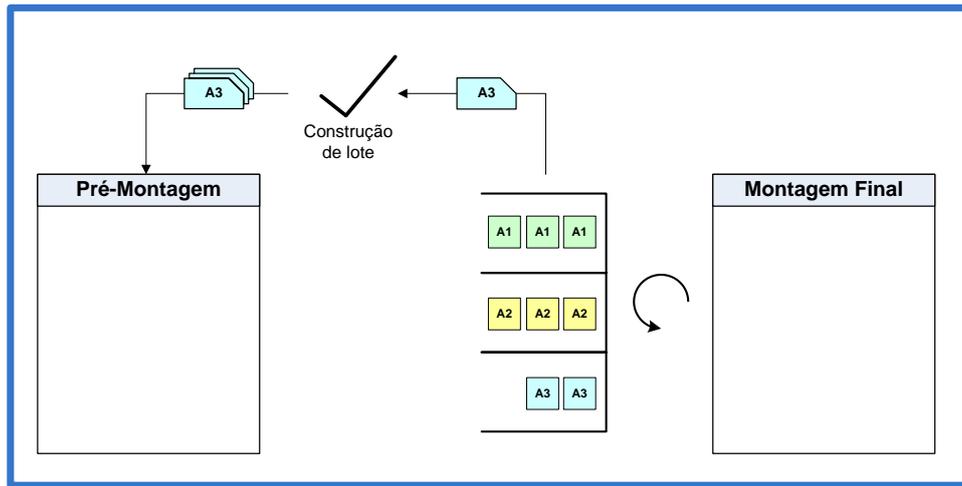


Figura 6.3 – Construção de lote

Desta forma, sempre que um *container* é retirado do supermercado, é colocado o seu respectivo *kanban* no quadro de construção de lote. Quando o lote desse tipo de placa estiver completo (por exemplo, seis *containers*) é enviado para a pré-montagem, para que seja produzido. Desta forma reduzem-se o número de *changeovers* e o processo passa a ter mais capacidade.

A figura 6.4 ilustra um exemplo de um quadro de construção de lote.

Quadro de Construção de Lote		
A1	A2	A3
█	█	
█	█	
█	█	
	█	
	█	

Figura 6.4 – Quadro de Construção de Lote

6.2.2. Sequenciadores

Com o objetivo de simplificar ao máximo o fluxo de informação e identificar desvios ao processo, propõe-se a introdução de sequenciadores nos subprocessos da pré-montagem.

Os sequenciadores, tal como o nome indica, mostram a sequência de produção em determinado processo.

Para além da sequência pretende-se também que os sequenciadores indiquem o horário de produção de cada *kanban*, como mostra a figura 6.5.

Sub-Processo X		
Turno 1	06:00	
	06:05	
	06:10	
	(...)	
Turno 2	14:30	
	14:35	
	14:40	
	(...)	
Turno 3	23:00	
	23:05	
	23:10	
	(...)	

Figura 6.5 – Sequenciador

Pretende-se que cada sequenciador esteja dimensionado para um dia de trabalho. Uma vez que durante a semana se trabalham 24h em três turnos e ao fim-de-semana 20h em dois turnos, então será necessário ter dois sequenciadores em cada subprocesso da pré-montagem (um para a semana e um para o fim-de-semana).

Com a utilização de sequenciadores em todos os subprocessos da pré-montagem a pessoa responsável por abastecer estes processos (operador da pré-montagem) sabe exatamente o que deve produzir em cada um deles e a que horas, sem perguntar nada aos chefes de linha nem consultar os quadros de cada uma das células, tentando gerir em simultâneo as necessidades das quatro células com a capacidade da pré-montagem.

Consultando os sequenciadores, qualquer pessoa sabe exatamente o que vai ser produzido em determinado momento do tempo, em qualquer um dos subprocessos da pré-montagem. Além disso, a utilização de sequenciadores faz com que o operador não tenha de

dizer constantemente ao *milkrun* quais os tipos de placas que precisa, em que quantidades e para que subprocessos. Os sequenciadores permitem ao *milkrun* saber em que momentos do tempo precisa de abastecer cada subprocesso, bastando para isso consultar os respectivos sequenciadores.

Trabalhar utilizando sequenciadores torna o fluxo de informação mais transparente.

A figura 6.6 mostra o funcionamento do sistema puxado (com supermercado) com a utilização de construção de lotes e sequenciadores.

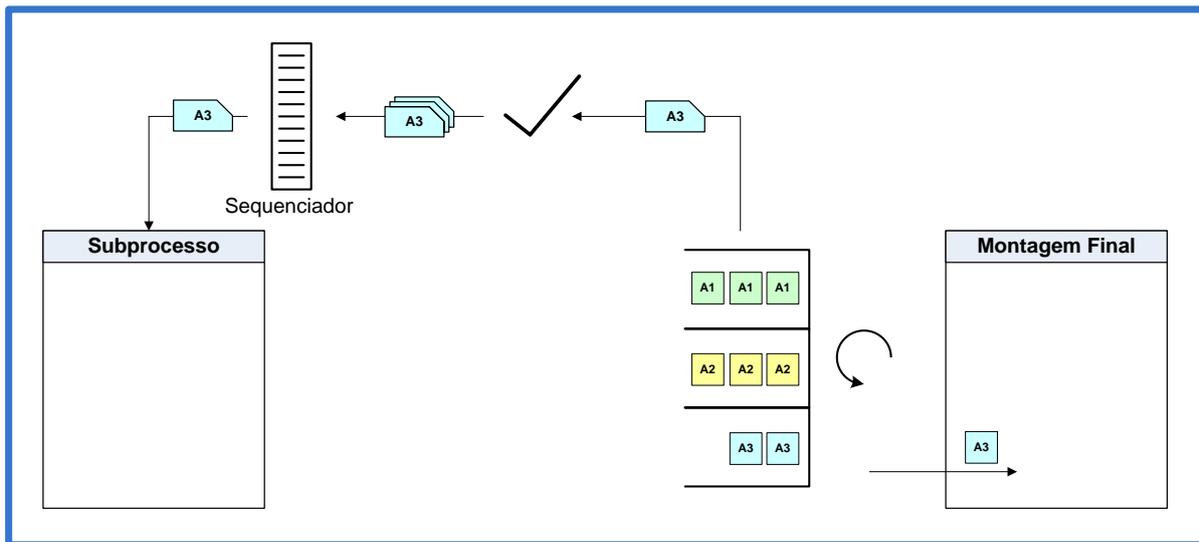


Figura 6.6 – Sistema puxado usando construção de lotes e sequenciador

Note-se que quando um lote de *kanbans* fica concluído no quadro de construção de lotes é colocado no sequenciador do primeiro subprocesso da pré-montagem que o respectivo tipo de placa sofre. Para saber quais os subprocessos que cada tipo de placa sofre, sem perguntar a ninguém e sem que haja equívocos, propõe-se que os *kanbans* de cada tipo de placa indiquem qual o fluxo produtivo da placa no CC.

A utilização de sequenciadores tem outra vantagem – a possibilidade de verificar se o processo está atrasado ou não, permitindo nos casos de atraso tomar medidas preventivas, para evitar consequências negativas devido àquele atraso – algo que não era possível na situação inicial.

A figura 6.7 ilustra a análise efetuada aos sequenciadores.

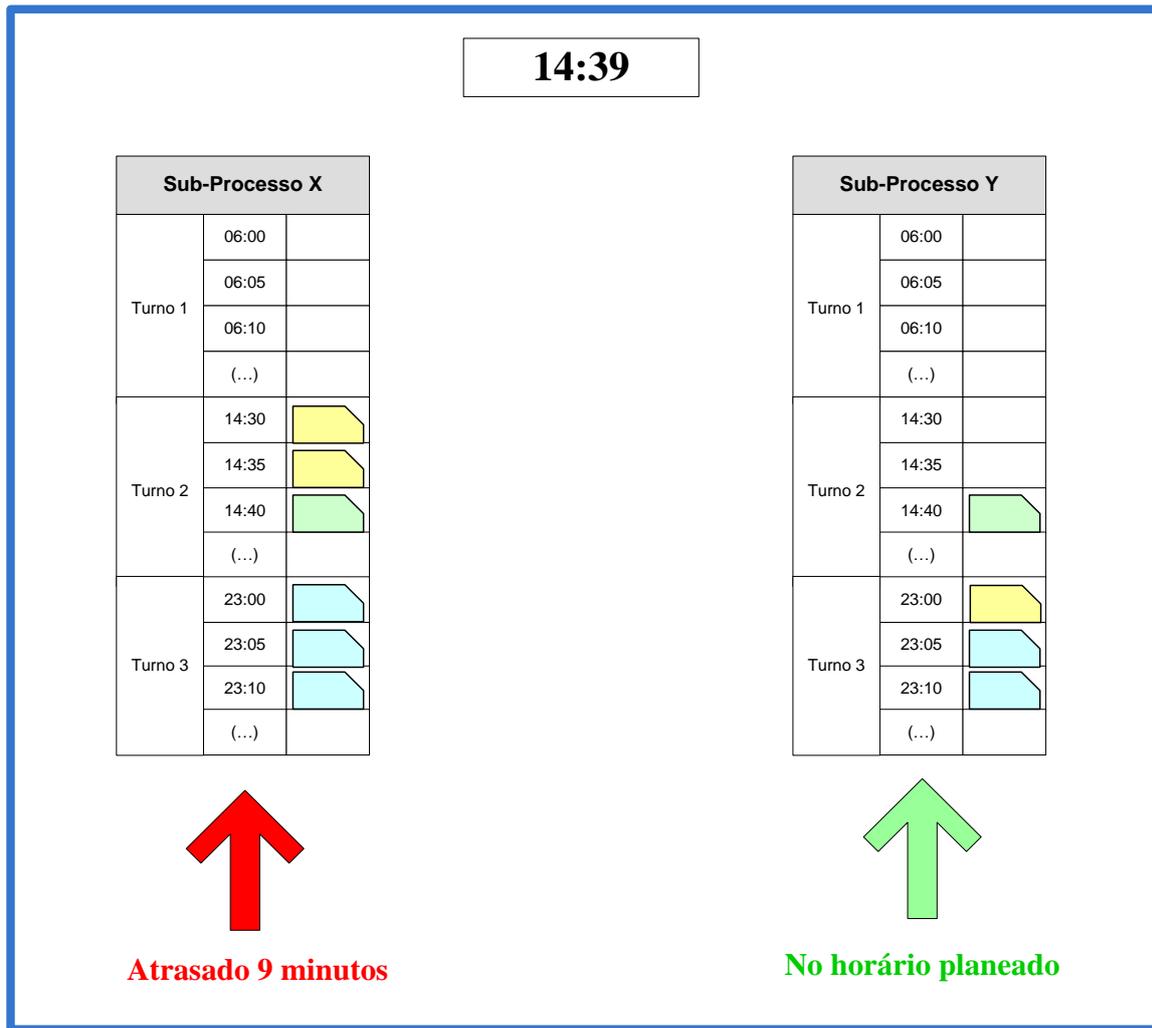


Figura 6.7 – Identificação de atrasos nos sequenciadores

6.2.3. Caixas de Produção

Os sequenciadores por si só poderão não ser suficientes. Se o sequenciador de um determinado subprocesso não tiver capacidade para “armazenar“ a quantidade de *kanbans* dos *containers* retirados do supermercado, os *kanbans* que não forem inseridos imediatamente no sequenciador têm de ser armazenados em algum local, enquanto esperam para entrar no sequenciador do seu respetivo subprocesso. Para isso propõe-se que sejam utilizadas caixas de produção em cada um dos subprocessos da pré-montagem.

As caixas de produção recebem os lotes de *kanbans* vindos do quadro de construção de lotes e por sua vez abastecem os sequenciadores, como mostra a figura 6.8.

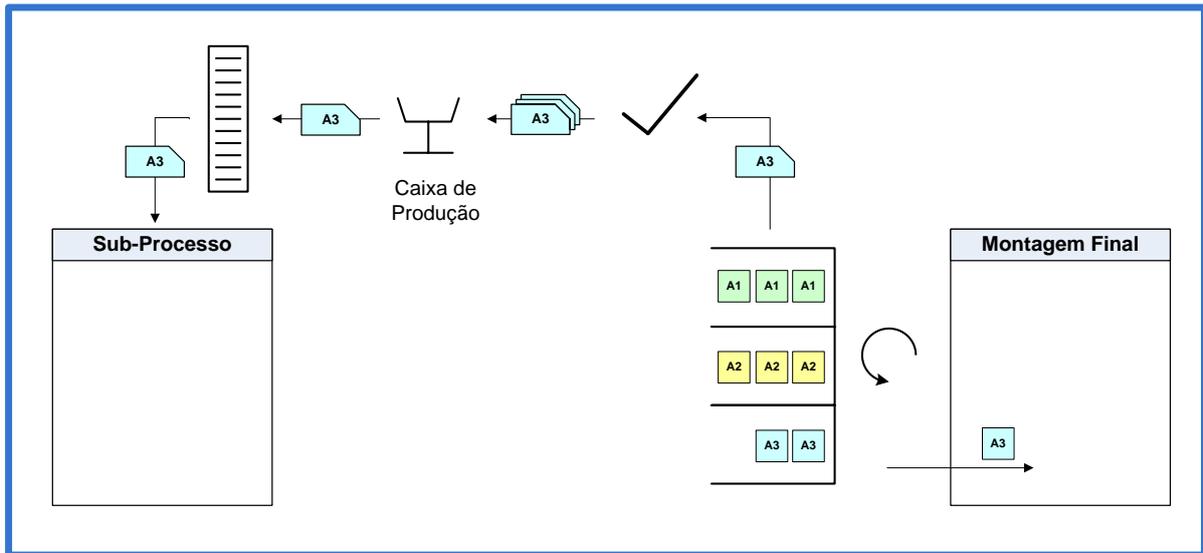


Figura 6.8 – Sistema puxado usando construção de lotes, caixa de produção e sequenciador

Note-se que as caixas de produção recebem os lotes de *kanbans* pela parte de cima e fornecem *kanbans* pela parte de baixo, de forma a não se perder a sequência correta de produção, como mostra a figura 6.9.



Figura 6.9 – Exemplo do abastecimento de uma caixa de produção

6.2.4. Cartões *Kanban*

Propõe-se que os *kanbans* contenham a seguinte informação:

- Tipo de placa *nutzen*;
- Tipo de produto em que o tipo de placa é utilizada;

- Número de placas e pcb's por *kanban (container)*;
- Fluxo produtivo;
- Tempo que cada *kanban* demora a processar em cada um dos subprocessos da pré-montagem e na montagem final.

6.2.5. Stocks entre os Subprocessos da Pré-Montagem

A presente dissertação foca-se no estudo do stock entre os dois principais processos do *Chassi System Control* mas, é conveniente que os stocks existentes entre os subprocessos da pré-montagem também sejam estudados.

Dentro da pré-montagem existem subprocessos que são abastecidos por mais do que um subprocesso e por isso existe atualmente diferentes stocks com placas para o mesmo subprocesso e o mesmo stock com placas para diferentes subprocessos. Esta situação provoca sérias dificuldades na gestão de stocks na medida em que faz com que seja necessário percorrer todos os stocks da secção que abastecem determinado subprocesso para saber que *wip* existe para lá ser processado.

Com o objetivo de melhorar a gestão visual para o controlo de stock existente antes de cada um dos subprocessos e desta forma tornar-se visualmente mais fácil perceber se existe muito ou pouco material para ser processado em determinado subprocesso, propõe-se que exista um único stock para abastecer cada um dos subprocessos.

Na secção existem três subprocessos que são abastecidos por outro(s) subprocesso(s):

1. o Pré-Tester é abastecido por: MM+SSLF+AOI, MM+SSL+AOI e Pinos (PIS 11);
2. o Pinos (PIS 10) é abastecido pelo pré-tester;
3. o “V-Cut+Laquer“ é abastecido pelo Pinos (PIS 11), MM+SSL+AOI e Pré-Tester.

A figura 6.10 ilustra os subprocessos que são abastecidos e abastecem outros subprocessos e os respetivos stocks entre subprocessos propostos.

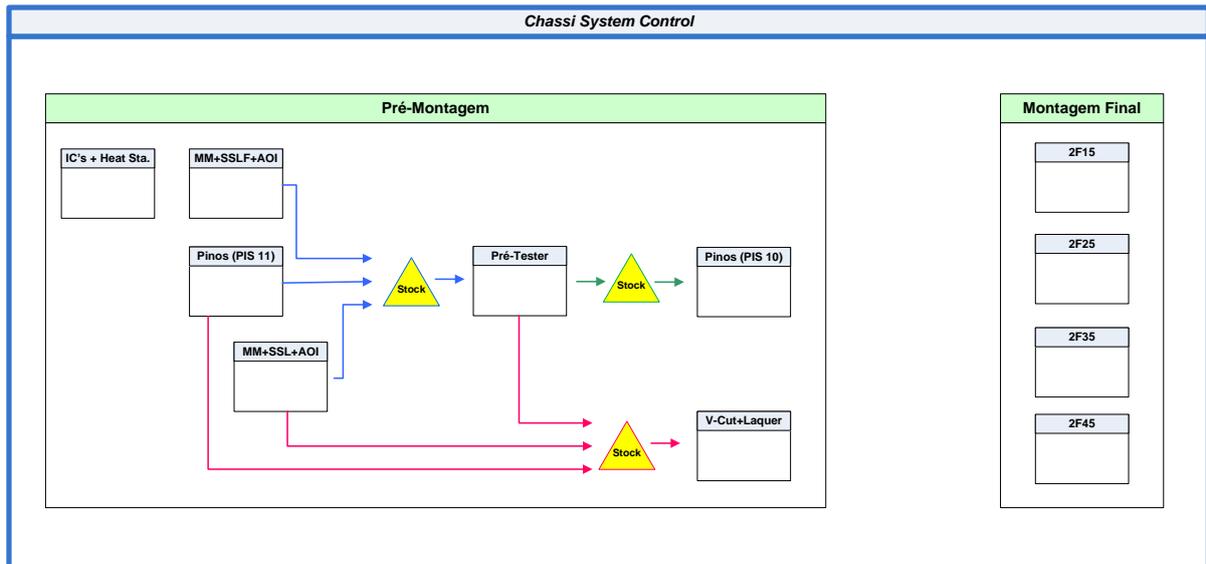


Figura 6.10 – Stock propostos entre os subprocessos da pré-montagem

Além destes stocks serem abastecidos com placas vindas de subprocessos, todos eles podem também ser abastecidos com placas *nutzen* vindas diretamente da inserção automática, uma vez que existem tipos de placas *nutzen* que iniciam o seu processamento nesses subprocessos.

- **Tipo de Stoks**

O tipo de stock que se propõe para os stocks entre os subprocessos da pré-montagem é FIFO Lanes.

Com este tipo de stock, sempre que um *container* for inserido na FIFO Lane, também o seu respetivo *kanban* é introduzido na caixa de produção, garantindo a sequencia de produção no subprocesso em questão.

A utilização de FIFO Lanes faz com que a sequencia de material presente na caixa de produção e posteriormente no sequenciador do subprocesso, corresponde à sequencia de material presente na FIFO Lane que o abastece. Isto permite ao operador não *perder tempo* à procura do *container* de determinado *kanban* – quando retirar um *kanban* do sequenciador pega no *container* à saída da FIFO Lane (esse *container* corresponderá ao *kanban*).

Note-se que as FIFO Lanes são abastecidas por placas vindas de outros subprocessos e nunca por placas *nutzen* vindas diretamente da inserção automática.

O *milkrun* só toma conhecimento do tipo de placas que tem de trazer da inserção automática quando consulta os sequenciadores de cada subprocesso, como será explicado

mais à frente. Se ele introduzisse nas FIFO Lanes os *containers* que trás da inserção automática (atenção que o *milkrun* não movimentava *kanbans*) quebraria a sequência de material assegurada pela FIFO Lane. Por esta razão é proposto que para além da FIFO Lane exista também um WIP limitado dimensionado para o armazenamento de *containers* transportados pelo *milkrun*.

6.2.6. Resumo do Sistema Proposto para Produtos A

Com o sistema proposto, a necessidade de planeamento da pré-montagem termina, juntamente com todo o stress, problemas e desperdícios existentes inicialmente. Com esta proposta o operador, limita-se a produzir o que é consumido do supermercado, pelas células da montagem final e na sequência com que o material é consumido.

A figura 6.11 ilustra o esquema da proposta efetuada, isto é:

- Um supermercado de placas *nutzen* de produtos A entre a pré-montagem e a montagem final;
- Um quadro em cada célula (já existente na situação inicial);
- Um quadro de construção de lote;
- Caixas de Produção e Sequenciadores em todos os subprocessos;
- FIFO Lanes e WIP's limitados entre subprocessos.

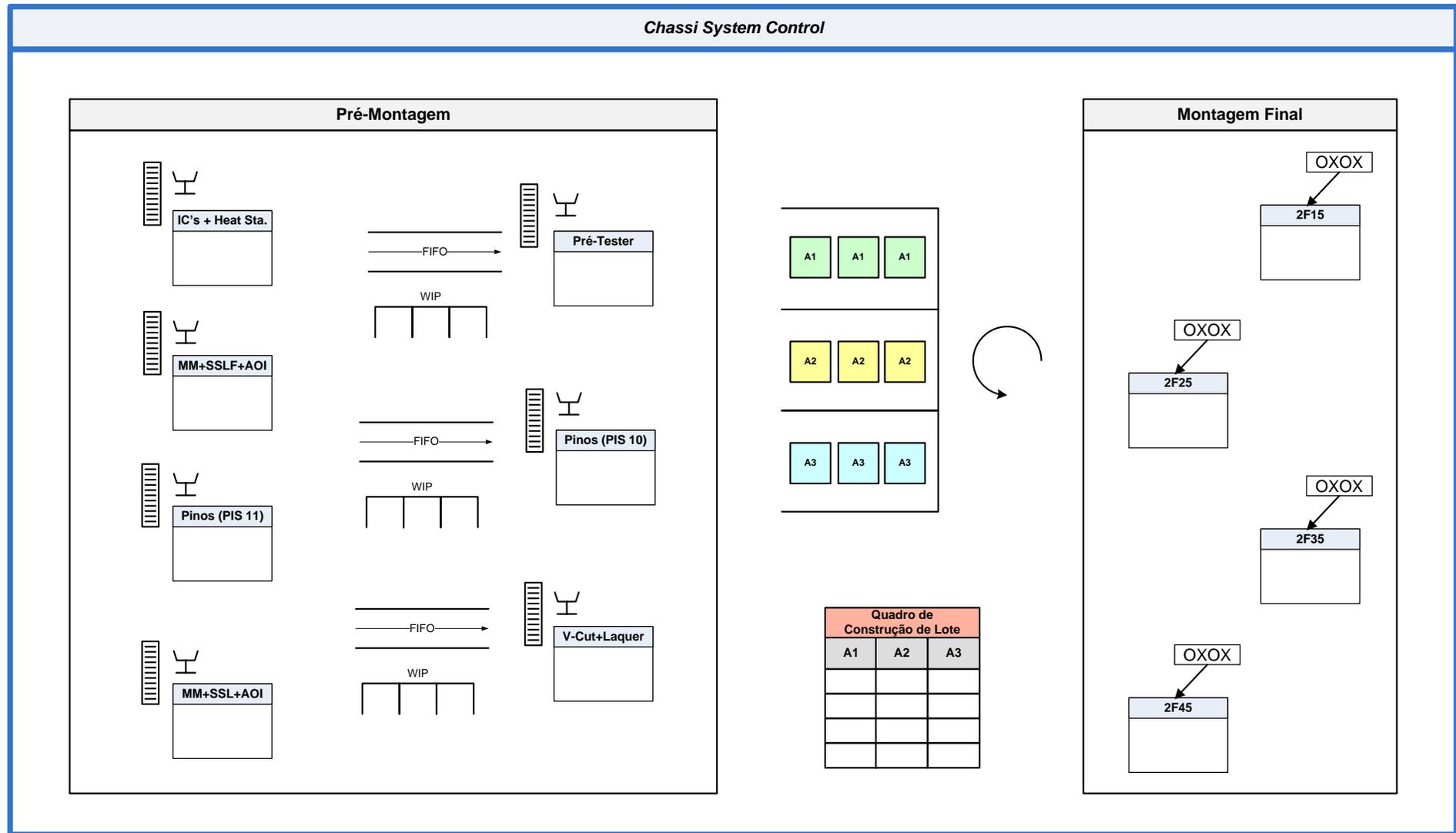


Figura 6.11 - Sistema Puxado (com supermercado) proposto para produtos A

6.2.7. Fluxo de Cartões *Kanban* e *Containers*

A movimentação de *kanbans* será da responsabilidade dos chefes de linha e do operador da pré-montagem enquanto que, a movimentação dos *containers* será exclusivamente da responsabilidade do operador da pré-montagem e do *milkrun*.

Passa-se em seguida a apresentar as responsabilidades de cada um deles.

a) Descrição do Papel dos Chefes de Linha no Fluxo de Cartões *Kanban*

Quando um turno iniciar o seu trabalho encontrará os quadros de célula das quatro células bem como todos os sequenciadores da secção preenchidos para o turno em questão. Desta forma a produção poderá arrancar sem existirem dúvidas do que é para produzir (os quadros de produção dizem o que as células têm de produzir e os sequenciadores mostram o que é para produzir em cada um dos subprocessos da pré-montagem).

Será da responsabilidade dos chefes de linha preencher os quadros de célula bem como os sequenciadores, para o turno anterior ao seu, com exceções ao fim-de-semana como se poderá ver na explicação apresentada em seguida. O preenchimento só deve ser efetuado pelo chefe de linha a meio do turno, para que quando exista um atraso no turno anterior, se assegure que o quadro de nivelamento e os sequenciadores desse turno estão completamente vazios para serem preenchidos.

Note-se que quando o sistema é implementado, inicia com os quadros de célula e os sequenciadores completamente preenchidos e o supermercado cheio (de acordo com o dimensionado).

Os quadros de célula devem ser preenchidos de acordo com o plano de produção realizado pela logística para cada uma das células. Também os *kanbans* utilizados para preencher os quadros de produção devem ter a duração do processo de montagem final do próprio *kanban*.

Para preencher cada um dos sequenciadores, os chefes de linha devem retirar *kanban* a *kanban* da respetiva caixa de produção e de acordo com o tempo de processamento indicado em cada *kanban* para aquele subprocesso, preencher o sequenciador. O mesmo procedimento é aplicado a todos os sequenciadores de todos os subprocessos da pré-montagem.

✚ Segunda, Terça, Quarta e Quinta-Feira

De segunda a quinta-feira o processo é igual, o chefe de linha do primeiro turno preenche os quadros de nivelamento e os sequenciadores do terceiro turno; o chefe de linha do segundo turno preenche os do primeiro turno; e o chefe de linha do terceiro turno preenche o segundo turno, como mostra a figura 6.12.

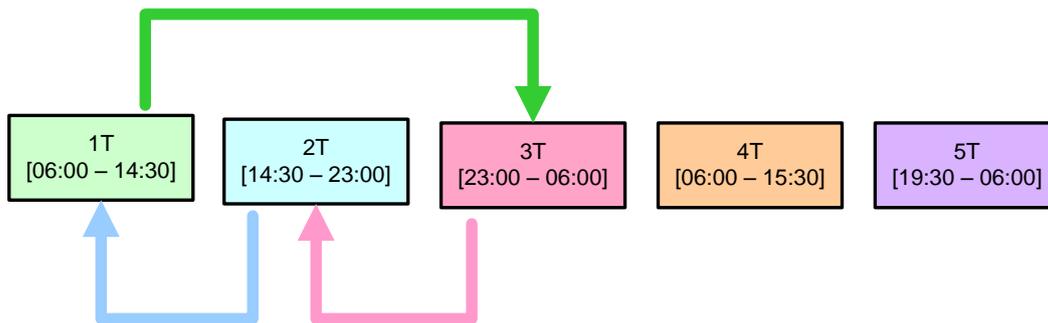


Figura 6.12 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores de segunda a quinta-feira

A lógica encontrada para o preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores encontra-se explicada em seguida, por turno.

Turno 1 [06:00 – 14:30]

Quando o primeiro turno inicia a sua produção à segunda-feira encontrará os quadros de produção das células bem como todos os sequenciadores preenchidos para o seu turno e para o próximo (2.º turno), tendo por preencher o 3º turno (porque o quinto turno acaba de sair). Por esta razão o chefe de linha do primeiro turno preenche o quadro de produção e os sequenciadores do terceiro turno do mesmo dia.

Turno 2 [14:30 – 23:00]

Chegadas as 14h30m, o primeiro turno deixa de produzir dando lugar ao segundo turno (das 14h30m às 23h). Por sua vez, quando o segundo turno começa a trabalhar, os quadros de produção e os sequenciadores estão preenchidos para o próprio turno e para o terceiro, mas para o primeiro não (porque acaba de sair).

Assim sendo, o chefe de linha do segundo turno preenche os quadros de produção do primeiro turno do dia seguinte.

Turno 3 [23:00 – 06:00]

Começando o terceiro turno a trabalhar, os quadros de produção e os sequenciadores estão preenchidos para os primeiro e terceiro turnos mas, não para o segundo turno que acaba de sair.

Por isso, o chefe de linha do terceiro turno preenche os quadros de produção e os sequenciadores para o segundo turno do dia seguinte.

✚ Sexta-Feira

À sexta-feira o primeiro turno continua a preencher os quadros de produção e os sequenciadores para o terceiro turno do mesmo dia mas, neste dia da semana o segundo turno já não tem o primeiro turno do dia seguinte para preencher, nem o terceiro turno tem o segundo turno do dia seguinte para preencher.

O que acontece à sexta-feira é que o segundo turno preenche os quadros de produção e os sequenciadores do quarto turno (das 6h às 15h30m) de sábado e o terceiro turno preenche o quinto turno (das 19h30m às 6h) de sábado, como mostra a figura 6.13.

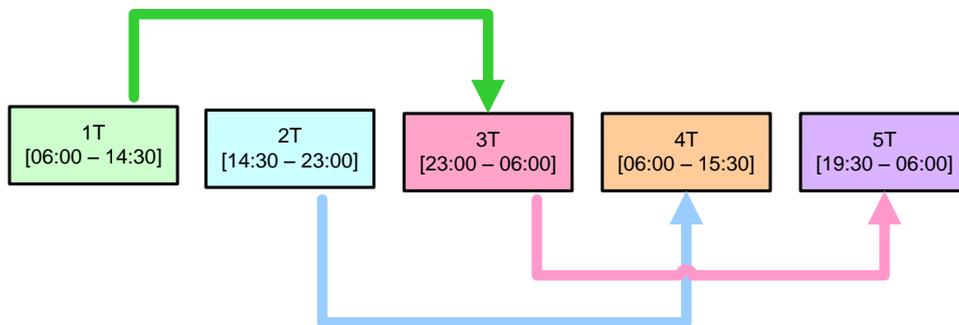


Figura 6.13 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores à sexta-feira

✚ Sábado

Quando o quarto turno entra às seis da manhã de sábado encontra os quadros de produção e os sequenciadores preenchidos quer para o seu turno quer para o quinto turno. Assim sendo, ao sábado, o chefe de linha do quarto turno não preenche nada. Por sua vez, quando o quinto turno, que entra às 19h30m de sábado, encontra os quadros de produção e os sequenciadores vazios, relativamente ao quarto turno (turno anterior ao seu). Por esta razão o

chefe de linha do quinto turno, ao sábado, preenche os quadros de produção e os sequenciadores para o quarto turno de domingo, como mostra a figura 6.14.



Figura 6.14 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores ao sábado

✚ Domingo

Ao domingo, o quarto turno quando chega às seis da manhã encontra os quadros de produção e os sequenciadores preenchidos para o seu turno mas, não para o quinto turno que acaba de sair. Por isso, o chefe de linha do quarto turno ao domingo preenche os quadros de produção e os sequenciadores do quinto de domingo. Além disso, este chefe de linha preenche ainda os quadros de produção e os sequenciadores do primeiro turno do dia seguinte (segunda-feira).

Por sua vez, o chefe de linha do quinto turno ao domingo preencherá os quadros de produção e os sequenciadores do segundo turno do dia seguinte, como se pode ver pela figura 6.15.

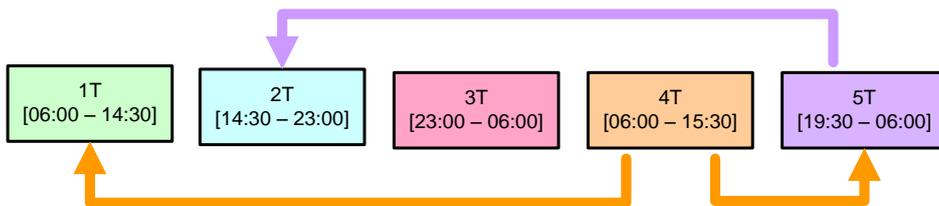


Figura 6.15 – Preenchimento dos quadros de nivelamento e dos sequenciadores ao domingo

Findo o quinto turno de domingo, quer os quadros de produção quer os sequenciadores encontram-se preenchidos da mesma forma com que esta expliação iniciou à segunda-feira. Para todas as semanas o processo é o mesmo.

As figuras 6.16 e 6.17 ilustram o esquema do procediemnto de preenchimento dos quadros de produção e dos sequenciadores, pelos chefes de linha, respetivamente.

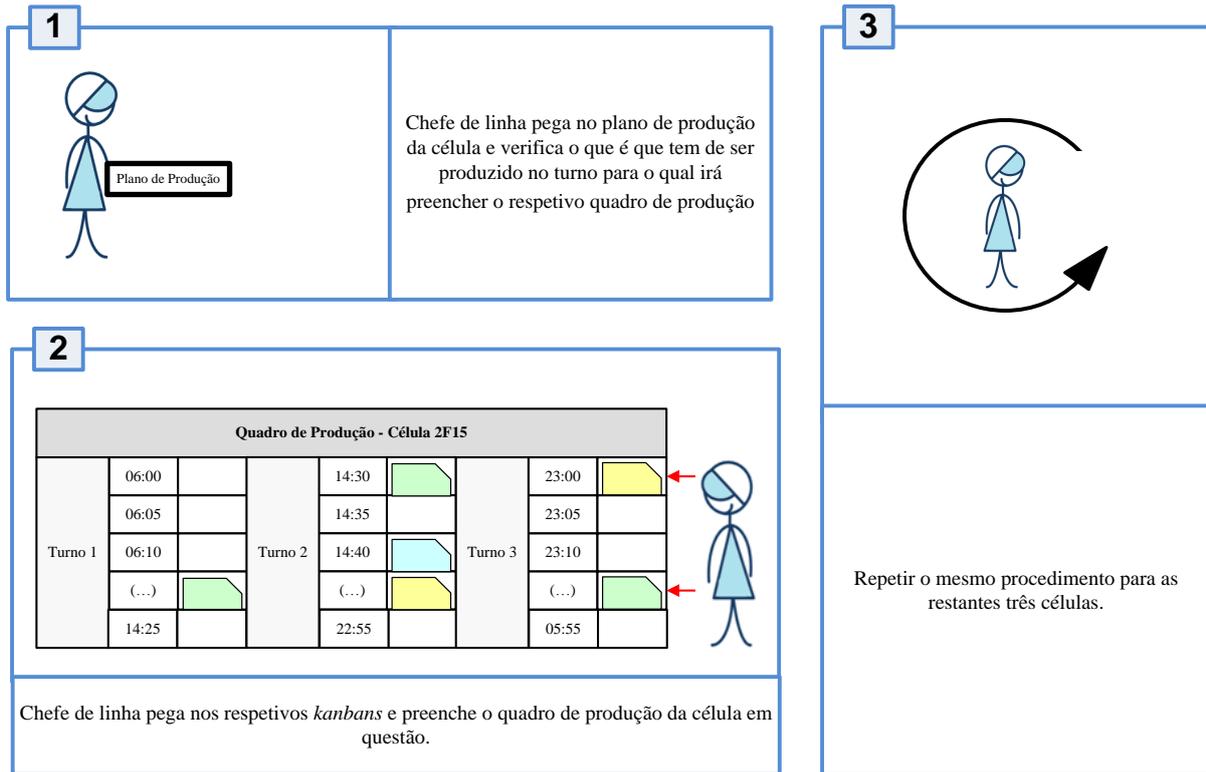


Figura 6.16 – Procedimento para o preenchimento dos quadros de produção das células

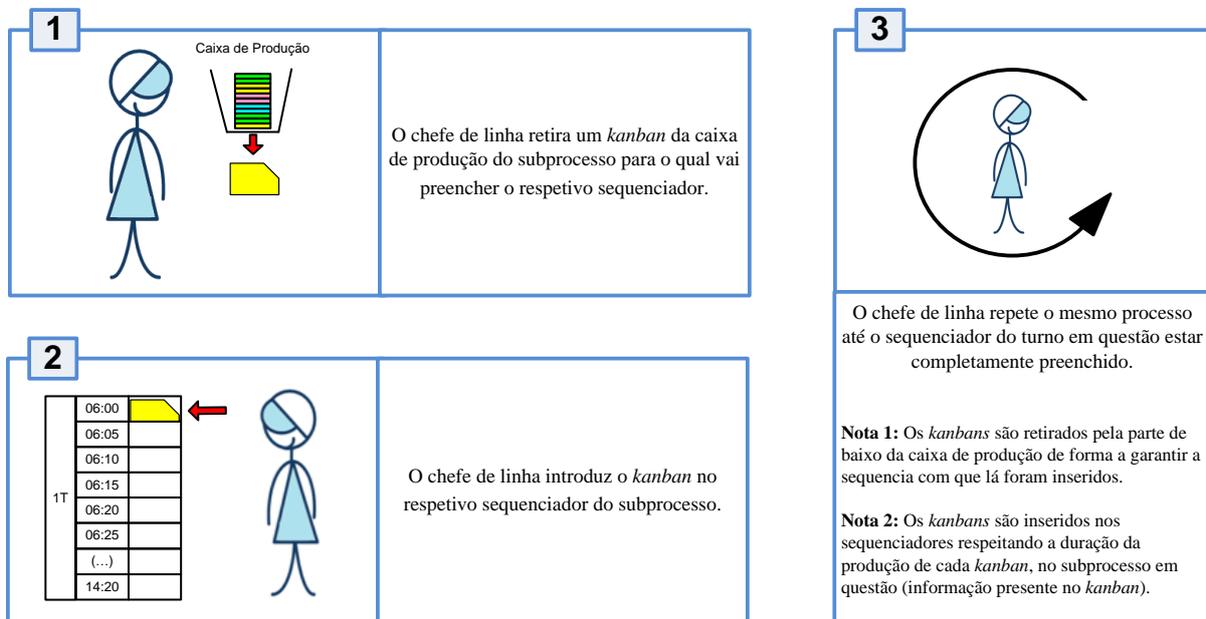


Figura 6.17 – Procedimento para o preenchimento dos sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem

b) Descrição do Papel do Operador da Pré-Montagem no Fluxo de Cartões Kanban e Containers

É da responsabilidade do operador da pré-montagem abastecer as células da montagem final bem como abastecer e descarregar todos os subprocessos da pré-montagem.

▪ **Abastecimento das Células da Montagem Final**

Sempre que o operador retire do supermercado um *container* para abastecer uma célula da montagem final tem de colocar o *kanban* que acompanha o *container* no quadro de construção de lote. Quando o lote de um determinado produto ficar completo deve ser inserido na caixa de produção do primeiro subprocesso da pré-montagem que a placa em questão passa, como mostra a figura 6.18.

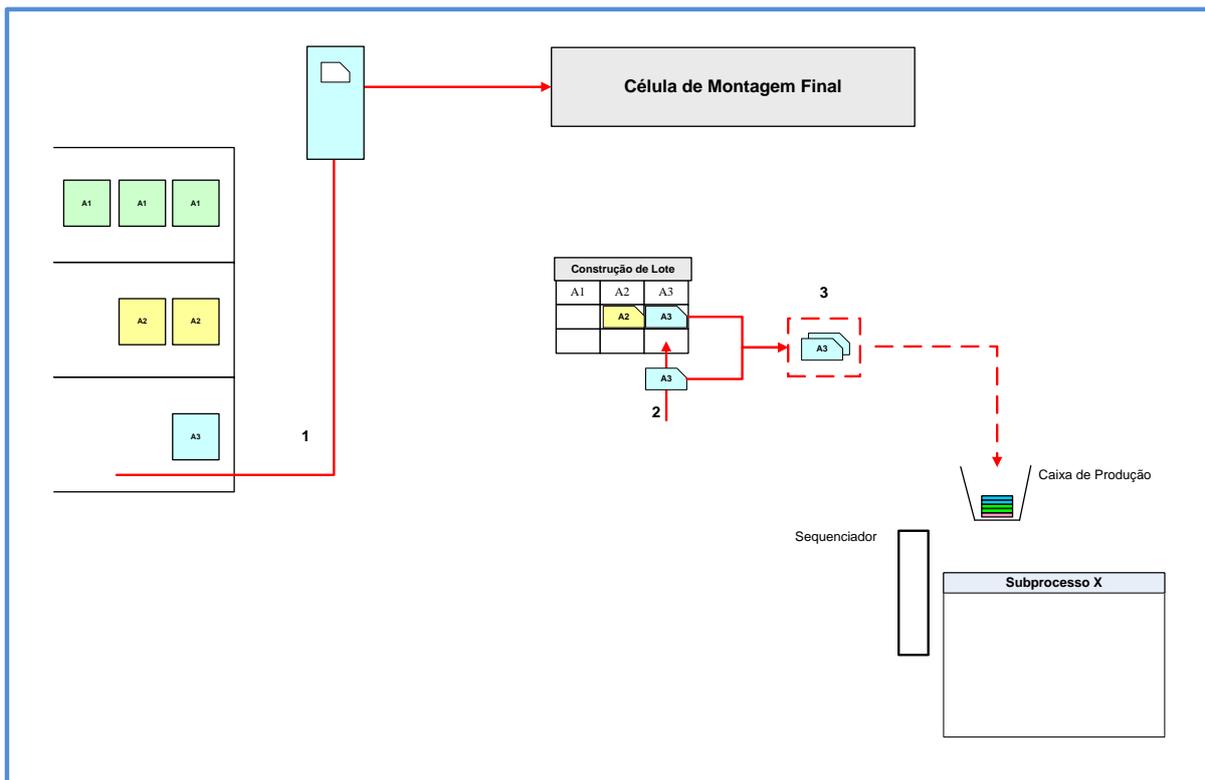


Figura 6.18 – Fluxo de kanbans no abastecimento de uma célula de montagem final

A inserção de um lote de *kanbans* na caixa de produção de um determinado subprocesso da pré-montagem deve acontecer pela parte superior da caixa e o consumo de *kanbans* pela parte inferior, como já mencionado anteriormente e ilustrado na figura 6.19.

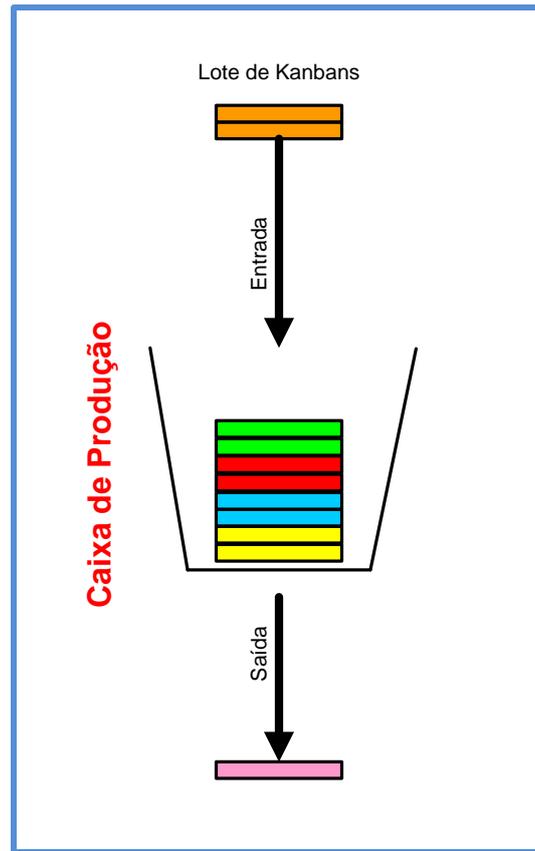


Figura 6.19 – Entrada e saída de *kanbans* da caixa de produção

O operador sabe sempre em que caixa de subprocesso tem de colocar o lote de *kanbans*, pelo fluxo produtivo da placa em questão presente no *kanban*.

- **Carregamento e Descarregamento dos Subprocessos**

Quando o operador descarrega um subprocesso, verifica no sequenciador qual é o próximo *container* a ser processado no subprocesso em questão, retira o *kanban* do sequenciador e abastece a máquina com o respectivo *container*.

Se o *container* vai sofrer o seu primeiro subprocesso então a matéria-prima encontra-se no WIP limitado que foi fornecido pela inserção automática. Se por outro lado, este *container* vai sofrer outro subprocesso que não o primeiro, então o material necessário encontra-se na FIFO Lane que abastece o subprocesso em questão, como mostra a figura 6.20.

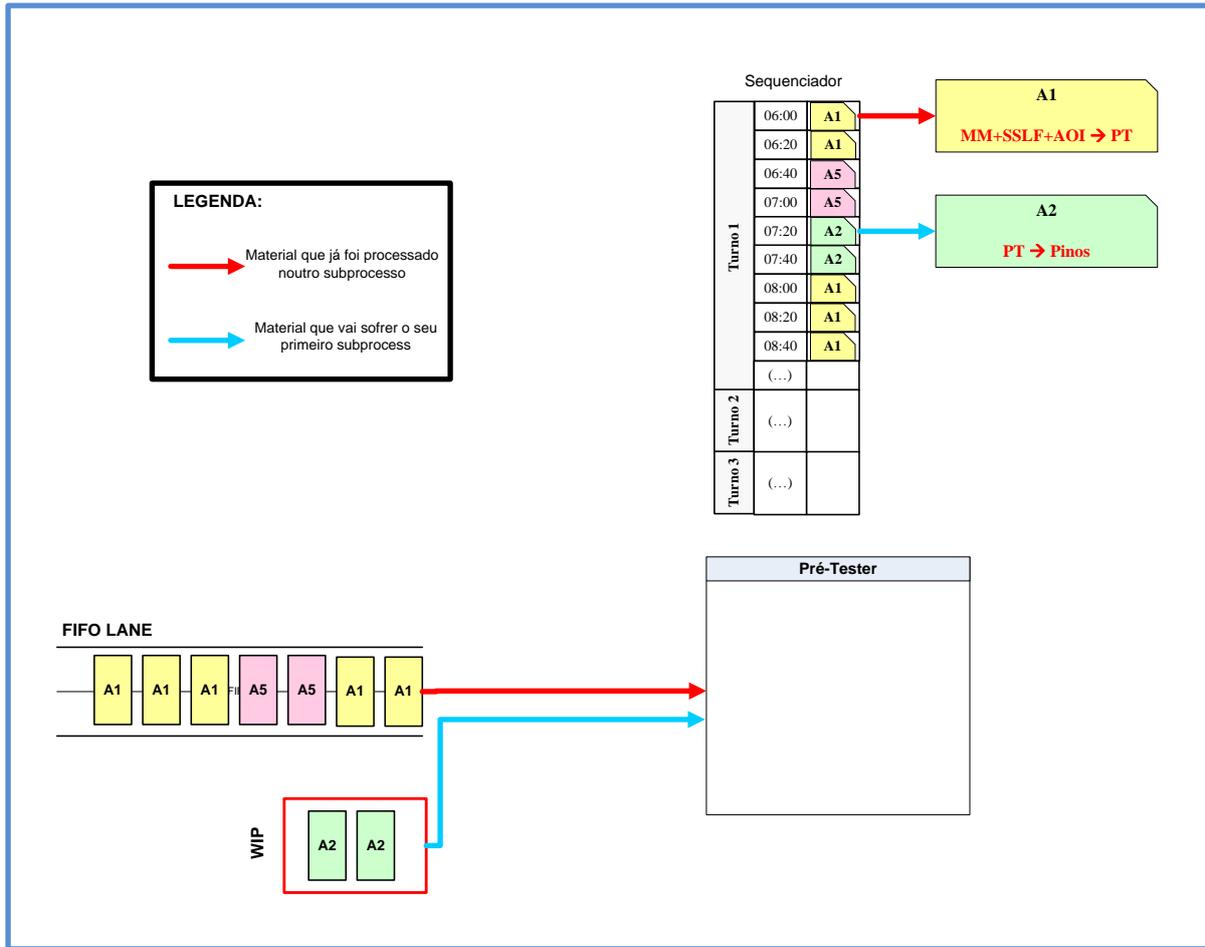


Figura 6.20 – Carregamento de um subprocesso

Quando um *container* acaba de ser processado num determinado subprocesso, deve esperar que o lote desse tipo de placa seja todo produzido. Só quando o lote tiver sido processado totalmente em determinado subprocesso é que pode ser enviado para o subprocesso seguinte. Isto acontece para que a produção em lotes seja assegurada em todos os subprocessos. Uma vez que duas das três FIFO Lanes podem ser abastecidas por mais do que um subprocesso, se se introduzisse *container* a *container* na FIFO Lane e *kanban* a *kanban* nas caixas de produção, poderia acontecer de entrar na FIFO Lane outros *containers* vindos de outros subprocessos, quebrando desta forma o lote do produto inserido anteriormente na FIFO Lane. Inserindo lotes completos de *containers* na FIFO Lane e lotes completos de *kanbans* nas caixas de produção, garante-se que toda a produção é efectuada no lote definido para esse tipo de placa.

O que o operador faz é inserir o lote de *containers* na FIFO Lane que abastece o subprocesso seguinte e o lote de *kanbans* na respetiva caixa de produção, como mostra a figura 6.21.

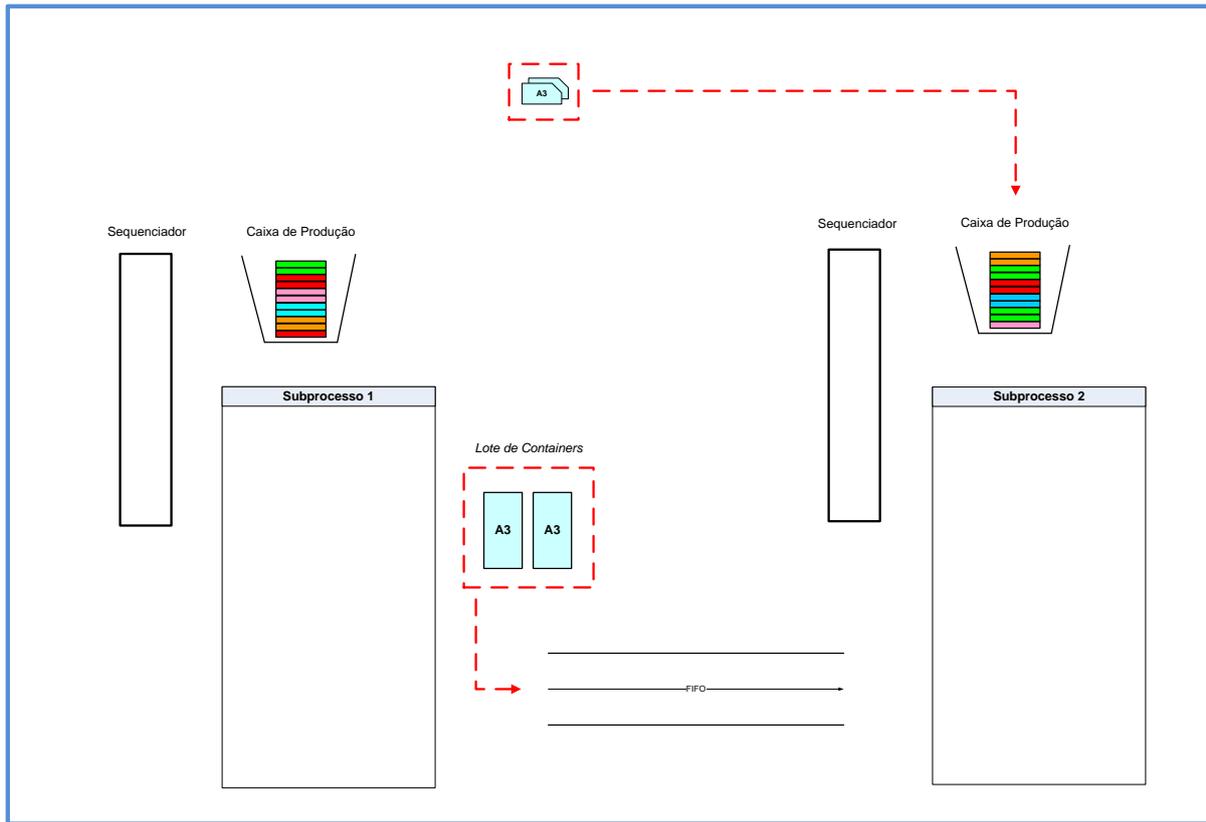


Figura 6.21 – Procedimento do descarregamento de um subprocesso

Caso um *container* de uma placa A esteja a sofrer o seu último subprocesso na pré-montagem, o que o operador deve fazer após a conclusão do seu processamento é introduzir o respetivo *kanban* no *container* e introduzi-lo no supermercado, como mostra a figura 6.22.

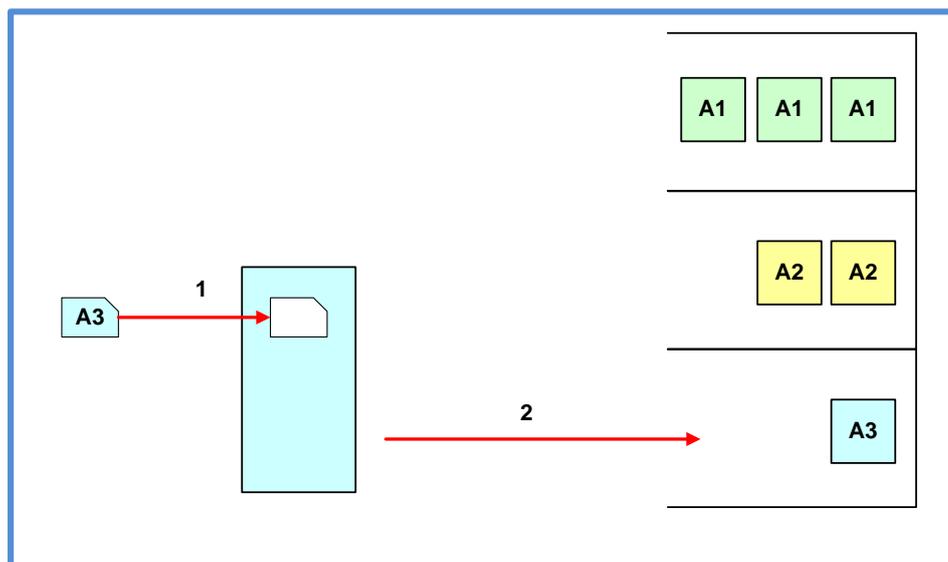


Figura 6. 22 – Procedimento para a inserção de *containers* no supermercado

c) Descrição do Papel do Milkrun no Fluxo de *Containers*

Ao contrário do que acontecia inicialmente, o *milkrun* deixa de ter a necessidade de perguntar ao operador da pré-montagem o que é necessário trazer da inserção automática para cada um dos subprocessos da pré-montagem.

Com a utilização de sequenciadores em cada um dos subprocessos, o *milkrun* passa a ter conhecimento do que vai ser processado em cada um dos subprocessos. Como é proposto que cada *kanban* tenha o fluxo produtivo da placa em questão então, o *milkrun* sabe exactamente para que *kanbans* terá de trazer material da inserção automática e a que horas (os sequenciadores dizem a hora em que cada *kanban* vai entrar em produção).

Desta forma o *milkrun* passa a ser completamente autónomo na gestão de material que tem de transportar da inserção automática para o *Chassi System Control*.

6.3. Produção de Produtos C

Note-se que, quando se referem "produtos C" pretende-se dizer cerca de 20% da produção, ou seja, estes produtos identificados como C, dizem respeito aos produtos B e C, classificados normalmente na Análise ABC.

As placas *nutzen* dos produtos C serão produzidas na pré-montagem consoante as encomendas, ou seja, *make to order* e não *make to stock* (supermercado) como acontece com a produção das placas *nutzen* dos produtos A. O funcionamento do sistema apresentado no ponto anterior é igual mas com algumas restrições:

- O preenchimento do sequenciador passa a iniciar com a colocação dos cartões dos produtos C e só posteriormente com a introdução dos cartões dos produtos A presentes nas caixas de produção de cada subprocesso;
- Os cartões dos produtos C nunca entram nas caixas de produção nem os *containers* de produtos C entram nas FIFO Lanes;
- A produção dos C, na pré-montagem, têm sempre prioridade.

6.3.1. Preenchimento dos Sequenciadores com Produtos C

Após o preenchimento de cada quadro de célula (para um determinado turno) o chefe de linha deve identificar a que horas vai entrar em produção cada um dos produtos C.

Imagine-se que se está no segundo turno e por isso o chefe de linha acaba de preencher o quadro da célula 2F15 para o primeiro turno do dia seguinte, ficando preenchido da forma como ilustra a figura 6.23.

Turno 1	
06:00	A1
07:00	
08:00	
09:00	C1
10:00	
11:00	A2
12:00	
13:00	
14:00	

Figura 6.23 – Exemplo do preenchimento do quadro de produção de uma célula para o primeiro turno

Após este passo, o chefe de linha deve verificar a que horas entra em produção cada um dos produtos C – neste caso apenas se tem um produto C (uma palete) a entrar em produção às 9 horas.

Posteriormente, o chefe de linha deverá analisar a informação presente no cartão do produto C em questão, mais propriamente o fluxo produtivo na pré-montagem das placas *nutzen* desse produto e o tempo que essa quantidade de material (uma palete) demora em cada um dos subprocessos. Imagine-se que este produto passa pelo *pré-tester* e pelos *pinos* (*máquina PIS 10*) e que no pré-tester demora 20 minutos e nos pinos 40 minutos a processar a quantidade de pcb's necessários para produzir essa paleta.

O que o chefe de linha teria de fazer era introduzir no sequenciador do pré-tester um cartão do produto C para iniciar às 8 horas e no sequenciador dos pinos um cartão deste produto para iniciar às 8:20, como mostra a figura 6.24.

Desta forma garantir-se-ia que as placas *nutzen* deste produto estivessem disponíveis para entrar na célula da montagem final às 9 horas.

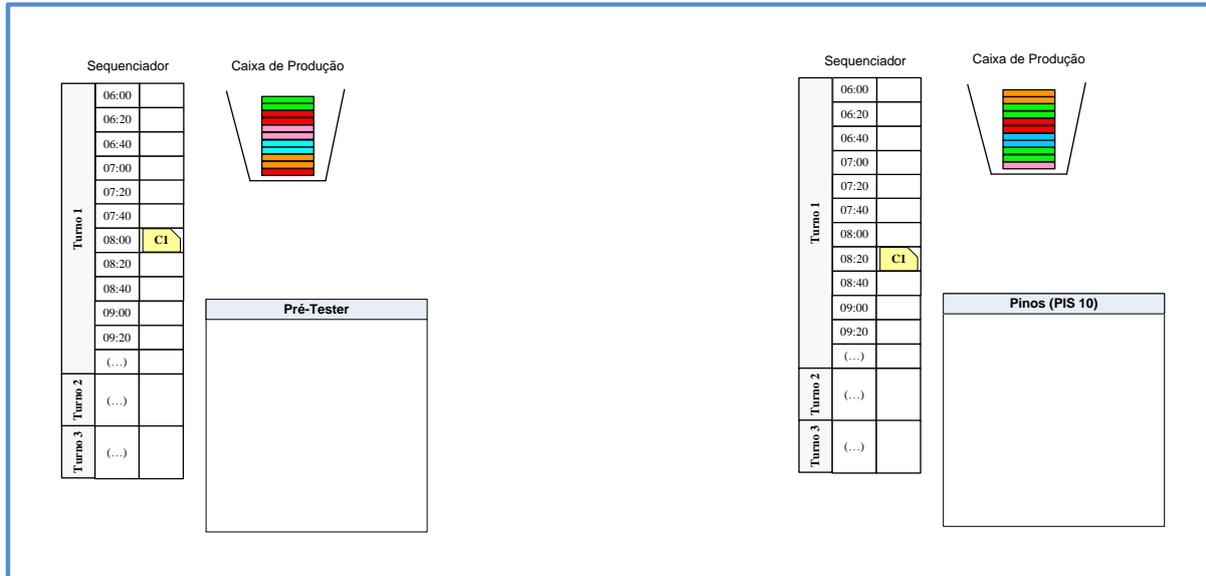


Figura 6.24 – Preenchimento de Sequenciadores com Produtos C

Este procedimento é efetuado para todos os produtos C da secção. Só no final do preenchimento dos sequenciadores com todos os produtos C é que o chefe de linha pode acabar de os preencher com os cartões presentes na caixa de produção de cada subprocesso.

A produção nestes subprocessos acontecerá tal como explicado anteriormente – de acordo com a informação presente no sequenciador de cada subprocesso.

6.3.2. Movimentação de *Containers* de Produtos C

Como referido anteriormente, os *containers* de placas *nutzen* de produtos C não entram nas FIFO Lanes entre processos. O que acontece é que a produção deste tipo de placas é programada na pré-montagem de forma a que a sua produção aconteça quase como que em *fluxo contínuo* – quando o *milkrun* trás os *containers* da inserção automática deixa-os no WIP Lane do respetivo primeiro subprocesso e a partir daí ele é processado nos diferentes subprocessos sem parar em nenhum stock.

6.3.3. Movimentação de Cartões de Produtos C

Os cartões de produtos C introduzidos nos sequenciadores dos subprocessos pelos chefes de linha apenas são indicativos de que determinada placa de um produto C será produzida naquele subprocesso em determinado momento do tempo. Quando a sua produção

acontece o cartão deve ser retirado do sequenciador pelo (pelo operador) e guardado num local para o efeito (ao contrário do que acontece com os cartões de produtos A, os cartões dos produtos C não entram na caixa de produção do processo seguinte).

6.3.4. Prioridade dos Produtos C

Uma vez que os produtos C são produzidos de acordo com as encomendas – *make to order*, não existindo stock das placas destes produtos armazenados no supermercado então, conclui-se que se houverem atrasos nos subprocessos, a montagem final poderá parar quando for produzir os C, por falta de placas devido aos atrasos da pré-montagem. Se os atrasos acontecessem com placas de produtos A não havia problema porque o supermercado teria stock e a célula não pararia.

O que se propõe é que sempre que haja um atraso em algum subprocesso, as placas dos produtos C sejam processadas à hora indicada ou se não for imediatamente possível, logo que possível.

Depois da produção dos C à hora prevista produzem-se os A em atraso na sequência dada pelo sequenciador. Considere-se o cenário apresentado na figura 6.25.

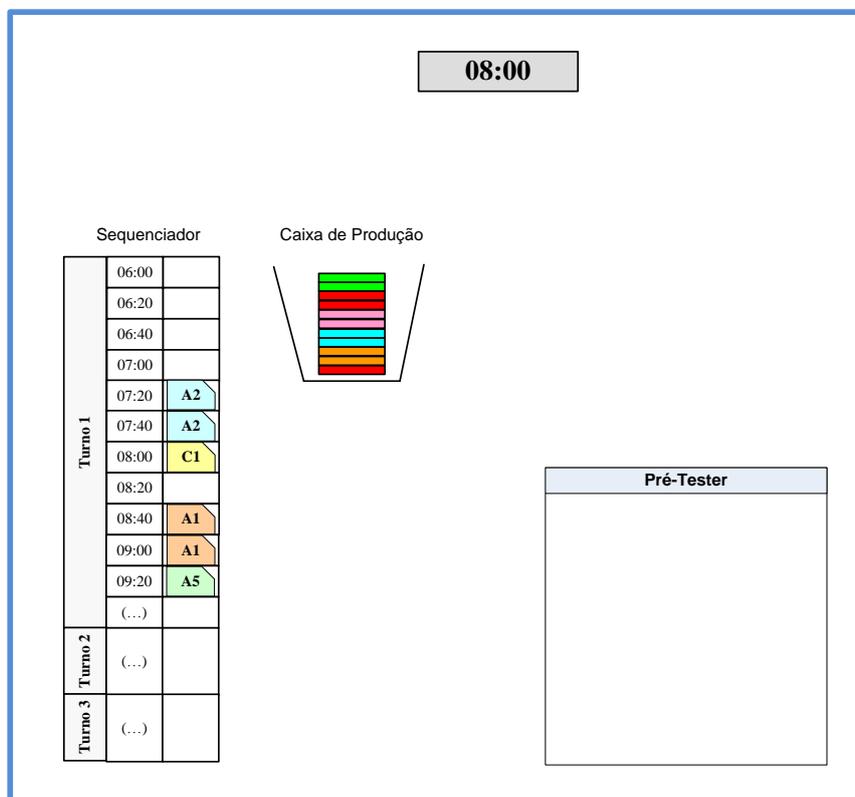


Figura 6.25 – Exemplo de um subprocesso com atraso

No exemplo apresentado na figura 6.25, são 8 horas da manhã e por isso conclui-se que este subprocesso está com 40 minutos de atraso (dois cartões de produtos A). Uma vez que estava previsto às 8 horas ser processado no *pré-tester* as placas do produto C1 então estas serão processadas à hora prevista e só em seguida é que serão processados os dois cartões em atraso e pela sequência presente no sequenciador.

Se às 8 horas estivesse um cartão de um produto A3, por exemplo, deveria produzir-se primeiro os cartões em atraso e na sequência dada pelo sequenciador. Só as placas de produtos C têm prioridade em caso de atrasos.

6.4. Dimensionamento do Supermercado

Estando completamente projetado o sistema produtivo proposto para o *Chassi System Control – make to stock* para produtos A (sistema puxado com supermercado entre a pré-montagem e a montagem final) e *make to order* para produtos C, passa-se agora a dimensionar o sistema puxado para produtos A. O dimensionamento deste sistema consiste no dimensionamento do supermercado que, por sua vez consiste no cálculo do número de *kanbans* necessários (cada *kanban* corresponde a um *container*) para cada um dos produtos A da secção.

6.4.1. Identificação dos Produtos A

Para dimensionar o supermercado, tornou-se importante identificar os produtos A do CC (cerca de 80% da produção). Para tal foram recolhidos os planos de produção das células da montagem final para uma amostra de dez semanas - semanas 2 a 11 do ano de 2013, e verificados quais eram então os produtos A.

O quadro XIX mostra os produtos A da secção (sombreados a amarelo) para a amostra selecionada.

Quadro XIX – Produtos A do CC nas semanas 2 a 11 de 2013

Semana Produto	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0265 005 541										
0265 005 571										
0265 005 516										
0265 005 545										
0265 019 012										
0265 005 558										
0265 005 517										
0265 005 557										
0265 005 431										
0265 005 542										
F005 B00 400										
0265 005 562										

Pela informação presente no quadro acima conclui-se que os produtos A variam entre semanas, mantendo-se apenas constantes os produtos 0265 005 541, 0265 005 571, 0265 019 012 e 0265 005 558.

O facto dos produtos A variarem de semana para semana constitui um problema para a viabilidade da implementação da proposta efetuada, na medida em que o supermercado terá de ser redimensionado sempre que os produtos A alterem (até mesmo semanalmente, se necessário). Este redimensionamento implica alteração do número de *kanbans* por tipo de produto e re-estruturação do supermercado.

Se os produtos A variam entre semanas então, significa que existe flutuação nas quantidades planeadas para cada produto.

Quanto maior for a flutuação menor será a viabilidade para a implementação da proposta efetuada.

Com o objetivo de averiguar qual é a amplitude da flutuação entre semanas das quantidades planeadas para os produtos A, passa-se em seguida a apresentar o estudo sobre a flutuação dos produtos A na secção *Chassi System Control*.

6.4.2. Estudo da Flutuação dos Produtos A

Como já referido no ponto anterior, os produtos A variam de semana para semana. Para a realização deste estudo serão selecionados aqueles produtos que, na amostra analisada, tenham sido produtos A, em pelo menos oito semanas (80% da amostra). Esses produtos são: 0265 005 541, 0265 005 571, 0265 005 545, 0265 019 012 e 0265 005 558.

A flutuação das quantidades planeadas entre semanas, para estes produtos, é apresentada graficamente nas figuras seguintes - as barras correspondem às quantidades planeadas por semana (dados confidenciais) e as percentagens apresentadas entre semanas correspondem à variação (positiva ou negativa) das quantidades planeadas entre as duas semanas, ou seja, a flutuação que houve entre as semanas n e $n+1$, tendo como base a semana n .

Pela figura 6.26 é possível verificar que o produto 0265 005 541, durante as dez semanas da amostra teve flutuações entre os 3 e os 23%.

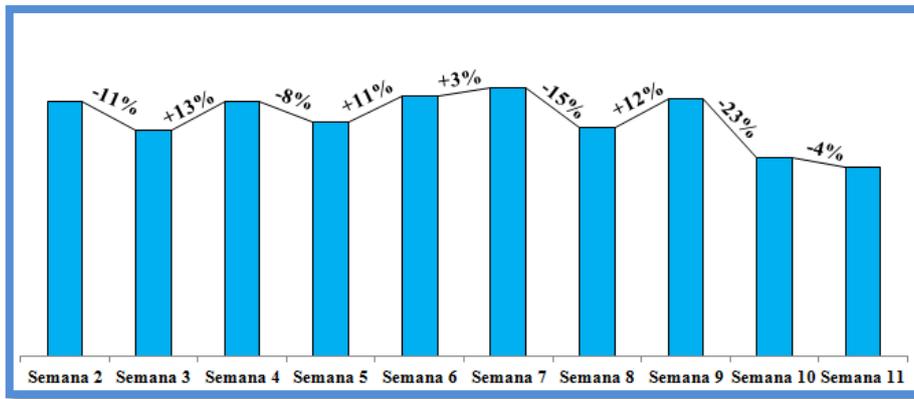


Figura 6.26 – Flutuação do Produto 0265 005 541 entre as semanas 2 e 11 de 2013

A figura 6.27 mostra que o produto 0265 005 571 não flutuou entre as semanas 5 e 6 e as semanas 7 e 8 mas, na semana 10 teve um aumento da quantidade planeada em mais 65% comparativamente à quantidade planeada na semana 9.

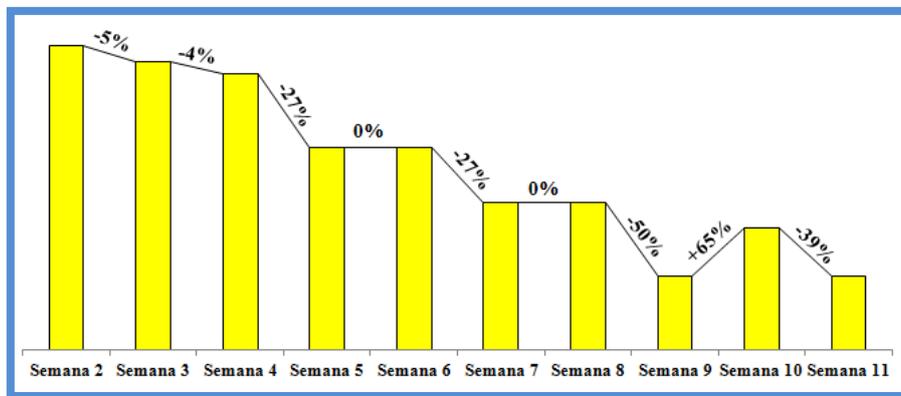


Figura 6.27 – Flutuação do Produto 0265 005 571 entre as semanas 2 e 11 de 2013

Pela análise do gráfico presente na figura 6.28 verifica-se que a flutuação da quantidade planeadas deste produto (0265 005 545) variou entre os 0 e os 90%, ao longo das dez semanas analisadas.

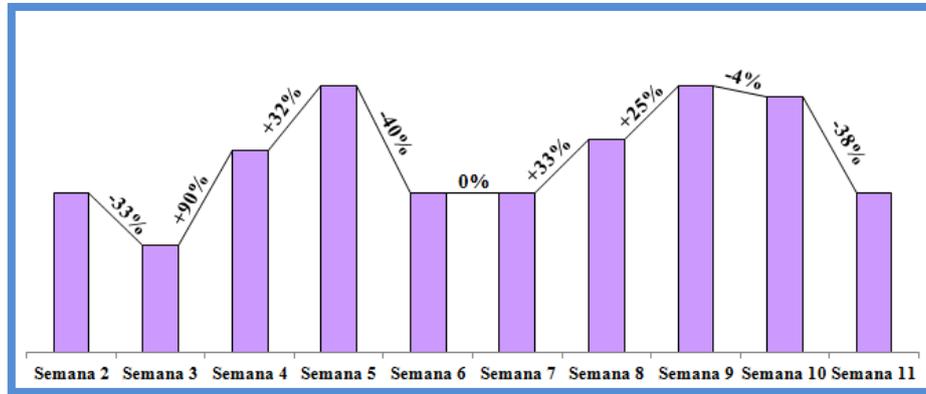


Figura 6.28 – Flutuação do Produto 0265 005 545 entre as semanas 2 e 11 de 2013

A figura 6.29 mostra que a flutuação do produto 0265 019 012 esteve compreendida entre os 0 e os 46%.

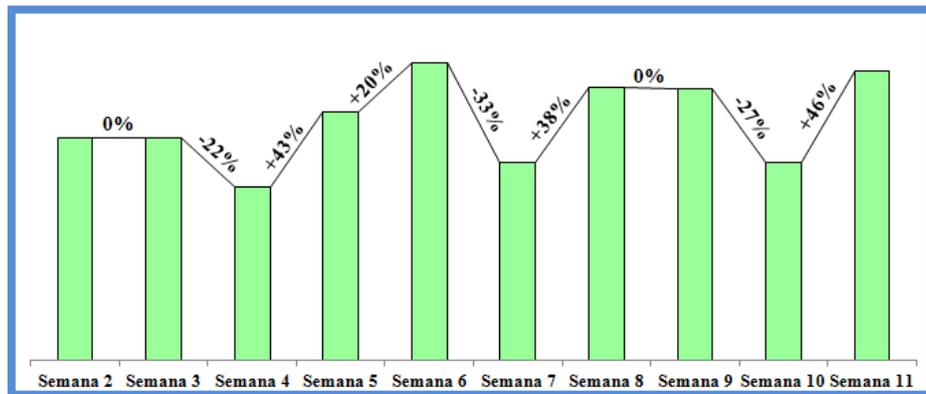


Figura 6.29 – Flutuação do Produto 0265 019 012 entre as semanas 2 e 11 de 2013

A figura 6.30 mostra que o produto 0265 005 558 atingiu uma flutuação máxima de 22% ao longo das dez semanas da amostra.

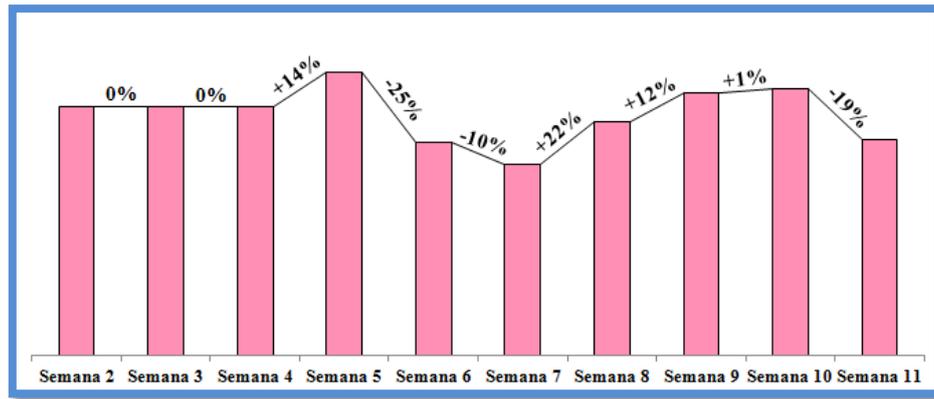


Figura 6.30 – Flutuação do Produto 0265 005 558 entre as semanas 2 e 11 de 2013

Pelo estudo apresentado, é possível concluir que a flutuação da quantidade planeada, entre semanas, para os produtos A existe e chega a ser superior a 10%, inviabilizando isto a implementação do sistema puxado para produtos A.

Com o objetivo de viabilizar a implementação do sistema puxado no CC, foi efetuado o acompanhamento do planejamento da produção do CC junto da pessoa responsável (LOG1) e estudada a razão da existência de flutuação das quantidades planeadas, entre semanas, para o mesmo produto.

As conclusões retiradas foram duas:

- **Razão 1 – Flutuação dos Clientes**

Foi averiguada que a principal razão da flutuação das quantidades planeadas para os produtos A é a flutuação das *quantidades encomendas pelos clientes*.

As figuras apresentadas em seguida mostram a flutuação entre semanas das quantidades encomendadas pelo cliente de cada produto, para a mesma amostra – semanas 2 a 11 de 2013.

A figura 6.31 mostra que o cliente do produto 0265 005 541 teve flutuações que variaram entre os 0 e os 250%.

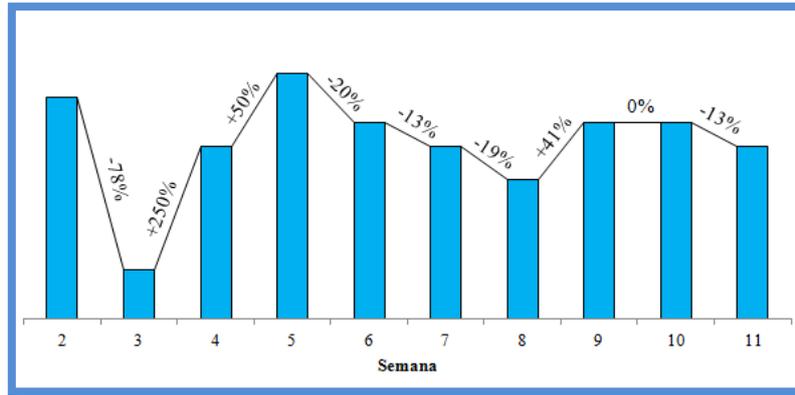


Figura 6.31 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 541

A figura 6.32 mostra que o cliente do produto 0265 005 571 teve flutuações compreendidas entre os 11 e os 233%.

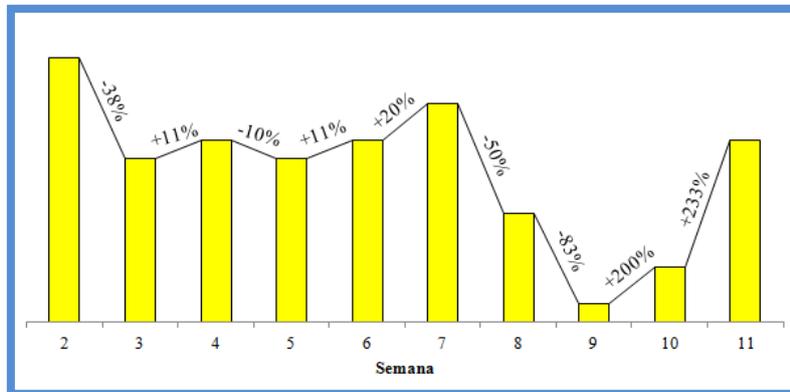


Figura 6.32 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 571

A figura 6.33 mostra que o cliente do produto 0265 005 545 tem flutuações apenas entre as semanas 5 e 6 (uma subida de 33% na semana 6 comparativamente à semana 5) e entre as semanas 7 e 8 (uma redução de 25% na semana 8 comparativamente à semana 7).

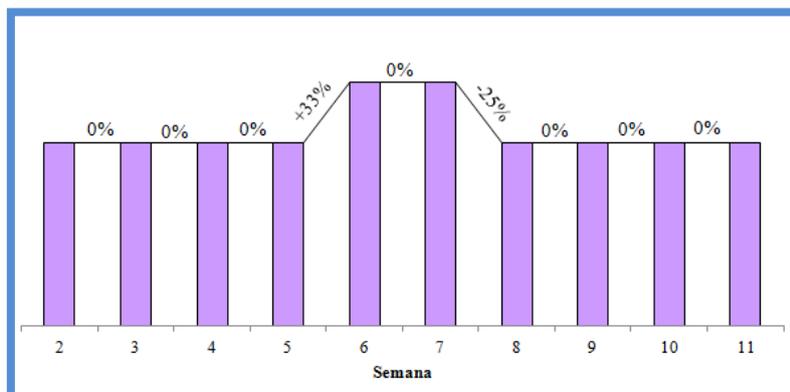


Figura 6.33 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 545

A figura 6.34 mostra que o cliente do produto 0265 019 012 tem flutuações nas quantidades encomendadas que variam entre 6 e 179%.

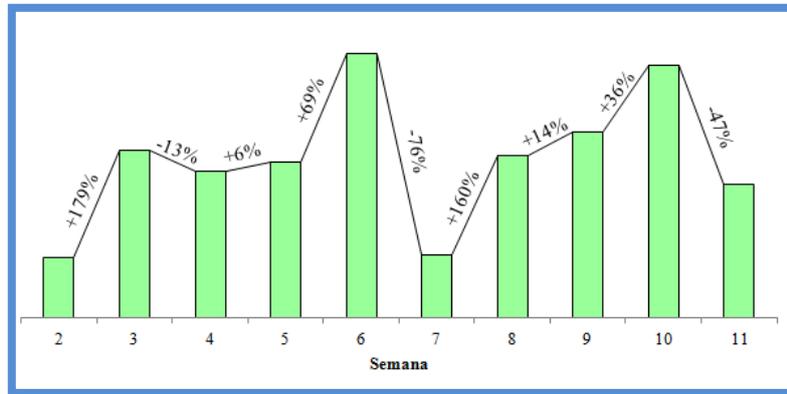


Figura 6.34 – Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 019 012

O cliente do produto 0265 005 558 tem flutuações nas quantidades encomendadas que variam entre 13 e 900%, como mostra a figura 6.35.

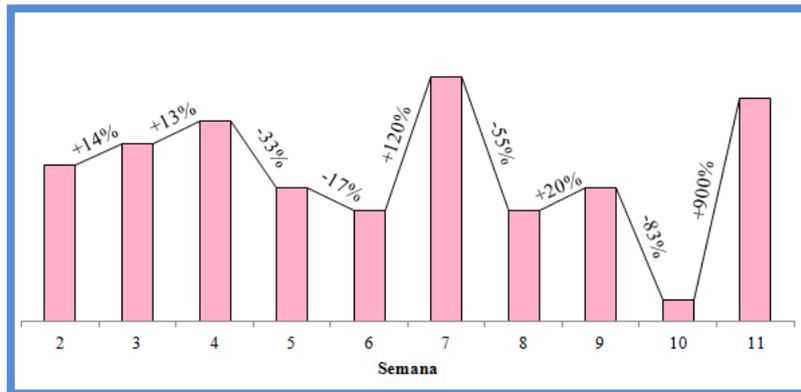


Figura 6.35 - Flutuação das quantidades encomendadas do produto 0265 005 558

Confirmado que a flutuação da produção no CC se deve à flutuação das quantidades encomendadas pelos clientes, pretende-se agora verificar qual é o cliente com maior flutuação e porquê. Para isso, foi realizado o somatório das flutuações apresentadas nas figuras anteriores, por tipo de produto, e verificado qual é o cliente que mais flutuação tem nas encomendas que faz.

A figura 6.36 mostra quem é o cliente que mais flutua e o que menos flutua.

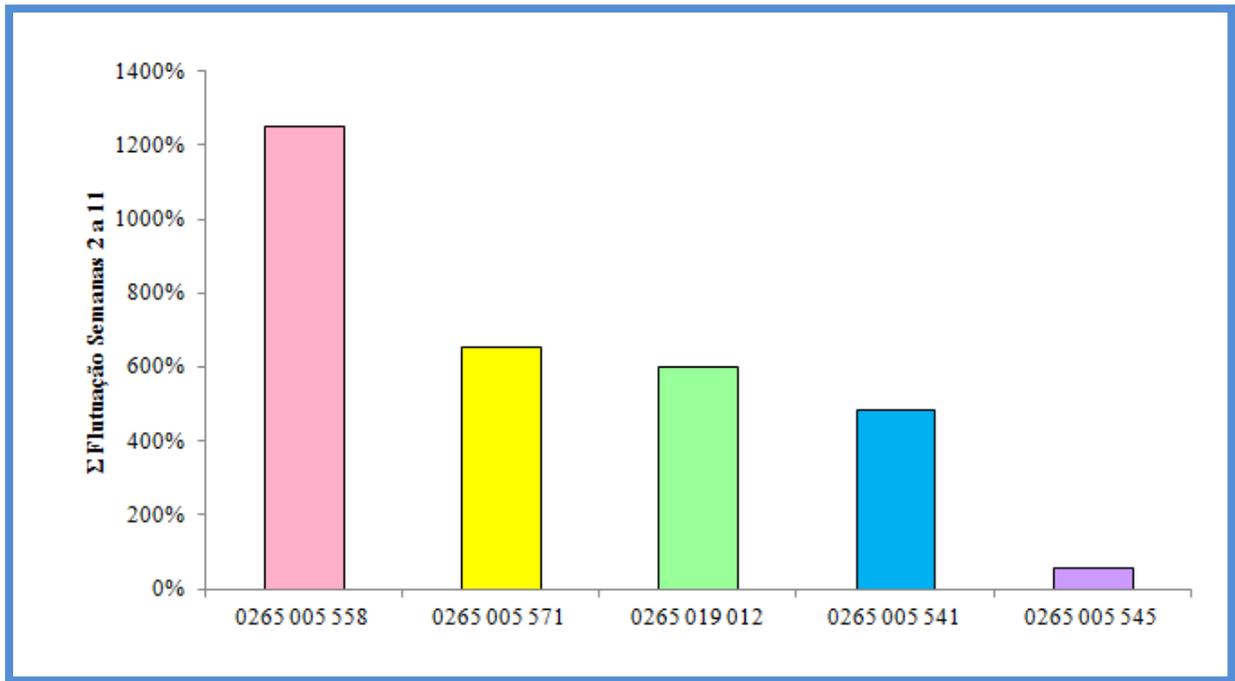


Figura 6.36 – Somatório das flutuações das encomendas dos clientes

Pela análise do gráfico presente na figura acima, é possível concluir que o cliente com maior flutuação é aquele que consome o produto 0265 005 558, seguido do cliente do produto 0265 005 571, em seguida o do 0265 019 012, estando em penúltimo lugar o cliente do sensor 0265 005 541 e com uma menor flutuação o cliente do produto 0265 005 545.

Cientes dos Produtos A

Os clientes dos produtos fabricados no CC são clientes de marcas automóveis, como por exemplo a Nissan e a PSA mas, em alguns produtos os clientes do CC são os armazéns intermédios da Bosch que, posteriormente abastecem então as marcas automóveis.

Estes armazéns intermédios estão estrategicamente localizados perto dos clientes finais que estão afastados da Bosch Car Multimédia em Portugal, como é o caso da China, do Japão e dos Estados Unidos. É a partir destes armazéns que alguns clientes são abastecidos. Nestes casos, embora o cliente final seja uma marca automóvel o cliente para o *chassi system control* é a Bosch uma vez que, são esses armazéns quem fazem as encomendas ao CC dos sensores que lá armazenam.

A figura 6.37 mostra quem são os clientes da Bosch Car Multimédia para os cinco produtos A em estudo.

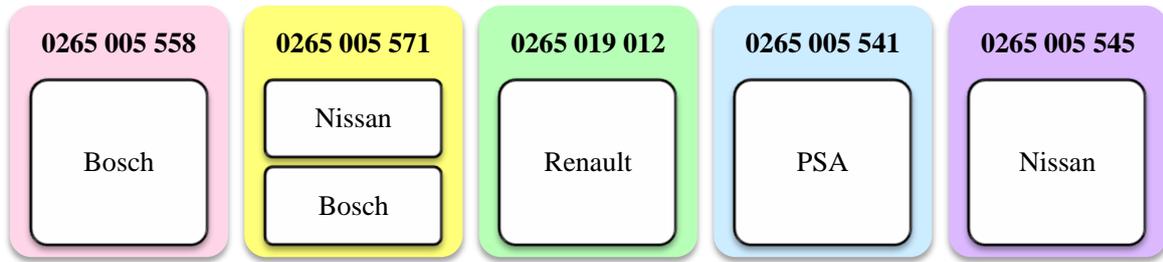


Figura 6.37 – Clientes do CC

Como se pode ver pelas figuras 6.36 e 6.37, o cliente com maior flutuação é a própria Bosch.

Tendo o produto 0265 005 571 dois clientes (embora os sensores sejam para a Nissan), sente-se a necessidade de verificar se é a Nissan ou a Bosch que possui uma maior flutuação para este mesmo produto. Para isso foram recolhidas as quantidades encomendadas para o produto 0265 005 571, por tipo de cliente e analisada a flutuação das encomendas efectuadas por cada um, entre as semanas da amostra em estudo.

As figuras 6.38 e 6.39 mostram os gráficos da flutuação das encomendas do sensor 0265 005 571 entre as semanas 2 e 11 de 2013, relativos às encomendas da Bosch e da Nissan, respetivamente.

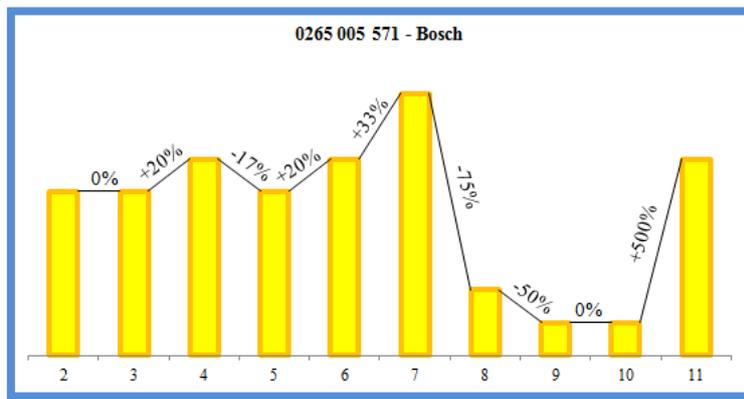


Figura 6.38 – Flutuação das quantidades encomendadas pela Bosch do sensor 0265 005 571

Pela análise do gráfico da figura 6.38 conclui-se que a flutuação das quantidades encomendadas pela Bosch entre as semanas 2 a 11 de 2012 do sensor 0265 005 571 é igual a 715%.

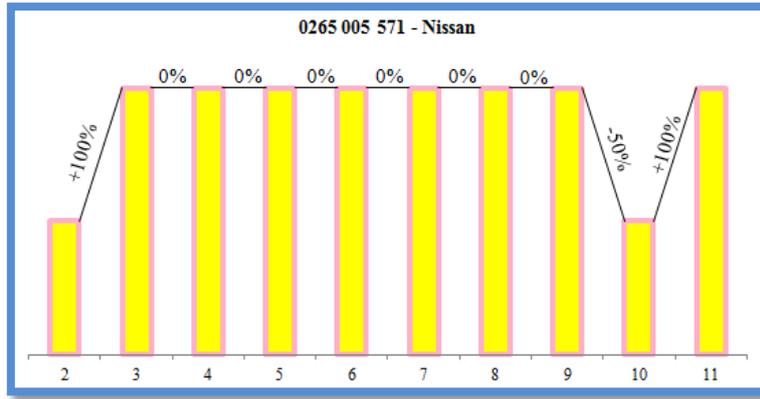


Figura 6.39 – Flutuação das quantidades encomendadas pela Nissan do sensor 0265 005 571

A figura 6.39 mostra que a Nissan ao longo das dez semanas da amostra tem uma flutuação total de 250% (muito inferior à flutuação das quantidades encomendadas pela Bosch, para o mesmo sensor).

Desta forma, passa-se a ter então a distribuição das flutuações dos clientes dos cinco produtos A em análise ao longo de dez semanas, apresentada na figura 6.40.

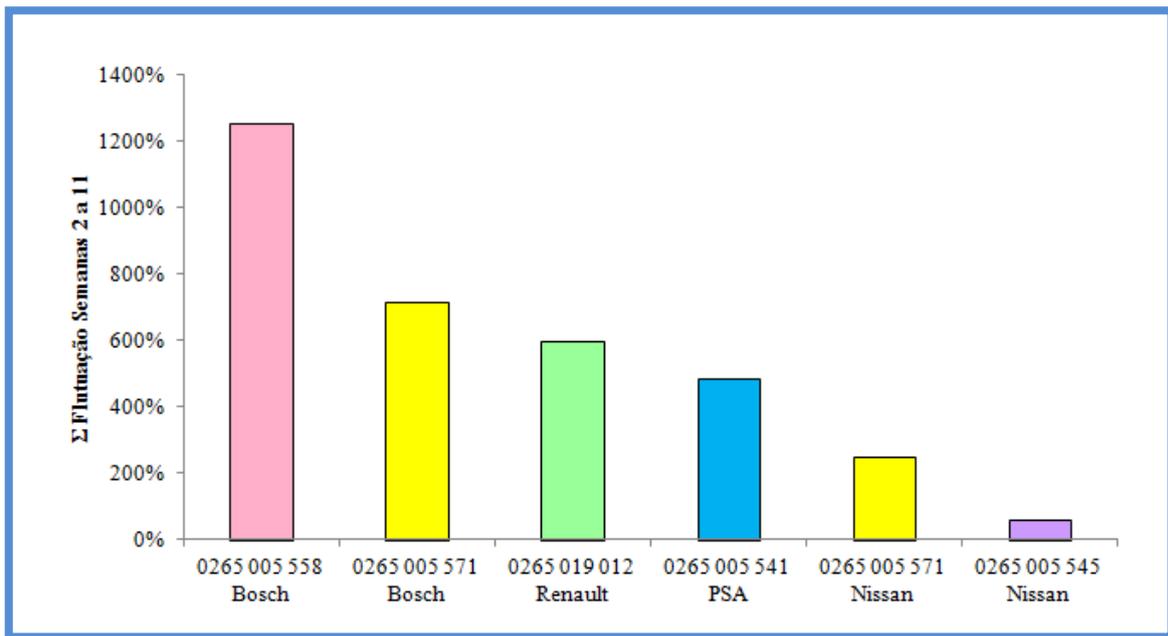


Figura 6.40 – Distribuição dos clientes com maior e menor flutuação das quantidades encomendadas

Conclui-se portanto que o cliente dos produtos A em estudo com maior flutuação nas quantidades encomendadas é a Bosch e com menor flutuação é a Nissan.

Com o estudo realizado à flutuação dos cinco produtos A da secção conclui-se que não é viável implementar o sistema puxado, a não ser que essa flutuação seja eliminada ou minimizada. Para tal, propõe-se que sejam estudadas as razões dos clientes Bosch serem aqueles que possuem maior flutuação e posteriormente efetuadas propostas para que essa flutuação seja minimizada ou até mesmo eliminada. Em paralelo propõe-se também, que a empresa "trabalhe" com as marcas automóveis de forma a reduzir ou eliminar também, as suas flutuações.

▪ Razão 2 – Stock no armazém de produto acabado

Uma outra razão da existência da flutuação é a existência de stock de segurança no armazém de produto acabado. A quantidade deste stock não é controlada por tipo de produto mas sim por tipo de secção. Está estipulado que o CC, não pode ter no stock de produto acabado mais do que 4 dias de produção.

Como se pode ver pelas figuras 6.41, 6.42, 6.43, 6.44 e 6.45 a quantidade procurada dos produtos A em estudo (linha verde) é diferente da quantidade planeada (linha azul).

Se a quantidade em stock por tipo de produto fosse constante, a produção teria de ser igual à procura – o que não acontece. A quantidade planeada resulta do balanceamento do que a logística faz entre a quantidade procurada pelo cliente, o stock existente no armazém de produto acabado e a quantidade máxima de stock que o CC pode ter no armazém – daí a diferença entre as quantidades procuradas e planeadas.

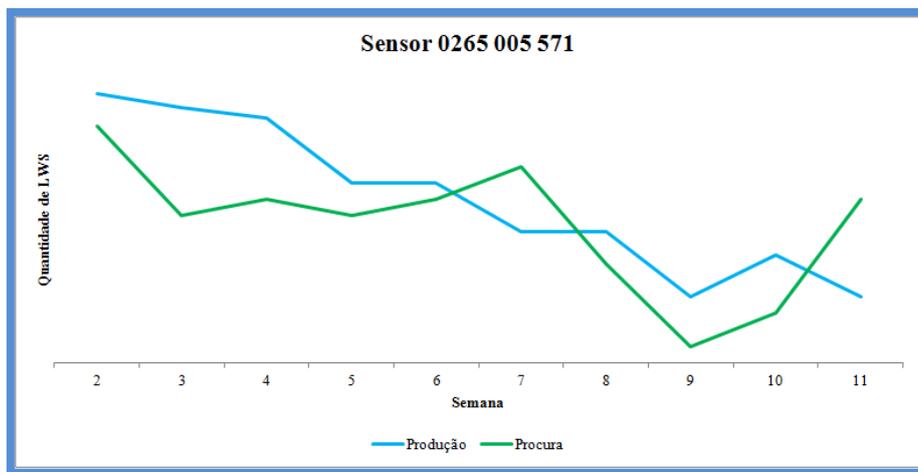


Figura 6.41 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 571 nas semanas 2 a 11 de 2013

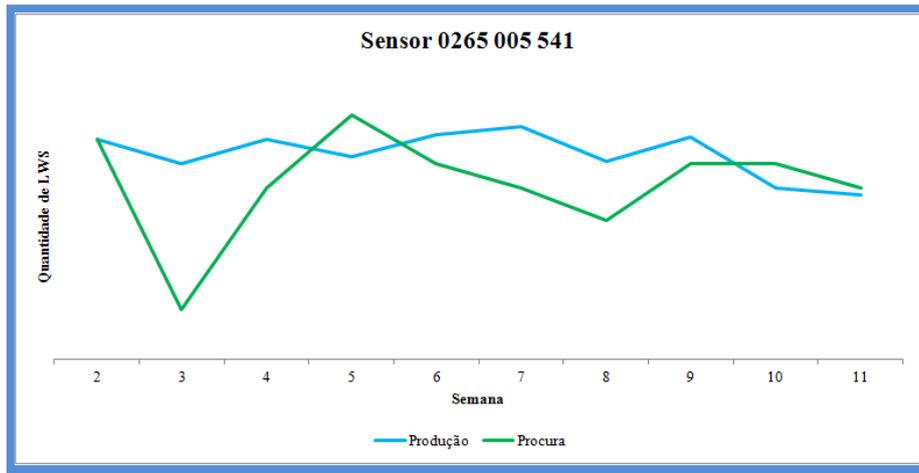


Figura 6.42 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 541 nas semanas 2 a 11 de 2013

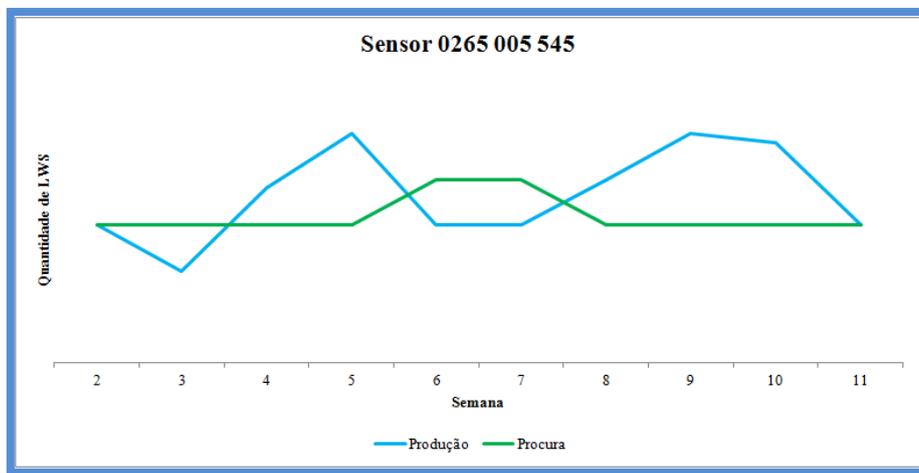


Figura 6.43 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 545 nas semanas 2 a 11 de 2013

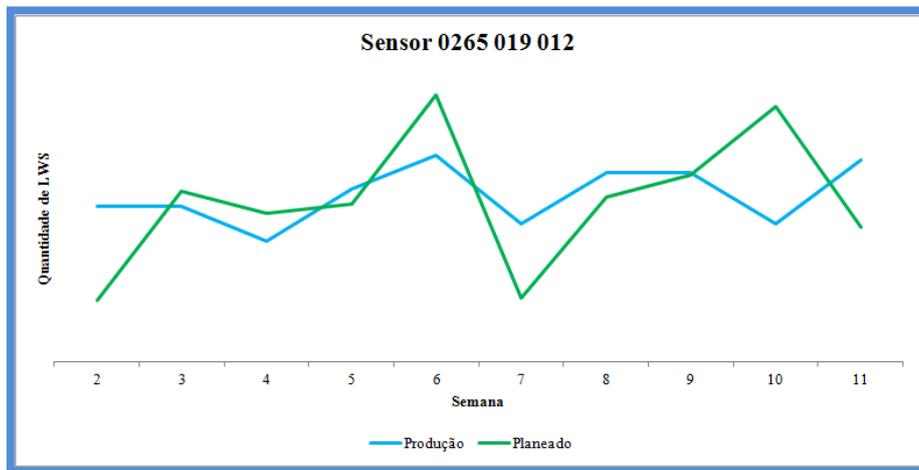


Figura 6.44 – Procura vs Produção do sensor 0265 019 012 nas semanas 2 a 11 de 2013

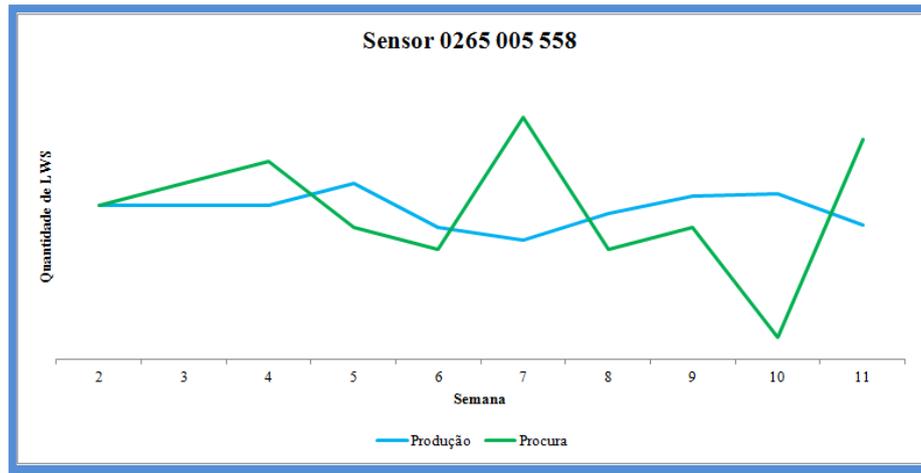


Figura 6.45 – Procura vs Produção do sensor 0265 005 558 nas semanas 2 a 11 de 2013

Para que as flutuações das quantidades planeadas para os produtos A do CC possam diminuir, propõe-se que a quantidade de produto acabado em stock seja controlada por tipo de produto e até mesmo que seja estudada a possibilidade de implementação do sistema puxado para produtos A a partir do armazém de produto acabado.

6.4.2.1. Conclusão do Estudo da Flutuação dos Produtos A

Do estudo apresentado conclui-se que a flutuação dos produtos A existe e é elevada, inviabilizando isto a implementação do supermercado no *Chassi System Control*. Se o supermercado for implementado, acontecerá que terá de ser redimensionado semanalmente (o que é inviável para a empresa), uma vez que os produtos A alteram de semana para semana bem como as suas respetivas quantidades produzidas. Em alternativa ao redimensionado constante do supermercado, poderia ser a construção de um supermercado para todos os possíveis produtos A – além disto obrigar à construção de um stock que ocuparia uma grande área, passaria a existir no supermercado material que não seria consumido durante algumas semanas e consequentemente o WIP da secção aumentaria.

6.4.3. Estudo do Nivelamento dos Produtos A

Além do dimensionamento do supermercado implicar que a flutuação dos produtos armazenados no supermercado seja inexistente ou mínima, implica também que a produção desses produtos seja nivelada.

O nivelamento da produção também é importante em sistemas puxados pelo facto de permitir dimensionar o supermercado para um determinado período de tempo (por exemplo, um turno ou um dia). Quando o nivelamento não existe, a quantidade de produtos armazenados no supermercado tende a ser maior, aumentando o stock (que é um dos sete desperdícios considerados na filosofia *lean*), para assegurar os picos de produção que possam acontecer. Para averiguar a existência ou não de nivelamento da produção dos produtos A (a mesma quantidade planeada, por tipo de produto, todos os turnos, dias, ...) no CC e uma vez que a logística realiza semanalmente um plano de produção para cada uma das células da montagem final, estudou-se o nivelamento dos produtos A de cada uma das quatro células da montagem final, para as semanas 4, 5, 6 e 7 de 2013.

▪ **Célula 2F15**

Como se pode ver pelos gráficos apresentados na figura 6.46, não existe nenhum padrão de produção dos produtos A, em nenhuma das semanas analisadas – os tipos de produtos fabricados diariamente variam tal como as suas respetivas quantidades. Daqui conclui-se que não existe nivelamento da produção da célula 2F15.

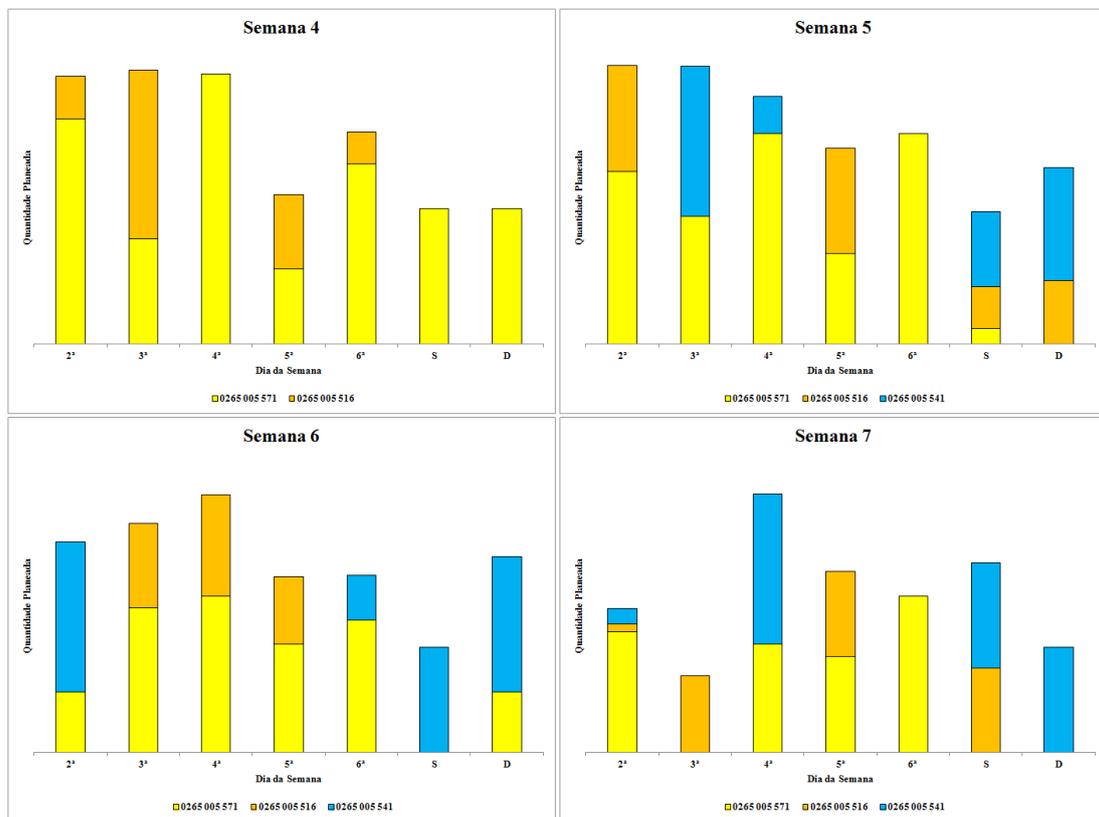


Figura 6.46 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F15 nas semanas 4, 5, 6 e 7

▪ **Célula 2F25**

Tal como para a célula 2F15, também para a célula 2F25 o plano de produção não é nivelado. Embora nesta célula quase todos os dias sejam fabricados os dois tipos de produtos A, as quantidades variam de dia para dia, como mostra a figura 6.47.

A razão pela qual esta célula estar mais próxima da produção nivelada que a célula 2F15 deve-se à reduzida quantidade de produtos alocados a esta célula (os únicos produtos A desta célula são mesmo os apresentados nos gráficos da figura – 0265 019 012 e 0265 005 541).

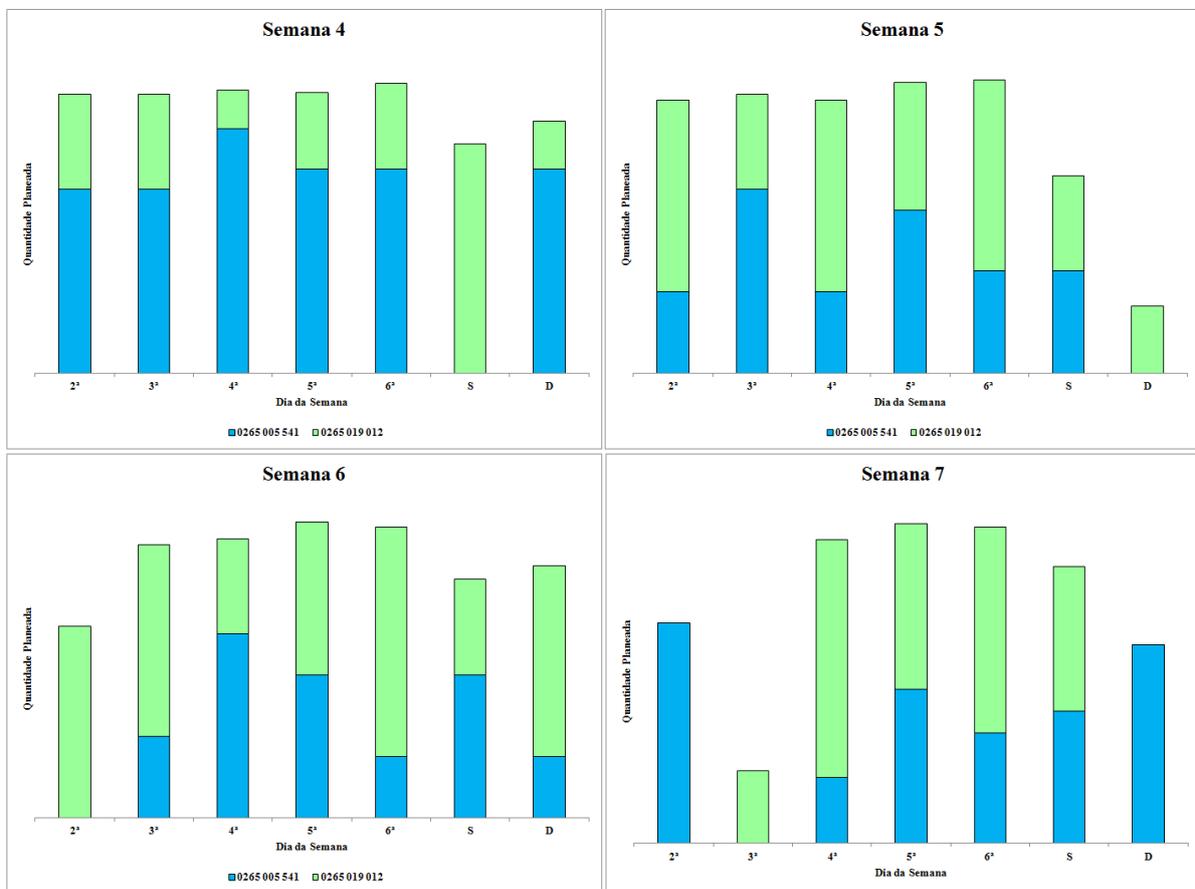


Figura 6.47 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F25 nas semanas 4, 5, 6 e 7

▪ **Célula 2F35**

A célula 2F35 não é diferente das duas células já analisadas, como se pode ver pela figura 6.48. A quantidade dos produtos A planeados para a célula variam de dia para dia, na

maioria dos casos, e existem dias em que só um dos dois tipos de produtos A é produzido. Conclui-se portanto que não existe nivelamento da produção nesta célula.

Note-se que, tal como na célula 2F25 também a célula em análise tem uma reduzida quantidade de produtos alocados a si. Os produtos A desta célula são apenas os apresentados no gráfico da figura – 0265 005 541 e 0265 005 558, daí a produção de ambos quase todos os dias (embora a produção não seja nivelada).

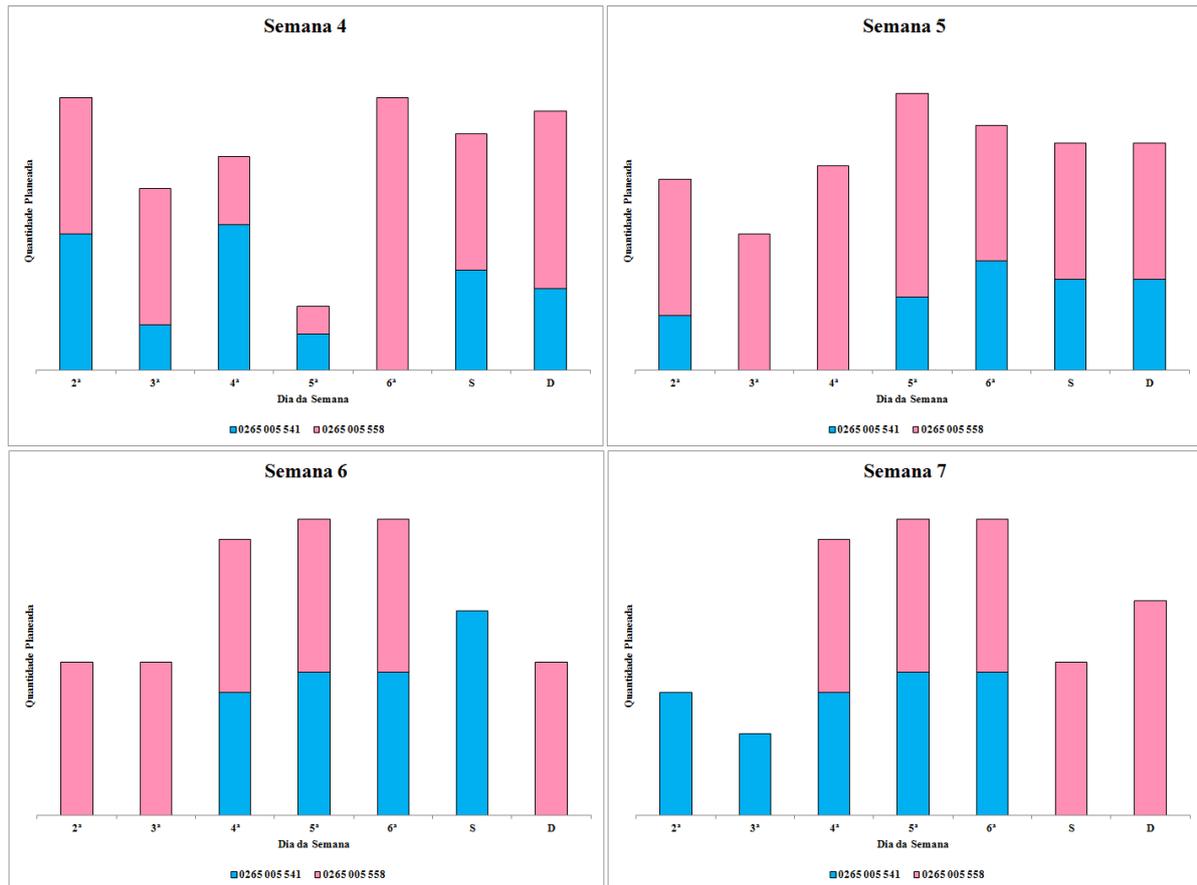


Figura 6.48 – Planeamento de produção diário para os produtos A da célula 2F35 nas semanas 4, 5, 6 e 7

▪ **Célula 2F45**

Pela análise dos gráficos semanais apresentados na figura 6.49 conclui-se que também nesta célula o nivelamento não existe. Há produtos A da semana que não são fabricados diariamente e aqueles que o são variam nas quantidades planeadas.

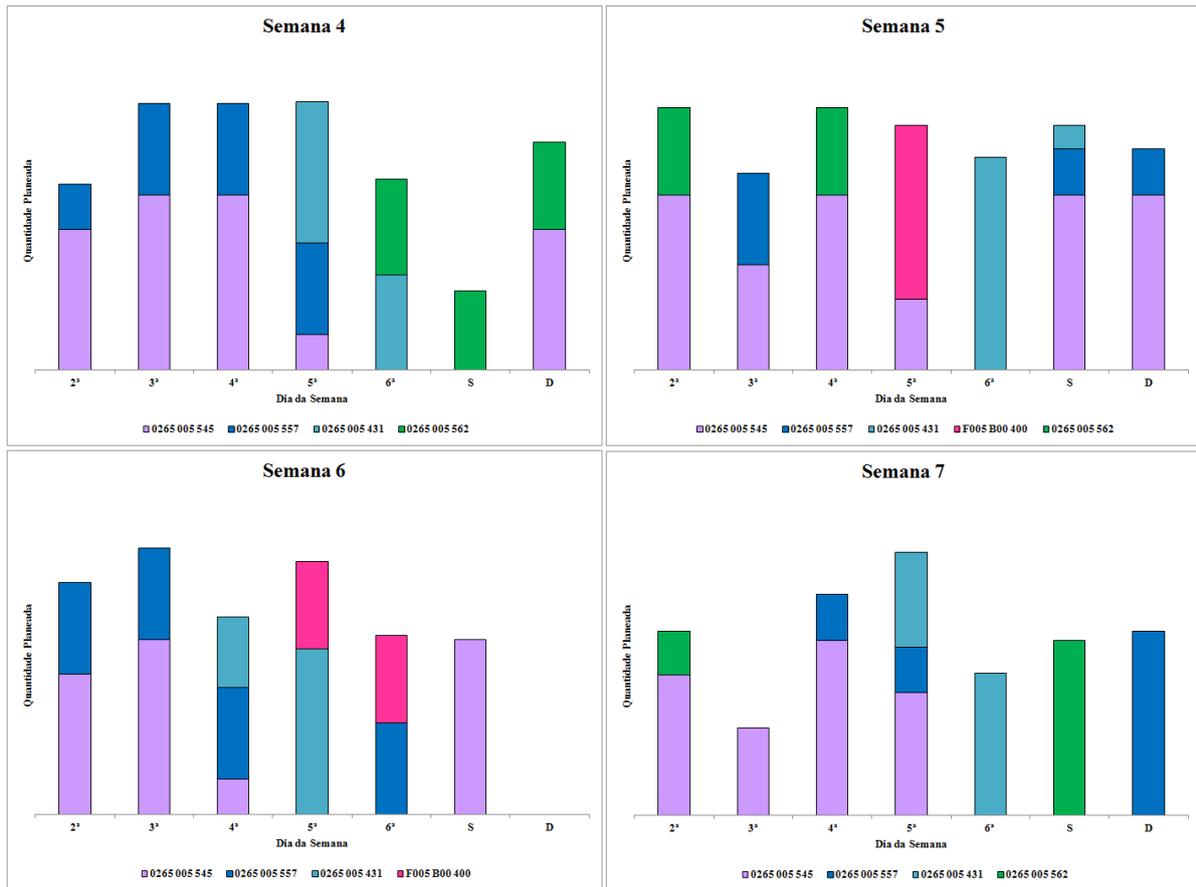


Figura 6.49 – Planejamento de produção diário para os produtos A da célula 2F45 nas semanas 4, 5, 6 e 7

6.4.3.1. Conclusão

Pelo estudo apresentado, é possível concluir que o nivelamento da produção (dos produtos A) não existe. Por isso, também este problema inviabiliza a implementação do supermercado proposto para produtos A.

Com o objetivo de eliminar este problema, foi estudada a razão do planejamento da produção não ser realizado de forma nivelada.

Para tal, foi efetuado o acompanhamento do planejamento da produção para a secção em estudo, junto da pessoa responsável (LOG1) e concluiu-se que a principal razão deste problema é a obrigatoriedade de terminar uma paleta de sensores sempre que esta inicie (existem paletes de sensores que demoram cerca de 12h30 minutos a serem produzidas na montagem final).

Como a embalagem e a paletização são efetuadas nas células da montagem final e o espaço disponível para tal está limitado a uma paleta por célula então, concluiu-se portanto

que a falta de espaço para ter paletes incompletas nas células é a razão que justifica o não nivelamento da produção.

▪ **Proposta para Nivelar a Produção**

Para colmatar este problema propõe-se que a produção seja efetuada à caixa (uma paleta é constituída por um determinado número de caixas) e a paletização seja realizada no armazém de produto acabado e não na célula de montagem final.

Desta forma, a produção nivelada passaria a ser possível. Além da produção poder ser nivelada com esta proposta e viabilizar a implementação do supermercado para produtos A, ganhar-se-ia espaço na secção, na medida em que as áreas de paletização e armazenamento de embalagens, como mostra a figura 6.50 passariam a estar livres.



Figura 6.50 – Área de paletização e armazenamento de embalagens

Atualmente, sempre que uma paleta fica concluída é transportada pelo operador da pré-montagem para a área de paletes completas, que posteriormente são transportadas por um empilhador para o armazém de produto acabado. Com a produção à caixa, propõe-se que seja o milkrun (que abastece a pré-montagem do CC) a fornecer e recolher as caixas da secção (recolhe uma cheia, fornece uma vazia).

7. PROPOSTA ALTERNATIVA

- 7.1. Funcionamento Geral
- 7.2. Procedimentos
- 7.3. Tipologia do Sistema Proposto
- 7.4. Dimensionamento do Sistema
- 7.5. Implementação
- 7.6. Resultados e Análise da Viabilidade

7. PROPOSTA ALTERNATIVA

Embora a utilização de FIFO Lane(s) entre a pré-montagem e a montagem final não seja praticável na unidade produtiva em estudo (*Chassi System Control*) e a implementação do supermercado não seja viável enquanto a flutuação dos clientes não for minimizada/eliminada e a produção nivelada, sentiu-se a necessidade de estudar uma alternativa que fosse praticável nas condições em que a secção se encontrava. A proposta alternativa que se passa em seguida a apresentar foi desenvolvida com o intuito de eliminar os problemas existentes no CC, mesmo existindo flutuações e a produção não sendo nivelada.

7.1. Funcionamento Geral

Propõe-se que exista uma WIP Lane entre a pré-montagem e cada uma das células da montagem final, como mostra a figura 7.1, devidamente dimensionada para um determinado número de *containers*, que corresponda ao *decoupling de material* necessário entre a pré-montagem e cada uma das células da montagem final. A WIP Lane corresponde a uma linha de WIP limitada a um determinado número de *containers* – tem um funcionamento idêntico ao da FIFO Lane mas, sem a necessidade de assegurar o FIFO.

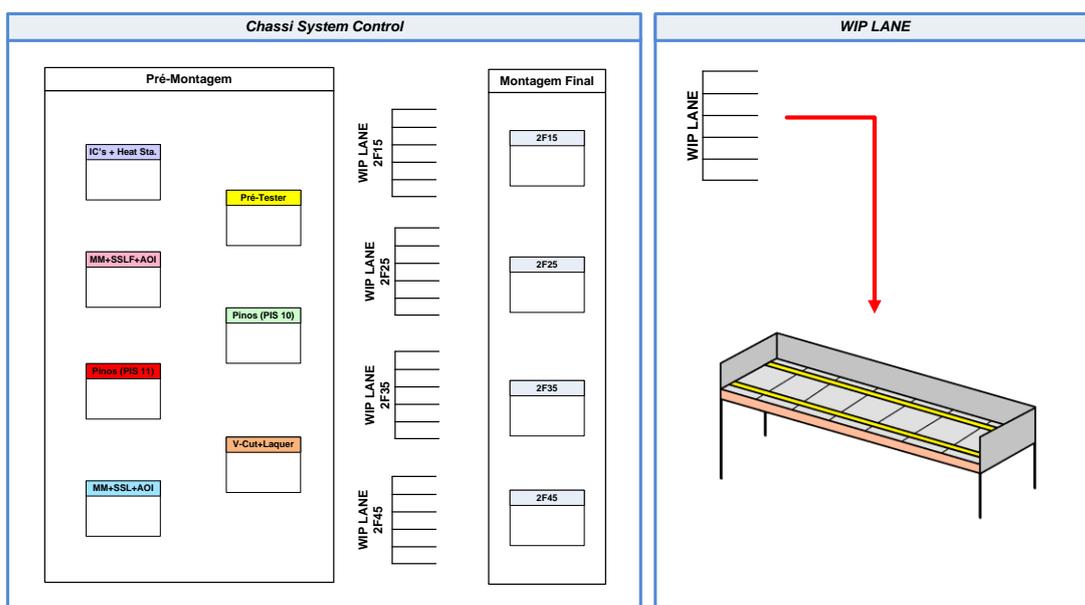


Figura 7.1 – WIP Lane entre a pré-montagem e a montagem final

A implementação desta proposta implica que cada WIP Lane inicie completamente preenchido com *containers*. A partir daí, sempre que um *container* for retirado das WIP Lane que abastecem as células da montagem final, será dada ordem à pré-montagem para produzir um *container* para repor nesse stock.

O objetivo é produzir na pré-montagem apenas quando a montagem final consome e consequentemente quando há espaço nas WIP Lane – se nenhum *container* for consumido das WIP Lane, pelas células da montagem final, a pré-montagem não terá ordem para produzir e por isso, nada produzirá.

A figura 7.2 ilustra o funcionamento geral da proposta que está a ser apresentada.

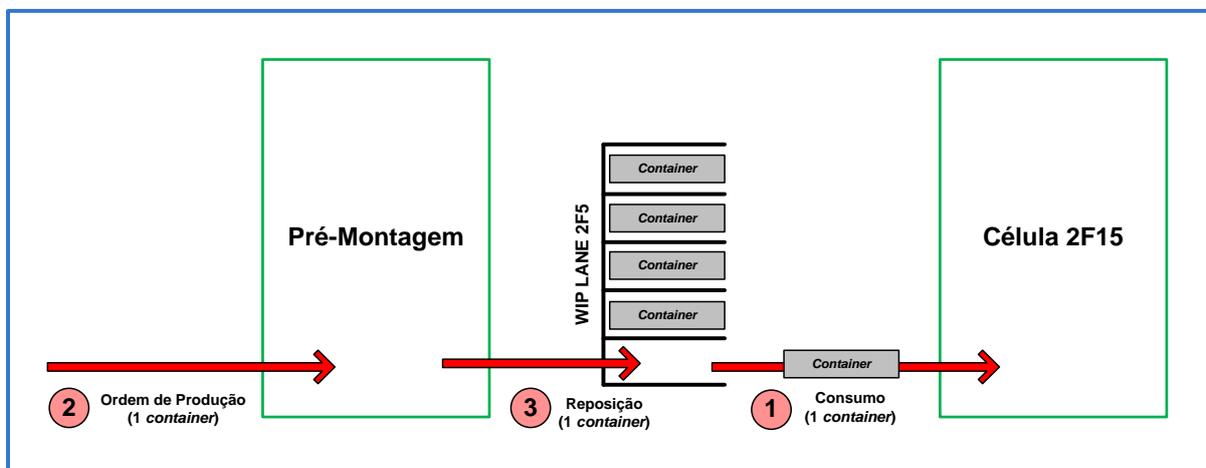


Figura 7.2 – Funcionamento Geral da Proposta Alternativa

No sistema produtivo proposto, quando um *container* for consumido de uma WIP Lane é dada uma ordem de produção à pré-montagem para produzir um *container* com o tipo de placa *nutzen* que será necessária na célula em questão, após ela consumir os *containers* que se encontrarem na WIP Lane da respetiva célula.

Para tal, é proposto que o quadro de produção de cada célula seja preenchido com cartões *master* (cartões de palete) e em paralelo sejam preenchidos sequenciadores com *kanbans* (onde cada *kanban* corresponde a um *container*).

Note-se que para produzir uma palete de um tipo de sensor na montagem final, é necessário processar na pré-montagem um determinado número de *containers* com placas *nutzen* utilizadas na montagem desse sensor.

O objetivo da utilização de um sequenciador em cada célula é espelhar nele o número, tipo e sequência de *containers* que é necessário produzir na pré-montagem, para satisfazer as necessidades da célula.

A figura 7.3 mostra o quadro de produção de uma célula preenchido com cartões *master* para um turno e o respetivo sequenciador com os *kanbans* necessários para produzir as paletes de sensores, presentes no quadro de produção.

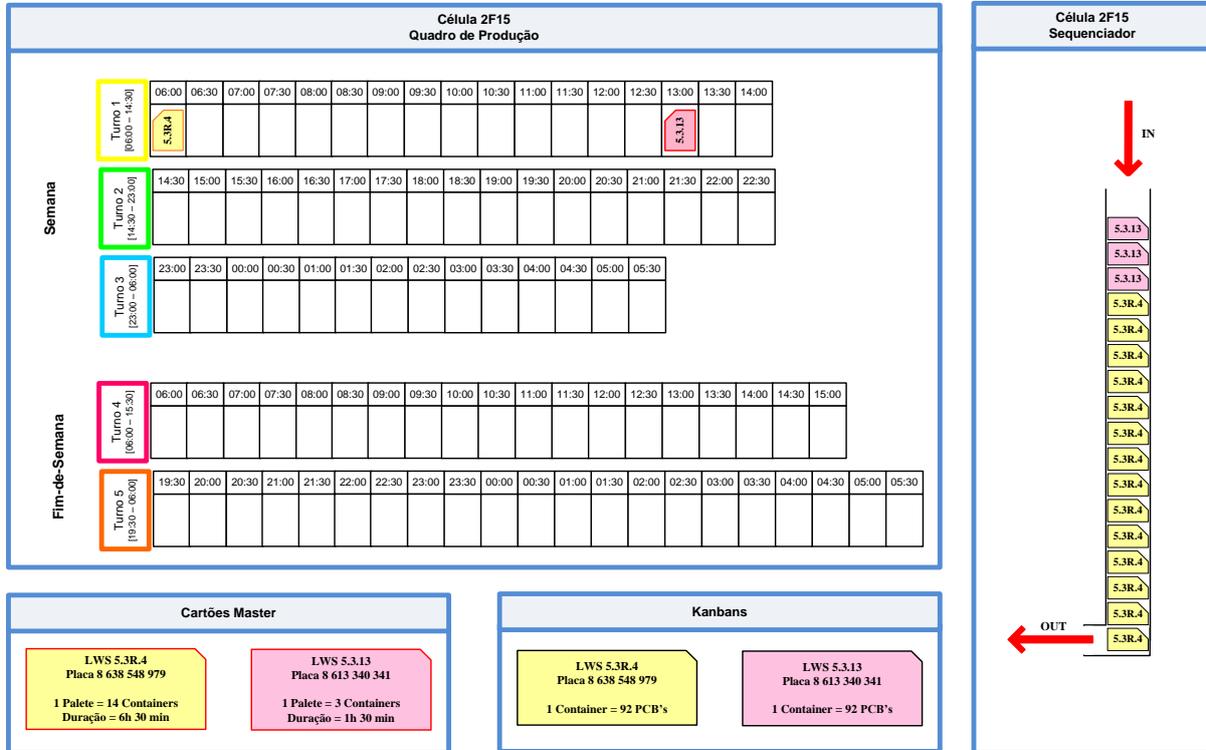


Figura 7.3 – Preenchimento de um quadro de produção e respetivo sequenciador

Assim, sempre que um *container* for retirado de uma WIP Lane, é retirado um *kanban* do sequenciador da célula que consumiu o *container* (respeitando o FIFO) e entregue na pré-montagem - é um *container* do tipo de placa *nutzen* apresentado no *kanban* retirado do sequenciador que será necessário na célula após o consumo dos *containers* ainda presentes na respetiva WIP Lane.

Esta sistemática permite saber sempre o que deve ser produzido na pré-montagem, quando e em que quantidades, para satisfazer as necessidades das quatro células da montagem final, não sendo para isso necessário verificar frequentemente as quantidades que têm de ser produzidas, as quantidades que já foram produzidas, as quantidades existentes em stocks intermédios, para posteriormente averiguar quais são as quantidades de placas *nutzen* e respetivos *containers* que ainda têm de ser produzidas na pré-montagem.

Embora a proposta apresentada até agora permita saber o que tem de ser produzido na pré-montagem, quando e em que quantidades (informação dada pelos *kanbans* presentes nos sequenciadores dos subprocessos), não é suficiente.

A pré-montagem é composta por sete subprocessos e isso implica que quando um *kanban* é enviado para a pré-montagem seja entregue ao subprocesso correto (o primeiro subprocesso pelo qual o tipo de placa *nutzen* identificado no *kanban* passa dentro da pré-montagem). Além disso, é imprescindível também que a sequência com que os *kanbans* chegam a cada um dos subprocessos seja a mesma sequência com que cada um deles produz (independentemente de virem de outros subprocessos ou diretamente dos sequenciadores das células) – só assim se conseguirá assegurar o correto funcionamento de todo o sistema.

Para assegurar a igualdade entre a sequência de chegada de *kanbans* a um subprocesso e a sequência de produção propõe-se que seja utilizado um *sequenciador* em cada subprocesso – à medida que os *kanbans* forem chegando a um subprocesso são introduzidos no respetivo sequenciador. Quando se retirar um *kanban* do sequenciador respeitar-se-á o FIFO e assim a sequência correta de produção estará garantida.

Relativamente à entrega dos *kanbans* aos respetivos subprocessos iniciais, propõe-se que seja atribuída uma cor a cada sequenciador dos subprocessos e que cada *kanban* tenha a mesma cor do sequenciador do primeiro subprocesso da pré-montagem do qual é alvo, como mostra a figura 7.4.

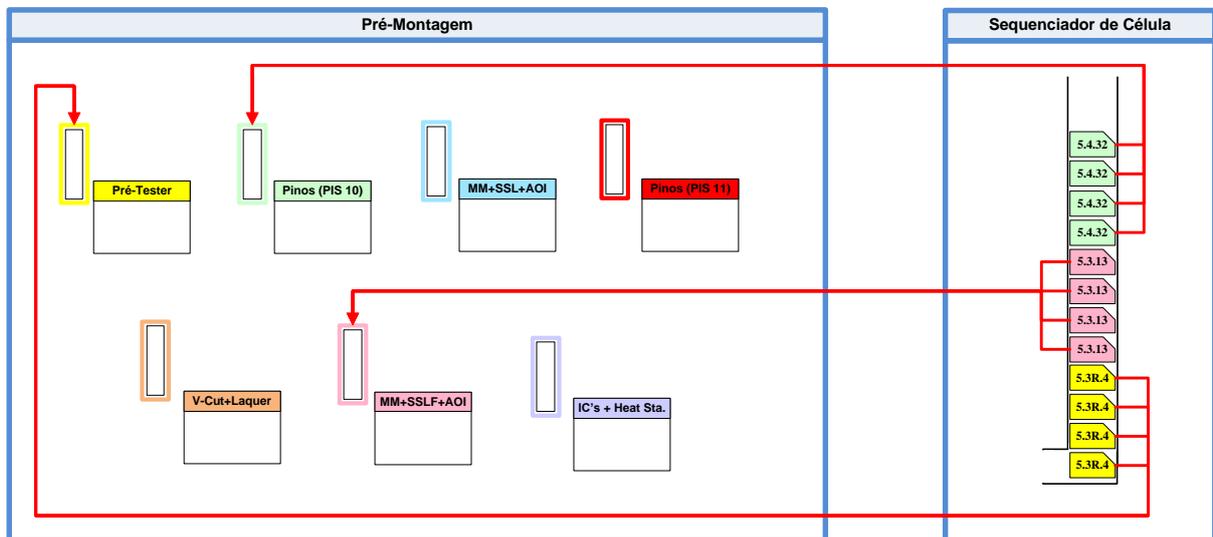


Figura 7.4 – Atribuição de cores aos sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem

Esta gestão visual permite identificar rapidamente para onde deve ser levado o *kanban* e além disso permite identificar rapidamente nos sequenciadores dos subprocessos quais são os *kanbans* que vão iniciar o seu processamento naquele subprocesso (têm a mesma cor do sequenciador) e aqueles que já iniciaram o seu processamento noutros subprocessos (têm uma cor diferente do sequenciador em questão), como ilustra o exemplo apresentado na figura 7.5.

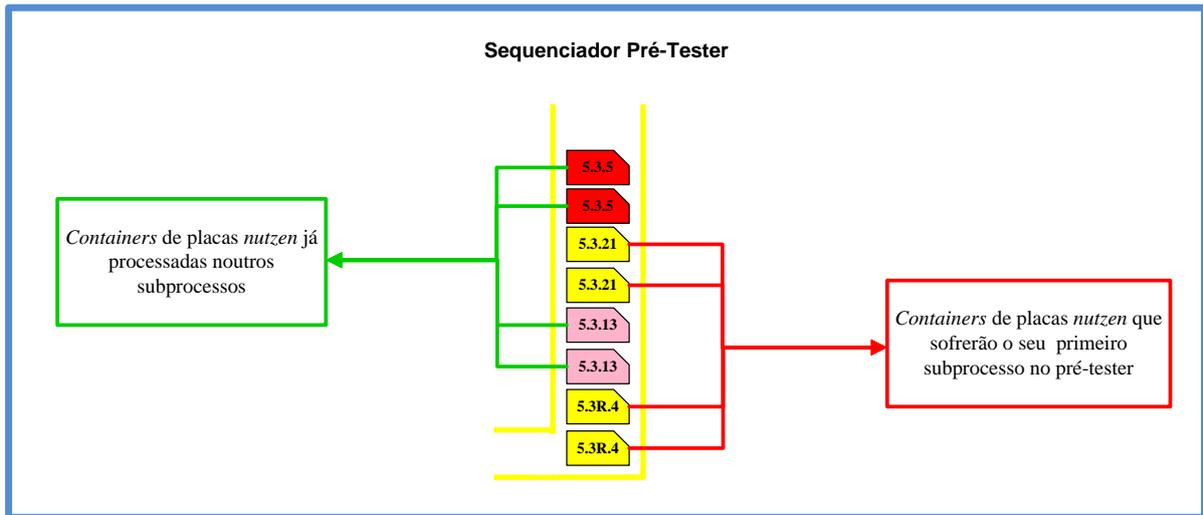


Figura 7.5 – Análise dos *kanbans* presentes no sequenciador do *pré-tester*

Nos casos em que a cor dos *kanbans* é igual à cor do sequenciador, ainda alerta o *milkrun* que será necessária matéria-prima vinda da *inserção automática*, uma vez que estes *kanbans* sofrerão o seu primeiro subprocesso da pré-montagem no respetivo subprocesso do sequenciador em questão.

- ***Kanbans e Cartões Master***

Embora tenha sido proposto que os *kanbans* tenham a mesma cor do seu primeiro subprocesso na pré-montagem, propõe-se também que neles esteja presente o respetivo fluxo produtivo na pré-montagem, evitando desta forma o surgimento de dúvidas e erros no processamento dos diferentes tipos de *placas nutzen*.

Além disso, propõe-se também que os *kanbans* tenham neles identificados o tipo de sensor e respetivo cliente, o tipo de placa *nutzen* associada ao sensor, o número de PCB's por *container* e a duração do consumo de um *container* na célula da montagem final.

Relativamente aos cartões *master* é proposto que estes indiquem o tipo de sensor e seu cliente, o tipo de PCB associado ao sensor, o número de sensores que compõem uma palete, o respetivo número de *containers* necessários para produzir essa palete, a duração da montagem final dessa palete na célula e o respetivo fluxo produtivo no CC.

7.2. Procedimentos

Neste ponto será explicado passo-a-passo, quais são os procedimentos inerentes ao funcionamento desta proposta e quem os deve executar.

7.2.1. Preenchimento dos Quadros de Produção e Sequenciadores de Célula

É da responsabilidade do *chefe de linha* preencher os quadros de produção e os respetivos sequenciadores das células, no início de cada turno.

Cada *chefe de linha* preenche os quadros de produção e os sequenciadores das células, para o turno seguinte ao seu, como ilustra a figura 7.6.

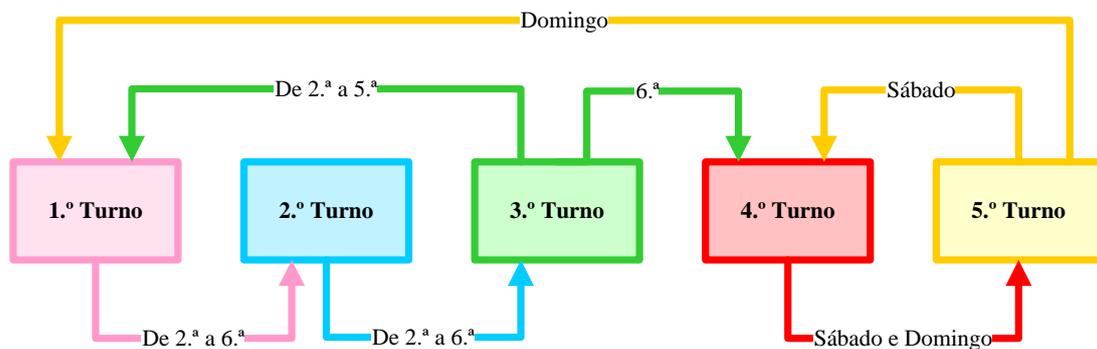


Figura 7.6 – Método de preenchimento dos quadros de produção e respetivos sequenciadores

Isto é, de segunda a sexta-feira o primeiro turno preenche a parte dos quadros de produção relativa ao segundo turno do mesmo dia; o segundo turno preenche o terceiro turno também do mesmo dia; e o terceiro turno preenche o primeiro turno do dia seguinte, excepto à sexta-feira que preenche o quarto turno de sábado (turno seguinte ao seu, à sexta-feira). Ao sábado, o quarto turno preenche a parte dos quadros de nivelamento que diz respeito ao quinto turno e o quinto turno preenche o quarto turno de domingo. Ao domingo o quarto turno preenche o quinto turno do mesmo dia e por sua vez o quinto turno preenche o primeiro turno de segunda-feira.

Quando o chefe de linha for preencher cada um dos quadros de produção, deverá inserir neles cartões *master* (cartões que dizem respeito a paletes), de acordo com o plano de

produção realizado semanalmente pelo departamento logístico da empresa e respeitando sempre os respectivos tempos de processamento na montagem final.

Em paralelo, o chefe de linha deve inserir no sequenciador da respectiva célula o número de *kanbans* necessários para produzir cada uma das paletes, respeitando a sequência de produção das paletes no quadro de produção, como mostra a figura 7.7.

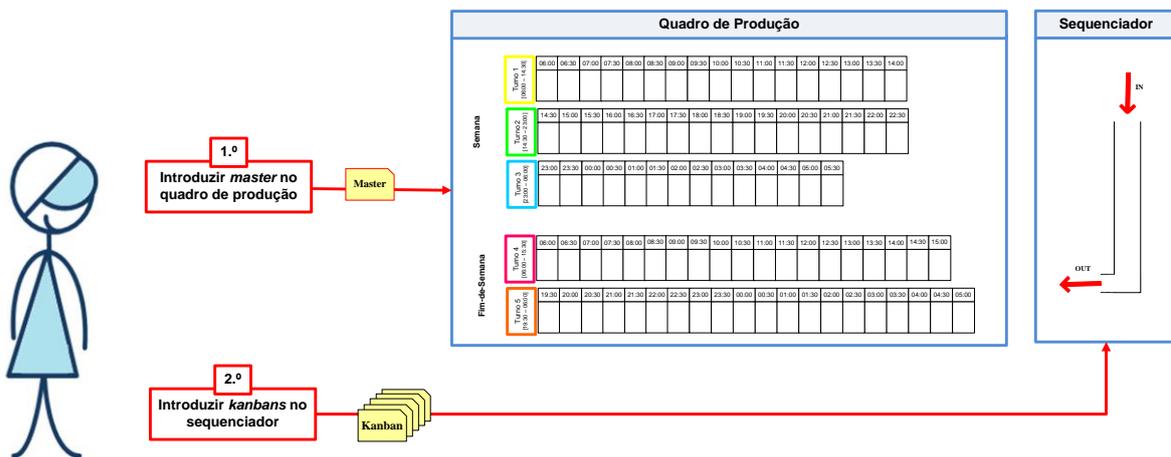


Figura 7.7 – Preenchimento do quadro de produção e respetivo sequenciador

Uma vez que a produção na Pré-Montagem poderá ter de ser efetuada em lotes (se se averiguar que ela não tem capacidade para produzir *container a container*) verificou-se então a necessidade de introduzir um cartão (branco) entre o penúltimo e o último *kanban* do mesmo tipo. Sempre que o número de *containers* necessários para produzir uma paleta de um determinado tipo de sensor não seja múltiplo do tamanho do lote, o cartão branco alertará qual é o último *kanban* e fará com que não haja a necessidade de esperar para tirar outro *kanban* do sequenciador da célula e só então verificar que não é possível formar lote - este procedimento permite enviar imediatamente o último *kanban* associado a um cartão *master* para a pré-montagem sem o desperdício de espera.

Além do cartão branco, propõe-se ainda que seja introduzido um cartão preto no início de cada tipo de *kanbans* introduzidos no sequenciador da célula. Este cartão deve ser retirado no mesmo instante em que se retira o último *kanban* do produto antecessor e enviado imediatamente para o seu primeiro subprocesso na pré-montagem. Este cartão permitirá “pedir” com antecedência à Inserção Automática um lote de *containers* com placas nutzen que serão necessárias para iniciar a produção de um novo produto na pré-montagem – este procedimento permitirá que quando o lote de *kanbans* do novo produto chegue ao subprocesso seja imediatamente processado e não espera pelo material da inserção automática

(note-se que são os *kanbans* presentes no sequenciador que "dizem" ao *milkrun* quais são as necessidades de determinado subprocesso).

A figura 7.8 ilustra o procedimento para o preenchimento de quadros de produção e sequenciadores de célula com cartões brancos e pretos.

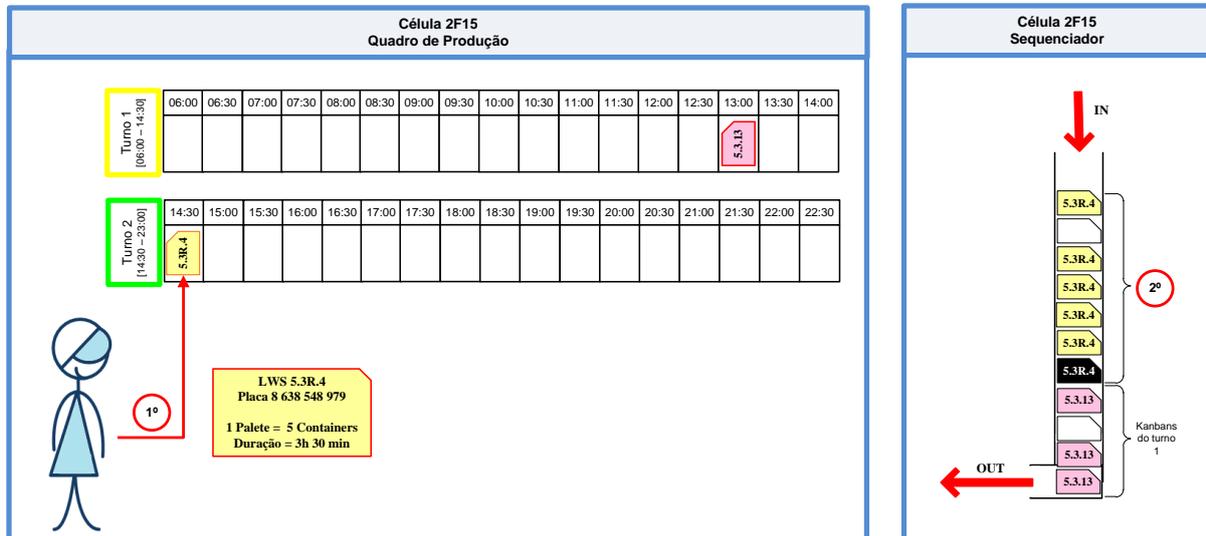


Figura 7.8 – Preenchimento do quadro de produção e de sequenciadores com cartões brancos e preto

Caso um lote inicie no turno para o qual o quadro de produção está a ser preenchido mas só termine no turno seguinte, o que o chefe de linha deve fazer é inserir o cartão *master* no quadro de nivelamento e todos os seus *kanbans* no sequenciador, ou seja, sempre que um cartão *master* é introduzido no quadro de produção é necessário inserir todos os seus respetivos *kanbans* no sequenciador.

Se, por exemplo, o chefe de linha do primeiro turno introduzir no quadro de produção um cartão *master* para iniciar às 16 horas (segundo turno) mas, este tem uma duração na montagem final de 12 horas então, e sem considerar pausas, significa que o cartão só terminará às 4 horas da manhã do dia seguinte (terceiro turno). Se mais nenhuma informação for dada no quadro, o chefe de linha do segundo turno (que tem de preencher os quadros de produção para o terceiro turno) terá de efetuar cálculos para saber a partir de que momento poderá introduzir outro cartão *master* no terceiro turno. Para colmatar este problema, propõe-se que sempre que o chefe de linha introduzir um cartão *master* no quadro de produção introduza também um cartão de “*Fim de Cartão Master*”, como mostra a figura 7.9.

Desta forma, os chefes de linha sabem em que momento do tempo poderão introduzir um novo cartão *master* – imediatamente a seguir ao cartão de “*Fim de Cartão Master*”.

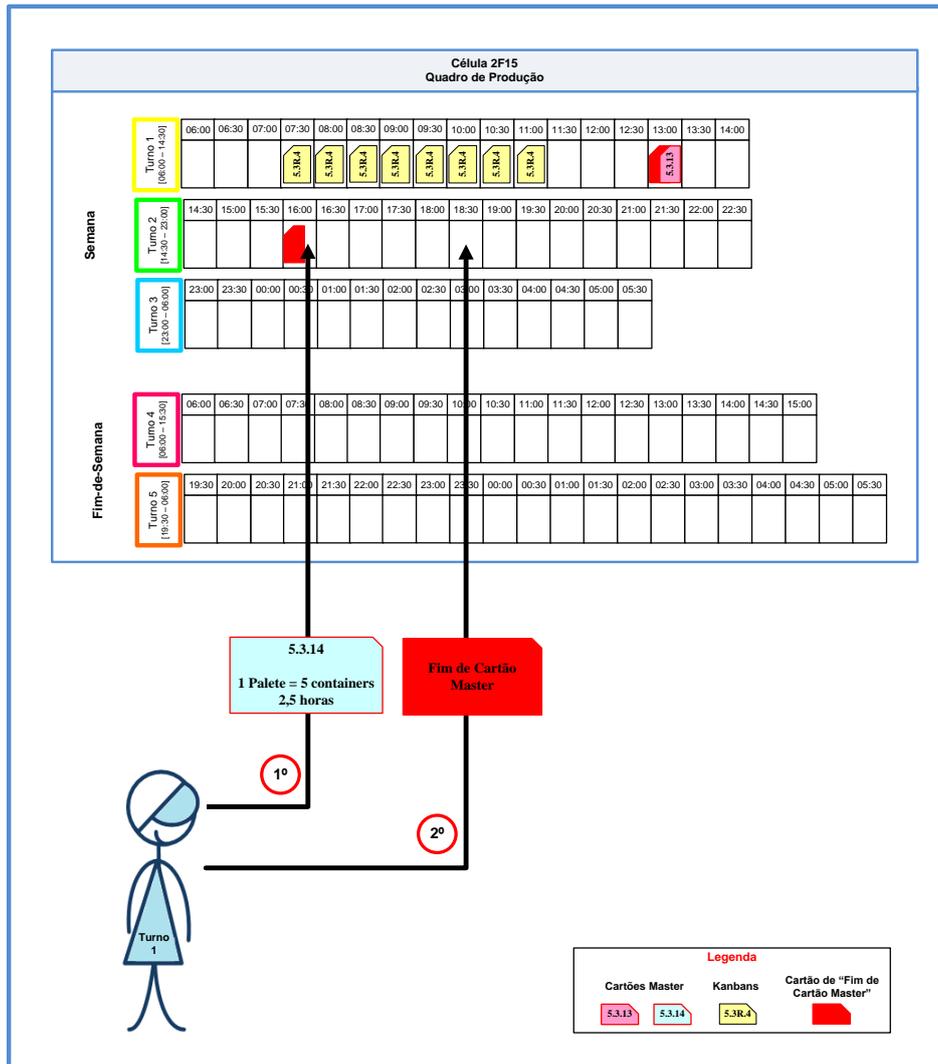


Figura 7.9 – Introdução do cartão de "Fim de Cartão Master"

Note-se que, cada chefe de linha deve ter em atenção o horário e duração das pausas nas células da montagem final, para que nenhuma produção seja planeada para esses períodos.

7.2.2. Abastecimento das Células da Montagem Final

Após a introdução dos cartões *kanban* nos sequenciadores das células, deixa de existir a necessidade do operador da pré-montagem estar constantemente a efetuar cálculos das necessidades de placas *nutzen*, pois ele limitar-se-á a produzir na pré-montagem os *kanbans* presentes nos sequenciadores das células.

Sempre que for necessário abastecer uma célula, o operador deve consultar o quadro de produção da respetiva célula e verificar qual é o próximo *kanban* a entrar na montagem final (note-se que quando um *container* chega à sua respetiva WIP Lane o seu *kanban* é

introduzido no quadro de produção, permitindo desta forma espelhar no quadro de produção os *containers* disponíveis para serem processados na célula). Esse *kanban* deve ser retirado do quadro e introduzido numa caixa de “*kanbans produzidos*”. Só posteriormente é que o operador da pré-montagem se pode dirigir à *WIP Lane*, retirar o *container* e abastecer a célula, como mostra a figura 7.10.

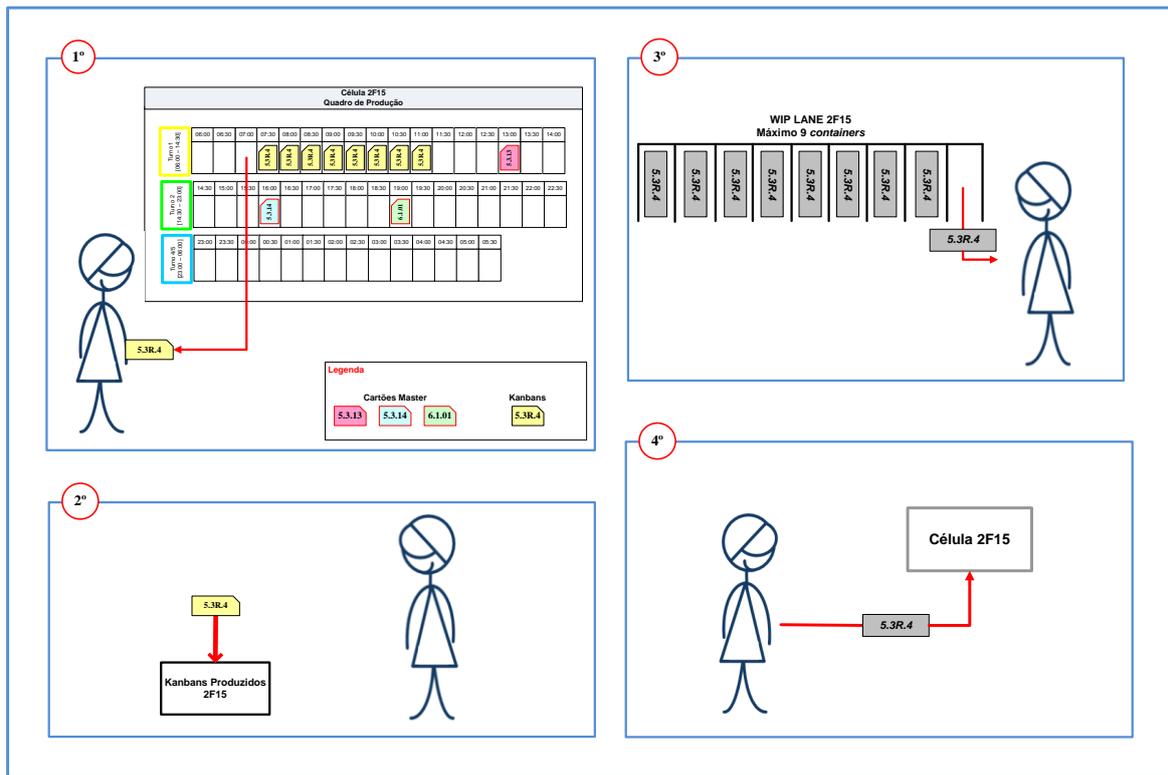


Figura 7.10 – Identificação do próximo *kanban* a entrar na célula e seu respetivo abastecimento

Quando a célula mudar de produto, o próximo cartão *master* a iniciar a montagem final deverá ser levado para dentro da célula, identificando a produção em curso.

Sempre que um *container* for retirado de uma *WIP Lane* para abastecer uma célula, o operador da pré-montagem deverá dirigir-se ao sequenciador da respetiva célula e retirar um *kanban* respeitando o FIFO. Se não houver necessidade de construir lotes de produção (caso a pré-montagem tenha capacidade para produzir *container a container*) este operador deve introduzir esse *kanban* no sequenciador do primeiro subprocesso da pré-montagem que o tipo de placa *nutzen* em questão sofre (e na vertical para dar sinal ao *milkrun* das necessidades do subprocesso, como será explicado mais à frente) e o qual possui a mesma cor do *kanban*, como mostra a figura 7.11.

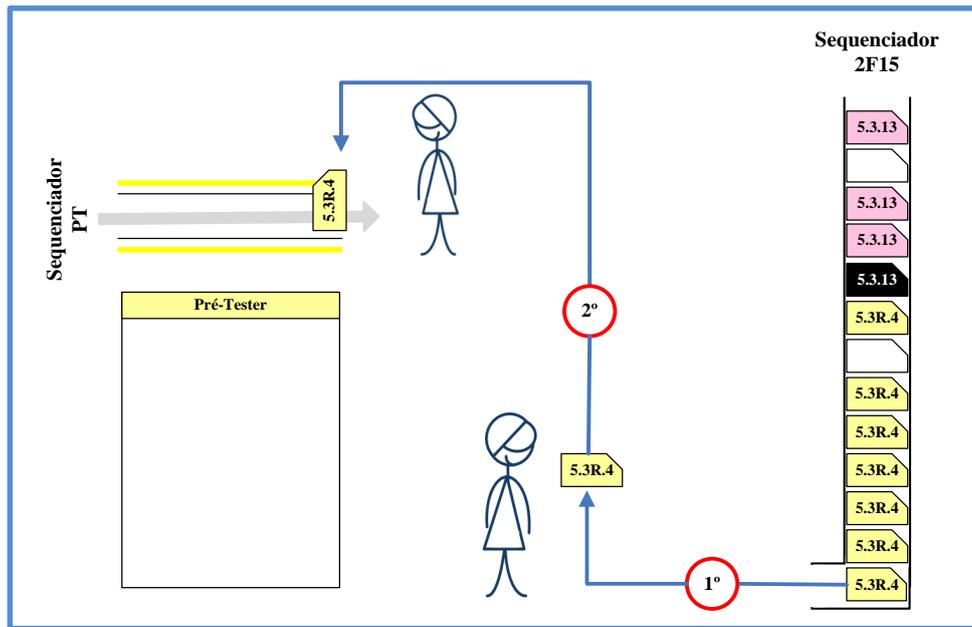


Figura 7.11 – Envio de kanbans para a pré-montagem sem construção de lote

Caso seja necessária a construção de lotes (no caso da pré-montagem não ter capacidade para produzir *container a container*), o operador terá de formar um lote de *kanbans* antes de o enviar para a pré-montagem. Sempre que um *container* for retirado de uma *WIP Lane* é retirado um *kanban* do sequenciador da respetiva célula e introduzido na caixa de construção de lote - só após a repetição deste processado um determinado número de vezes (tamanho do lote) é que o lote fica completo e disponível para ser entregue na pré-montagem, como ilustra a figura 7.12.

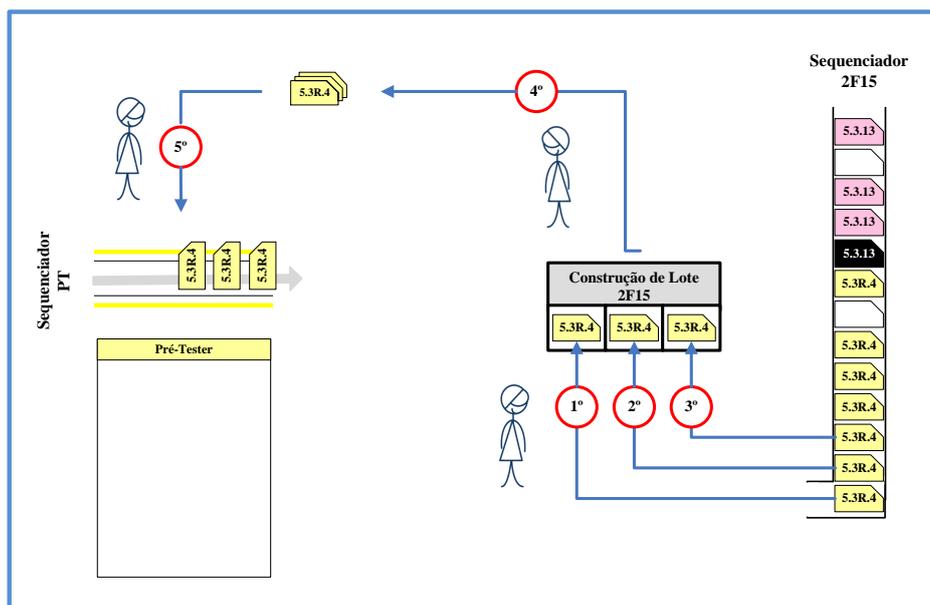


Figura 7.12 – Envio de kanbans para a pré-montagem com construção de lote

Quando não for possível construir um lote porque não existe no sequenciador o número de *kanbans* que o permita construir (situação que poderá ocorrer com os últimos *kanbans* de uma paleta), o que o operador da pré-montagem deverá fazer é introduzir os *kanbans* existentes no sequenciador do seu respetivo primeiro subprocesso, como mostra a figura 7.13.

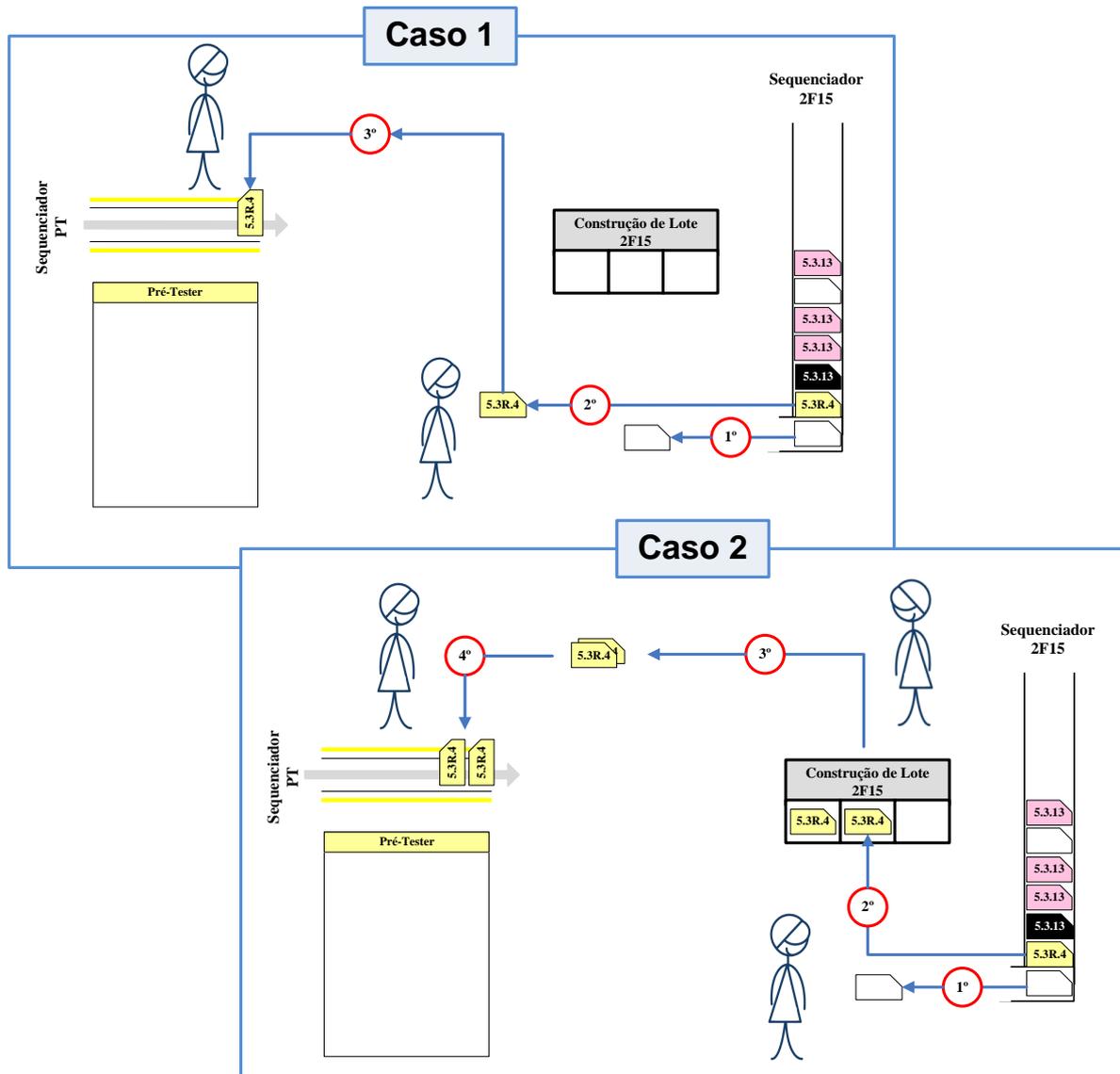


Figura 7. 13 – Envio de kanbans para a pré-montagem com construção de lote incompleto

A utilização do cartão branco permite rapidamente verificar que o próximo *kanban* é o último *kanban* introduzido pelo chefe de linha para produzir um determinado cartão *master*. Sempre que o operador da pré-montagem retirar o cartão branco do sequenciador sabe que pode retirar o próximo *kanban* e juntá-lo aos *kanbans* presentes na construção de lote, se

existirem, e independentemente do lote estar completo ou não, deverá introduzi-los imediatamente no sequenciador do respetivo subprocesso inicial, da pré-montagem.

Desta forma, sempre que o último *kanban* do conjunto de *kanbans* introduzidos no sequenciador para produzir um cartão *master* for retirado pelo operador e introduzido na construção de lote ainda incompleta, o(s) cartão(ões) é(são) diretamente enviado(s) para a pré-montagem, deixando de existir a necessidade de ir verificar se o próximo *kanban* a ser retirado é igual ou não ao que foi retirado ou esperar pelo consumo de outro *container* da *WIP Lane* da respetiva célula e só aí verificar então que já não existe mais nenhum *kanban* daquele tipo, no sequenciador. Este procedimento agiliza o envio de *kanbans* para a pré-montagem no caso do número de *kanbans* de um determinado tipo, presente no sequenciador, não for múltiplo do número de *kanbans* que compuser um lote.

Quando o operador da pré-montagem retirar o último *kanban* de um determinado tipo, deverá retirar também o próximo cartão presente no sequenciador (cartão preto de antecipação de material) e introduzi-lo imediatamente e na vertical num local designado “Antecipação de PCB’s” junto ao sequenciador do seu respetivo primeiro subprocesso, como mostra a figura 7.14.

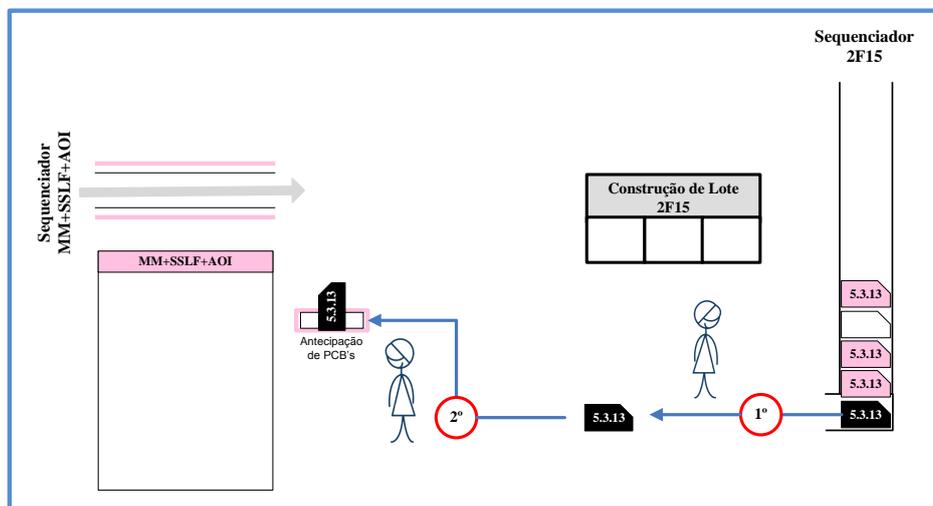


Figura 7.14 – Envio de cartão de antecipação de containers para a pré-montagem

Quando o primeiro *kanban* (no caso de não ser necessária a construção de lote) ou o primeiro lote de *kanbans* (no caso de ser necessária a construção de lote) do respetivo produto do cartão de antecipação de PCB’s chegar ao sequenciador, deverá ser introduzido na horizontal (porque já existe um cartão a fazer o pedido daquele(s) *kanban(s)*), como mostra a figura 7.15.

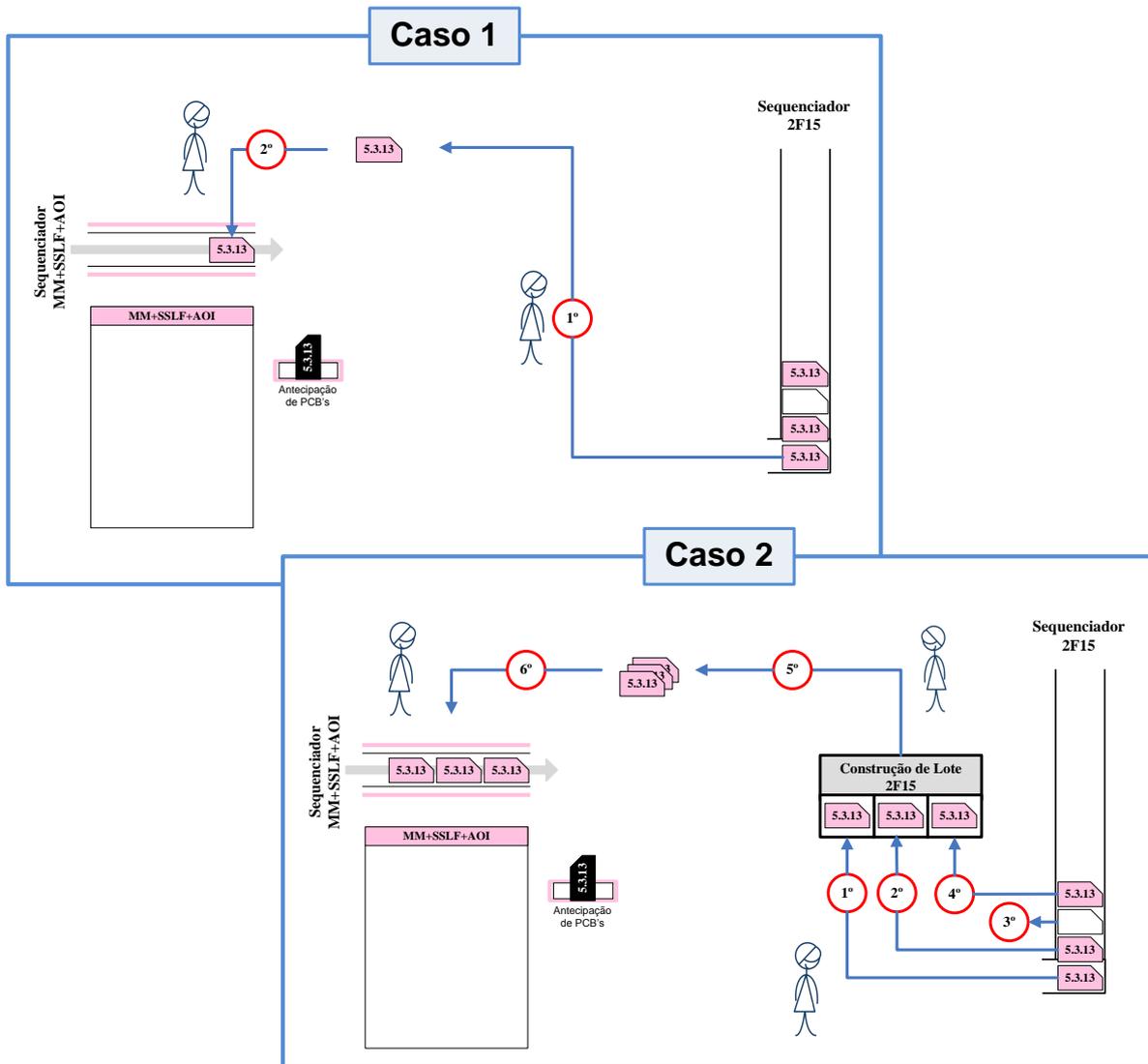


Figura 7.15 – Introdução do primeiro kanban/lote de kanbans no sequenciador do primeiro subprocesso

Depois de introduzir o(s) *kanban(s)* no sequenciador do respetivo subprocesso e se o *milkrun* já tiver fornecido o material referente ao cartão de antecipação de PCB's (o *milkrun* colocará o cartão na horizontal), o operador da pré-montagem deverá retirá-lo e guardá-lo na caixa de “*kanbans* produzidos” da respetiva célula, caso contrário (se o cartão de antecipação de PCB's ainda estiver na vertical) o operador deverá aguardar a chegada do material para então posteriormente retirar o cartão *preto* do sequenciador.

7.2.3. Fluxo de *Kanbans* e *Containers* entre os Subprocessos da Pré-Montagem

Como já referido anteriormente, é proposto que cada um dos subprocessos da pré-montagem tenha um sequenciador. Neste sequenciador serão introduzidos *kanbans/lotes de*

kanbans e o operador da pré-montagem limitar-se-á a produzir o que neles existir, respeitando sempre a ordem de chegada dos *kanbans* ao sequenciador em questão.

Sempre que um processo parar, o operador deverá dirigir-se ao respetivo sequenciador e retirar o próximo *kanban/lote de kanbans* a ser produzido. Propõe-se que em cada subprocesso seja introduzido um *porta cartões* para colocar os *kanbans* retirados do sequenciador e que estarão em produção. A figura 7.16 ilustra o procedimento explicado.

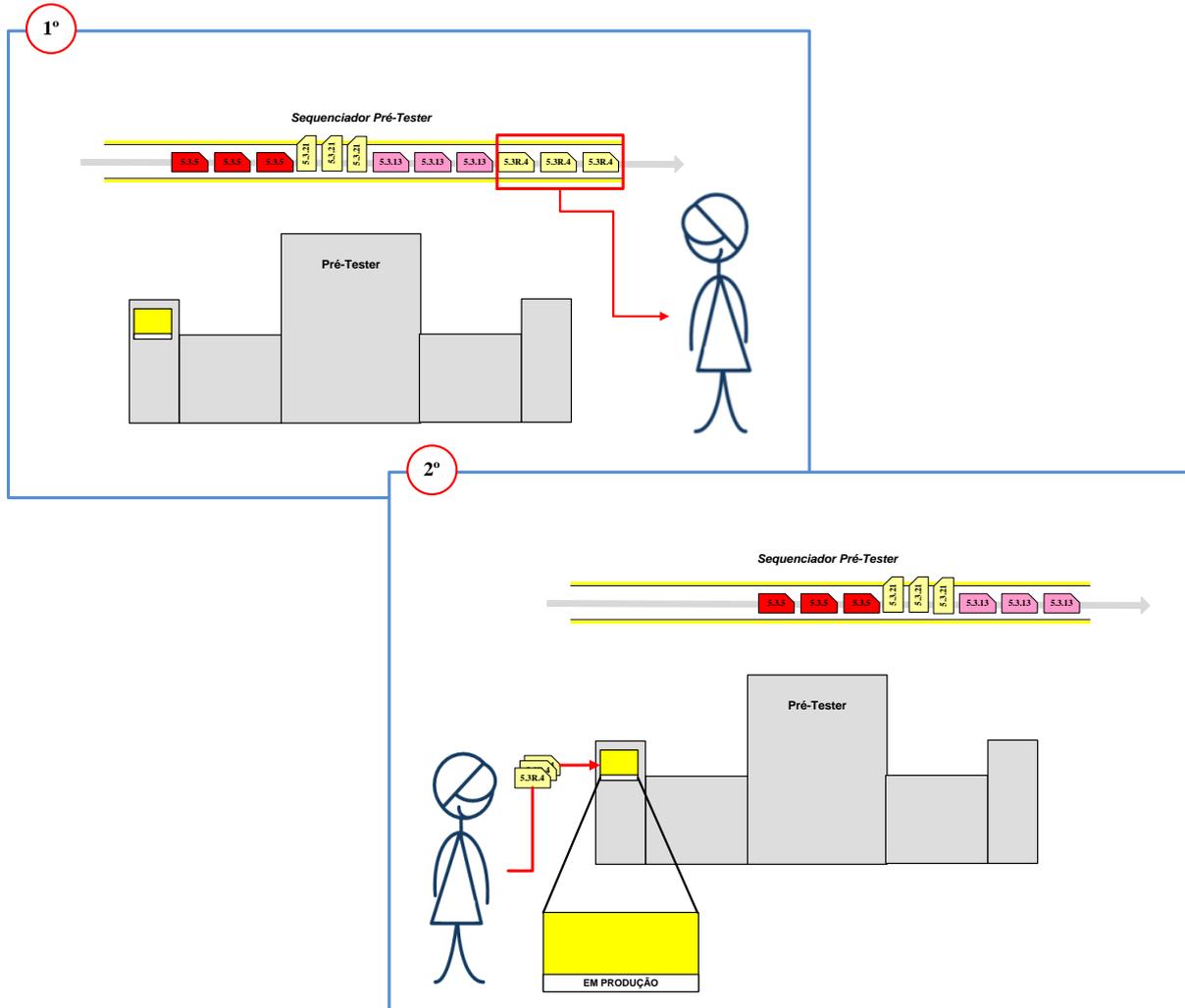


Figura 7.16 – Identificação do material a processar num subprocesso da pré-montagem

Note-se que, se o *kanban/lote de kanbans* a retirar do sequenciador se encontrar na vertical significa que o *milkrun* ainda não trouxe material para ele e por isso o *kanban/lote de kanbans* não deve ser retirado do sequenciador e o chefe de linha deverá ser imediatamente avisado do sucedido – só o chefe de linha pode decidir sobre o que fazer nestas situações.

Depois de identificado então o que produzir em determinado subprocesso, o versátil deve dirigir-se ao stock que o abastece e retirar o(s) *container(s)* correspondente ao *kanban/lote de kanbans*.

Propõe-se que o stock que abastece o *Pré-Tester*, os *Pinos (PIS 10)* e o *V-cut+Laquer* – subprocessos fornecidos por outros subprocessos da pré-montagem, esteja dividido em dois:

- uma WIP Lane para os *containers* que vêm diretamente da inserção automática;
- uma FIFO Lane para os *containers* que vêm de outros subprocessos.

Desta forma, sempre que o operador da pré-montagem retire de um sequenciador um *kanban/lote de kanbans* cuja cor é diferente da do sequenciador em questão, dirigir-se-á à FIFO Lane e retirará o(s) *container(s)* correspondentes; caso o *kanban/lote de kanbans* tenha a mesma cor do sequenciador o operador da pré-montagem terá de retirar o(s) *container(s)* da WIP Lane do respetivo subprocesso, como mostra a figura 7.17.

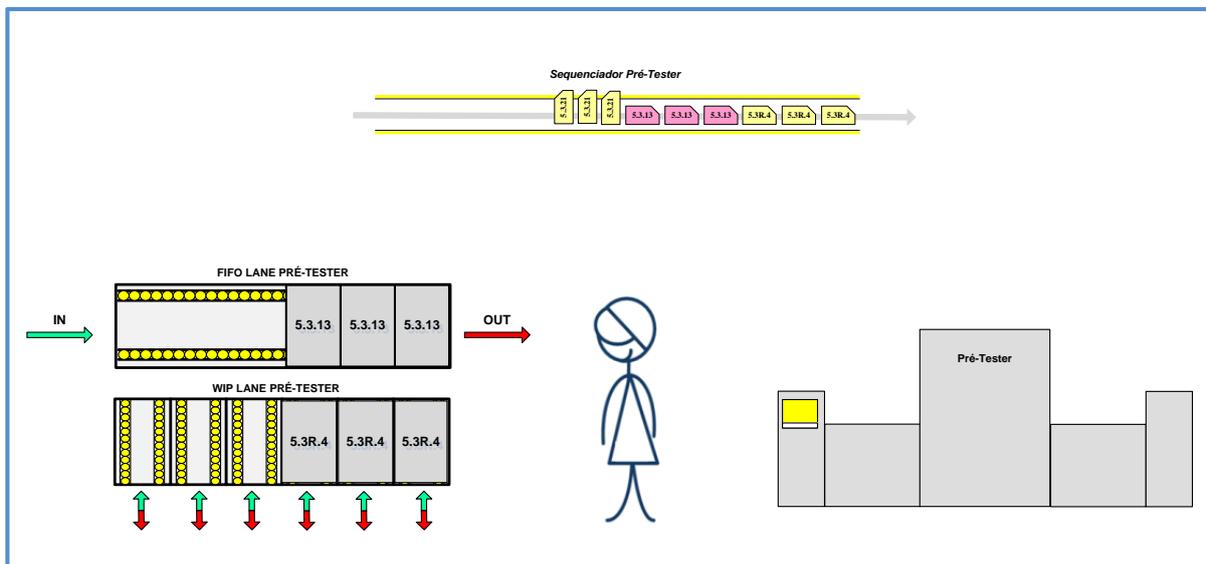


Figura 7.17 – Material presente na FIFO Lane e no WIP Lane de um subprocesso

Sempre que um *kanban/lote de kanbans* venha de um subprocesso anterior ao *Pré-Tester*, ao *Pinos (PIS 10)* ou ao *V-Cut+Laquer*, é introduzido no sequenciador de um destes processos e o(s) seu(s) respetivo(s) *container(s)* é(são) introduzido(s) na FIFO Lane. Desta forma garante-se que a sequência dos *containers* presentes na FIFO Lane é a mesma sequência dos *kanbans* (já processados em processos anteriores) presentes no sequenciador do

respetivo subprocesso. Assim, o operador da pré-montagem não terá de procurar no stock os containers dos *kanbans* vindos de outros subprocessos – ele apenas se limitará a retirar os *containers* da FIFO Lane, pela ordem que lá se encontrarem (que é a correta).

Note-se que os *containers* vindos da inserção automática (transportados pelos *milkrun*) não podem ser introduzidos na FIFO Lane pelo facto de poderem entrar outros *containers* (vindos de outros subprocessos) na FIFO Lane antes do *milkrun* trazer os *containers* de *kanbans/lotes de kanbans* anteriores, como exemplificado na figura 7.18.

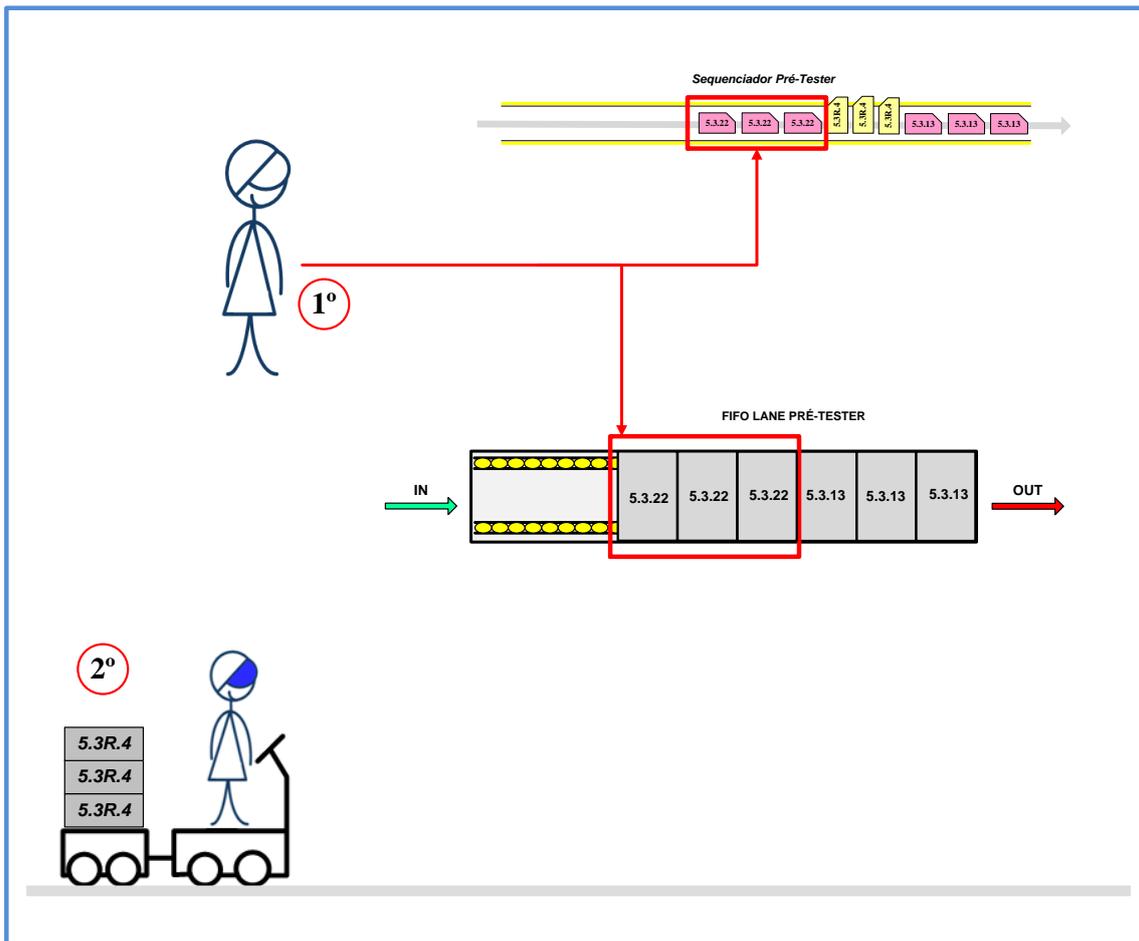


Figura 7.18 – Quebra de sequência na FIFO Lane

Note-se que a proposta de uma FIFO Lane e uma WIP Lane só é efetuada para o *Pré-Tester*, os *Pinos (PIS 10)* e o *V-Cut+Laquer* pelo facto de serem os únicos subprocessos na pré-montagem que podem receber *containers* com placas *nutzen* de outros subprocessos.

Estando já explicado o processo de abastecimento de um subprocesso, passa-se agora a explicar o processo de descarregamento.

Sempre que um subprocesso termina o processamento de um *kanban/lote de kanbans*, o operador da pré-montagem tem de introduzir o *kanban/lote de kanbans* horizontalmente no sequenciador do próximo subprocesso e o(s) respetivo(s) *container(s)* na respetiva FIFO Lane – no caso do produto em questão ainda não ter terminado o seu processamento na pré-montagem. A figura 7.19 ilustra o procedimento explicado.

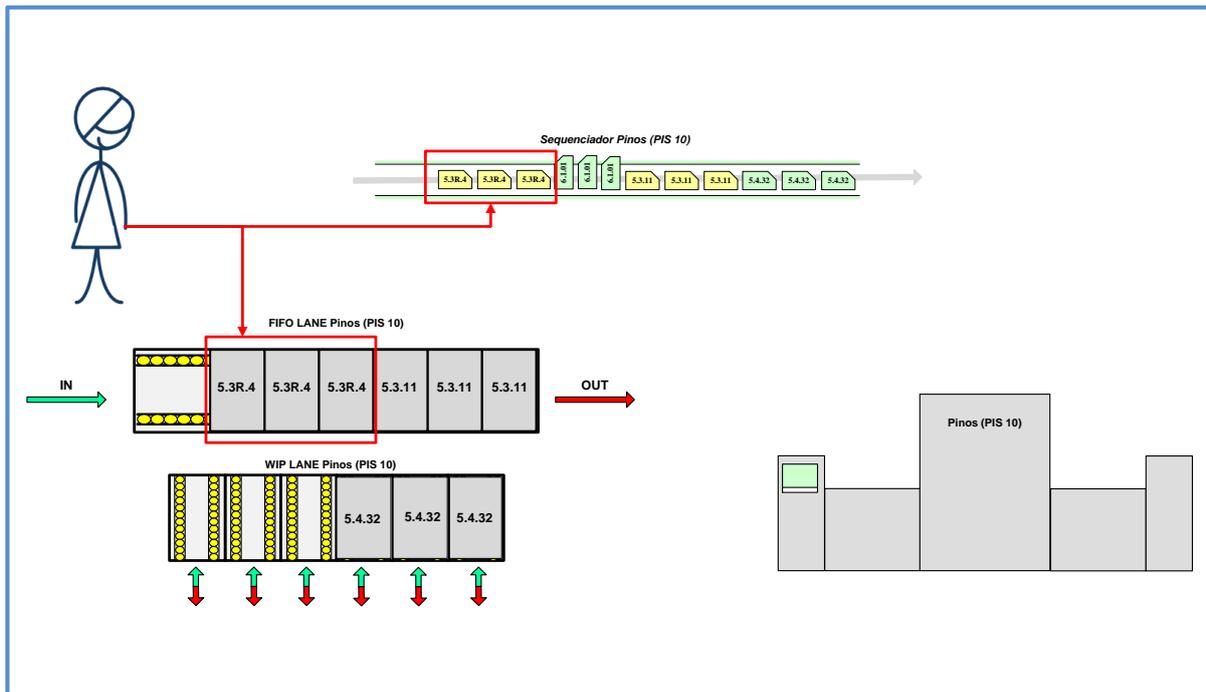


Figura 7.19 – Fluxo de *kanbans* e *containers* entre subprocessos

Caso o produto em questão termine o seu processamento na pré-montagem, o operador deverá introduzir o *kanban/lote de kanbans* no quadro de produção da respetiva célula da montagem final e o(s) respetivo(s) *container(s)* na respetiva WIP Lane, como mostra a figura 7.20.

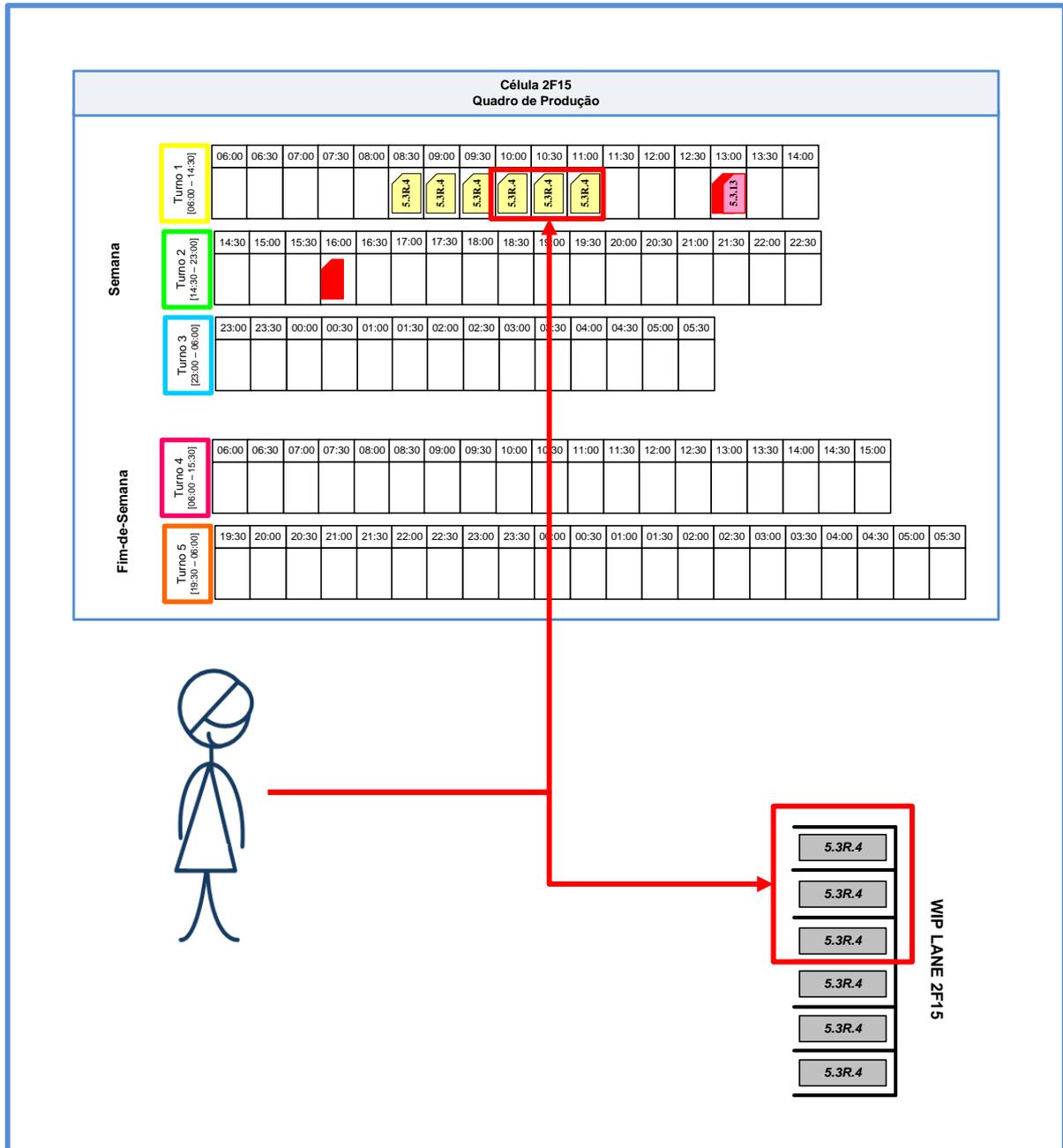


Figura 7.20 – Fim do processamento de *kanbans* na pré-montagem

A introdução dos *kanbans* no quadro de produção, permite facilmente verificar o que há na WIP LANE para entrar na montagem final. Além disso este procedimento permite ainda controlar os atrasos da célula e/ou a falta de placas *nutzen* nas WIP Lanes, possibilitando com antecedência tomar acções que minimizem as consequências que advirão desses problemas.

A figura 7.21 ilustra a informação conseguida através da análise do quadro de produção presente na figura 7.20.

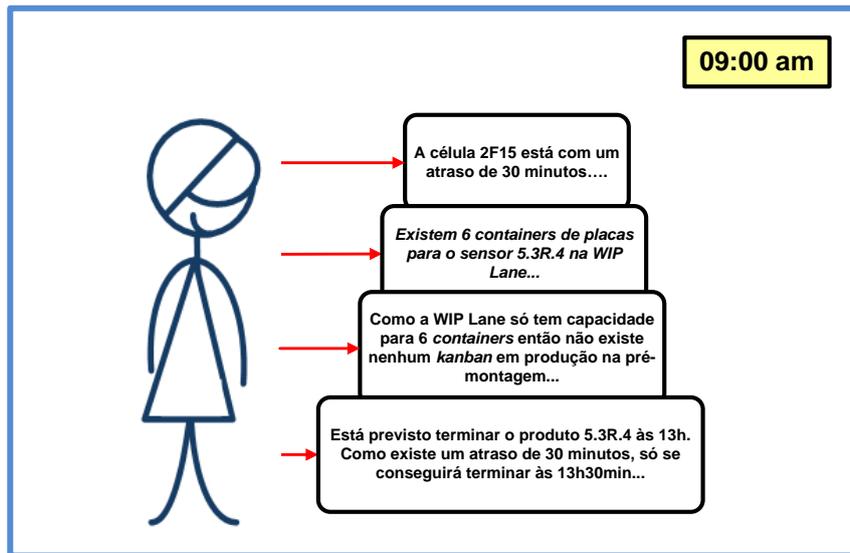


Figura 7.21 – Conclusões retiradas através da análise de um quadro de produção

▪ **Regras para o Abastecimento e Consumo das WIP Lanes**

A garantia do FIFO é um requisito da Bosch e por isso é proposto que cada WIP Lane seja ligeiramente inclinada para que o abastecimento (*in*) seja efetuado pela parte mais alta – esquerda, e o consumo seja efetuado pela parte mais baixa (*out*) - direita, como mostra a figura 7.22.

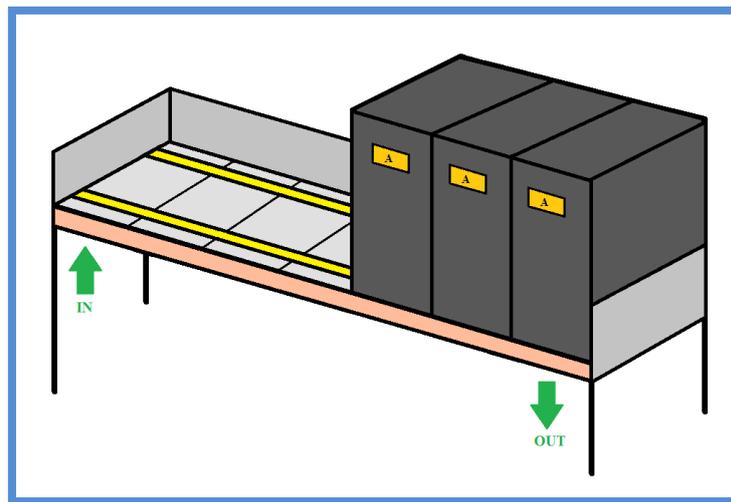


Figura 7.22 – Entrada e saída de *containers* da WIP Lane

Além disso, propõe-se também que cada *container* que entre na WIP Lane seja identificado com um cartão de identificação de material, já existentes na secção, como mostra a figura 7.23. Para isso, propõe-se que cada *container* possua um *porta-cartões*.



Figura 7.23 – Cartões de identificação de material

7.2.4. Identificação das Necessidades dos Subprocessos e Respetivo Abastecimento

O fornecedor das placas *nutzen* processadas na pré-montagem do CC é a inserção automática e a responsabilidade de as transportar entre estas duas secções da Bosch é do *milkrun*.

Com a proposta que tem vindo a ser apresentada, o *milkrun* apenas terá de verificar quais são os *kanbans* verticais presentes em cada um dos sequenciadores dos subprocessos (cuja cor é igual à do subprocesso em questão) – estes *kanbans* alertam que são necessários *containers* da Inserção Automática para abastecer o subprocesso.

Quando o *milkrun* fizer o abastecimento dos subprocessos, deve colocar na horizontal os *kanbans* abastecidos, como mostra a figura 7.24.

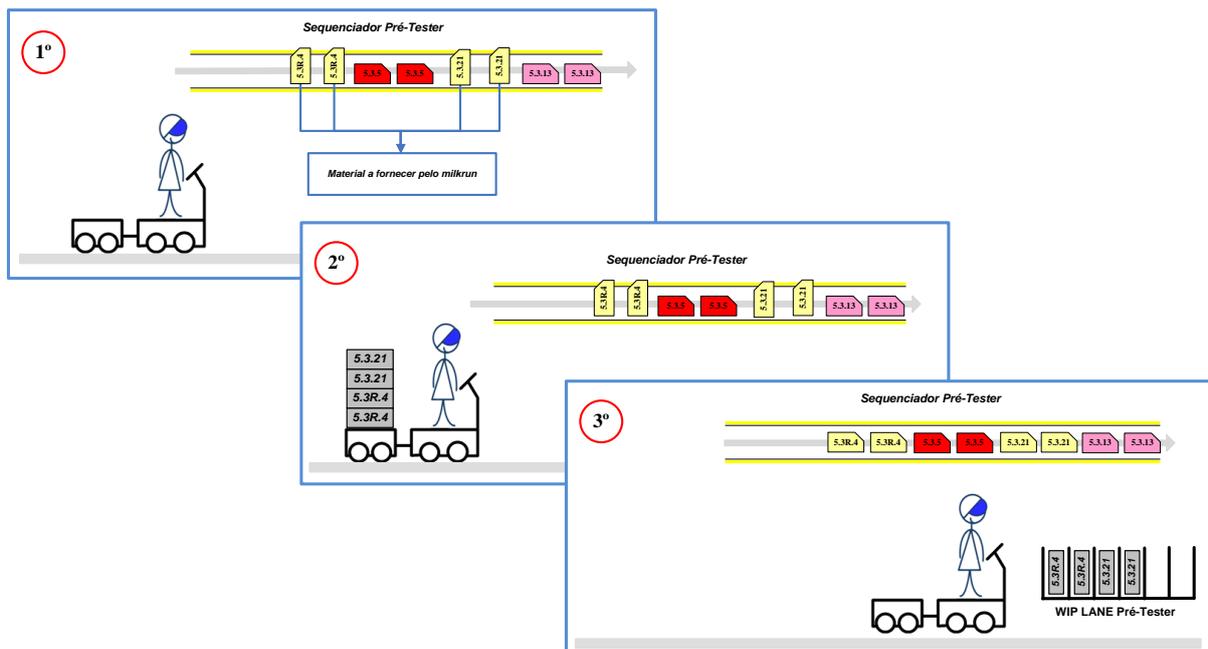


Figura 7.24 – Fornecimento de *containers* com placas *nutzen* aos subprocessos da pré-montagem

O fornecimento de material aos subprocessos será condicionado pelo tamanho do stock para *containers* vindos da inserção automática, a dimensionar mais à frente.

Nos subprocessos *Pré-Tester*, *Pinos (PIS 10)* e *V-Cut+Laquer* o *milkrun* abastece as respectivas WIP Lanes, nos restantes subprocessos o *milkrun* abastece as rampas de abastecimento existentes.

Ou seja, se o limite máximo da WIP Lane que abastece o *Pré-Tester* for de seis *containers*, o *milkrun* só poderá trazer material para esse stock se lá houver espaço para serem armazenados *containers*.

Note-se que o *milkrun* deverá fornecer *containers* com placas *nutzen* a cada um dos subprocessos, respeitando sempre a ordem de produção presente nos sequenciadores (o primeiro *kanban* a entrar no sequenciador deverá ser o primeiro a ser abastecido pelo *milkrun*).

Sempre que houver um cartão de “*antecipação de containers*” num subprocesso, o *milkrun* deverá efetuar o mesmo procedimento que faz para os *kanbans*, não esquecendo que um cartão de “*antecipação de containers*” corresponde a um lote de *containers* e não a um *container* (só se o tamanho do lote for igual a um *container* é que o cartão de “*antecipação de containers*” corresponderá a um único *container*).

7.3. Tipologia do Sistema Proposto

As WIP Lanes propostas entre a pré-montagem e cada uma das células da montagem final podem parecer FIFO Lanes mas, não o são. Nem todos os produtos têm o mesmo tempo de atravessamento na pré-montagem e por isso, pode acontecer de entrar na pré-montagem um *container* com placas do tipo 8 638 548 979 para abastecer a WIP Lane da célula 2F25 e minutos mais tarde entrar na pré-montagem um *container* com placas do tipo 8 638 561 027 também para abastecer a WIP Lane da célula 2F25 (note-se que a ordem de entrada de material na pré-montagem corresponde à ordem de produção na montagem final) mas, chegar primeiro ao stock o *container* de placas 8 328 561 027 e só depois o *container* com placas 8 638 548 979.

Nesta situação e caso se utilizasse a FIFO Lane, a ordem dos *containers* presente na FIFO Lane estaria errada e por isso o abastecimento à célula seria efetuado de forma errada ou então seria necessário retirar material do “meio” da FIFO Lane. Por estas e outras razões já apresentadas anteriormente, a utilização de FIFO Lane não é viável.

Com a utilização de WIP Lanes, o FIFO é garantido entre as placas *nutzen* do mesmo tipo e em casos como o anterior permite a remoção do *container* correto, como mostra a figura 7.25.

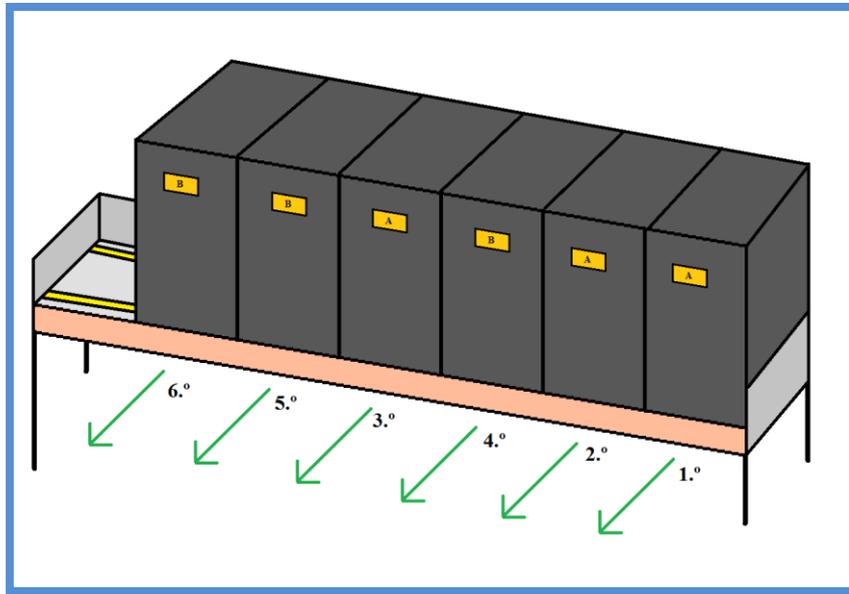


Figura 7.25 – Garantia do FIFO entre *containers* com placas *nutzen* do mesmo tipo, na WIP Lane

Tal como o supermercado do sistema puxado, também as WIP Lane propostas darão ordens de produção à pré-montagem sempre que um *container* for retirado delas.

Com a utilização de supermercado a ordem de produção enviada para a pré-montagem é a de reposição da quantidade do mesmo tipo de placa *nutzen* que de lá foi retirado, ao passo que com a WIP Lane pretende-se dar ordem à pré-montagem para produzir um *container* do próximo tipo de placa *nutzen* a ser necessário numa determinada célula da montagem final, depois dela consumir todos os *containers* presentes na respetiva WIP Lane.

Assim sendo, existirão ocasiões em que se retirará de uma WIP Lane um *container* com placas *nutzen* do tipo 8 638 548 979 e se retirará do sequenciador um *kanban* para produzir na pré-montagem outro *container* com placas *nutzen* do tipo 8 638 548 979 – envio de uma ordem de reposição do mesmo material e quantidade que foi retirada do stock; e existirão ocasiões em que se consumirá da WIP Lane um *container* da placa 8 638 548 979 e se retirará do sequenciador da célula um *kanban* da placa 8 613 340 324.

Em suma, o sistema proposto enviará ordens de produção para a pré-montagem sempre que um *container* for consumido de uma WIP Lane, isto é, só se produzirá na pré-montagem se houver consumo em alguma WIP Lane e na sequência desse consumo. Assim

sendo, poderão surgir ordens de reposição do mesmo material e na mesma quantidade, ou não.

7.4. Dimensionamento do Sistema

Estando já apresentado todo o funcionamento do sistema proposto, passa-se agora a apresentar o seu dimensionamento, implicando isto, o cálculo da quantidade de WIP em cada um dos locais de paragem, isto é:

- WIP Lanes que abastecem cada uma das células da montagem final;
- WIP antes do PT;
- WIP antes dos Pinos (máquinas PIS 10);
- WIP antes do V-Cut+Laquer.

Para além do dimensionamento do WIP, é necessário dimensionar também cada um dos sequenciadores, quadros de produção, caixas sequenciadoras e quadros de construção de lotes.

7.4.1. Dimensionamento das WIP Lanes que Abastecem as Células

As WIP Lanes têm de ser dimensionadas para uma determinada quantidade de stock que seja capaz de amortecer as diferenças de capacidade entre a pré-montagem e a montagem final. Ou seja, a quantidade de stock em cada uma das WIP Lanes tem de assegurar a produção da montagem final desde a saída de um *container* até à sua reposição pela pré-montagem.

Desta forma, a quantidade de stock necessária em cada WIP Lane tem de ser capaz de assegurar o tempo de atravessamento de um *container* na pré-montagem:

$$\textit{Tempo de WIP} = \textit{Tempo de Atravessamento}_{\textit{Pré-Montagem}}$$

(3)

Se houver a necessidade da produção na pré-montagem ser efetuada em lotes (por falta de capacidade para produzir *container a container*), para além do tempo de atravessamento, o stock terá de ser ainda capaz de assegurar o tempo de formação de um lote (pois o lote só é enviado para a pré-montagem quando estiver completo):

$$WIP = \text{Tempo de Formação do Lote} + \text{Tempo de Atravessamento do Lote} \quad (4)$$

▪ Estudo da Necessidade da Formação de Lotes

Para averiguar a necessidade da formação de lotes, foi estudada a capacidade do subprocesso *bottleneck* da pré-montagem – o Pré-Tester, para a sua pior combinação de produtos tendo como restrições:

- a não produção em simultâneo de produtos iguais, que gastem *pré-tester*, em mais do que uma célula;
- a não produção em simultâneo nas quatro células da montagem final, de produtos que gastem *pré-tester*.

A ocorrência de uma das duas situações mencionadas, faz com que o *pré-tester* deixe de ter capacidade para garantir que a produção nas células não pare.

Posto isto, verificou-se que a pior combinação, em termos de capacidade, no *pré-tester*, é a produção em simultâneo dos seguintes três produtos: LWS 5.3R.4 (para a célula 2F15), LWS 5.3.11 – 0265 005 517 (para a célula 2F35) e LWS 5.4.1 Axial (para a célula 2F45) (Ver Anexo B). Note-se que assegurada a produção no *Pré-Tester*, todos os outros subprocessos têm capacidade para satisfazer as necessidades da montagem final.

Tendo como referência a produção destes três produtos passa-se em seguida a verificar a necessidade ou não da formação de lotes. Para isso é necessário saber qual é a capacidade das células da montagem final e a capacidade do *Pré-Tester*.

Sabendo que o tempo de ciclo na montagem final, de cada um dos três produtos identificados como pior combinação no *Pré-Tester* é diferente então, utilizou-se a respetiva média ponderada para calcular a capacidade das células.

Sendo o tempo de ciclo médio da montagem final igual a 19,50 segundos (Ver Anexo C) e o tempo de abertura de 21,43 horas então, conclui-se que diariamente cada uma das células da montagem final tem capacidade para produzir 3 956 sensores.

Uma vez que o *Pré-Tester* tem de produzir PCB's para três células então, ele terá de ser capaz de testar 11 868 sensores por dia.

Dependendo do número de PCB's por *container*, estes 11 868 sensores poderão ser traduzidos em diferentes números de *containers*. Sabendo que um *container* de placas *nutzen* para o produto LWS 5.3R.4 tem 92 PCB's e para os produtos LWS 5.3.11 e LWS 5.4.1 tem 184 PCB's então, definiu-se que o número de PCB's por *container* a utilizar no presente estudo deverá ser de 92 PCB's – pior situação (quanto menor for o número de PCB's por *container* mais *changeovers* é necessário fazer e consequentemente menor será a capacidade da máquina).

Assim sendo, concluiu-se que o *Pré-Tester* terá de ter capacidade para processar 129 *containers*, por dia.

Tal como o tempo de ciclo da montagem final, também o tempo de ciclo no *Pré-Tester* varia consoante o tipo de placa *nutzen*. Assim sendo, foi utilizada também a média ponderada dos tempos de ciclo no *Pré-Tester* dos produtos em causa, para calcular a capacidade do subprocesso. Como se pode ver pelo Anexo C, a média ponderada do tempo de ciclo no pré-tester para a situação mais crítica é de 6,6 segundos por PCB.

Sabendo que o tempo de abertura do *Pré-Tester* é igual a 24 horas (por ser *bottleneck* da secção), que são necessários diariamente 11 868 PCB's com *Pré-Tester*, que o tempo de ciclo médio (ponderado) é igual a 6,6 segundos e que o OEE da máquina é igual a 98%, conclui-se portanto que o *Pré-Tester* gasta 21,8 horas $((11868 \times 6,6) / 60 / 60)$ a processar PCB's e pode fazer *changeovers* durante 1,72 horas $((24 \times 0,98) - 21,8)$.

Para saber quantos *changeovers* são possíveis efetuar em 1,72 horas, foi necessário efetuar um estudo sobre os tipos de *changeovers* existentes no *Pré-Tester* e as respetivas durações (Ver Anexo D).

Dado que a combinação de produtos em estudo engloba três produtos de diferentes famílias (LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 e LWS 5.4.1 Axial) então podem ocorrer seis tipos de mudanças.

O quadro XX mostra os tipos de mudanças entre produtos e o seu respetivo tempo de *changeover*, com base nos dados presentes no Anexo D.

Quadro XX – Tipos de mudanças entre produtos e respetivo tempo de *changeover* no pré-tester

 Entrada	 Saída	Duração <i>Changeover</i>
LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11	1,33 minutos
LWS 5.3R.4	LWS 5.4.1 Axial	2,10 minutos
LWS 5.3.11	LWS 5.3R.4	1,33 minutos
LWS 5.3.11	LWS 5.4.1 Axial	2,10 minutos
LWS 5.4.1 Axial	LWS 5.3R.4	2,10 minutos
LWS 5.4.1 Axial	LWS 5.3.11	2,10 minutos

Dos dados presentes no quadro acima conclui-se que em média um *changeover* demorará 1,84 minutos. Isto significa que em 1,72 horas é possível efetuar 56 *changeovers*.

Sabendo que o *Pré-Tester* tem de processar 129 *containers* e só pode efetuar 56 *changeovers*, conclui-se então que a produção tem de ser efetuada em lotes de 3 *containers* (129/56).

- **Cálculo do Tempo de Formação de Lote**

Tendo sido já verificado que a produção na pré-montagem tem de ser efetuada em lotes de 3 *containers*, para que o *Pré-Tester* tenha capacidade de resposta às necessidades da montagem final, passa-se agora a calcular o tempo necessário para construir um lote:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Construção de Lote} &= TC_{MF} \times N.^{\circ} \text{ de PCB's por container} \times \text{Tamanho do Lote} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \text{Tempo de Construção de Lote} &= 19,50 \times 92 \times 3 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \text{Tempo de Construção de Lote} &= 5382 \text{ segundos} = 1,5 \text{ horas} \end{aligned}$$

(5)

Isto significa que a pré-montagem recebe um lote de *kanbans* de cada célula a cada 1,5 horas.

- **Cálculo do Tempo de Atravessamento de um Lote na Pré-Montagem**

O tempo de atravessamento é igual ao somatório dos produtos do tempo de ciclo com as respectivas quantidades de WIP em cada subprocesso da pré-montagem. Uma vez que o WIP do sistema proposto é desconhecido, foi necessário recorrer a uma ferramenta de simulação – o ARENA, para averiguar qual é o WIP máximo antes de cada subprocesso da pré-montagem (Ver Anexo E).

Através da simulação, foi possível concluir que no máximo, e nas condições apresentadas, o tempo de atravessamento na pré-montagem é igual a 2,95 horas (cerca de 3h).

- **Número de *containers* para cada WIP Lane**

Sabendo que o tempo de formação de um lote é igual a 1,5 horas e que o tempo de atravessamento na pré-montagem é igual a 2,95 horas, conclui-se portanto que em cada WIP Lane deverão existir *containers* para 4,45 horas, que se traduzem em 821 PCB's ($((4,45 \times 60 \times 60) / 19,5)$) que corresponde a, aproximadamente, 9 *containers* (821/92).

Conclui-se portanto, que em cada WIP Lane deverá ser possível armazenar 9 *containers*. Uma vez que existem quatro células então, deverão existir quatro WIP Lane com capacidade para 9 *containers*, cada. A figura 7.26 ilustra o *design* das WIP Lanes propostas.

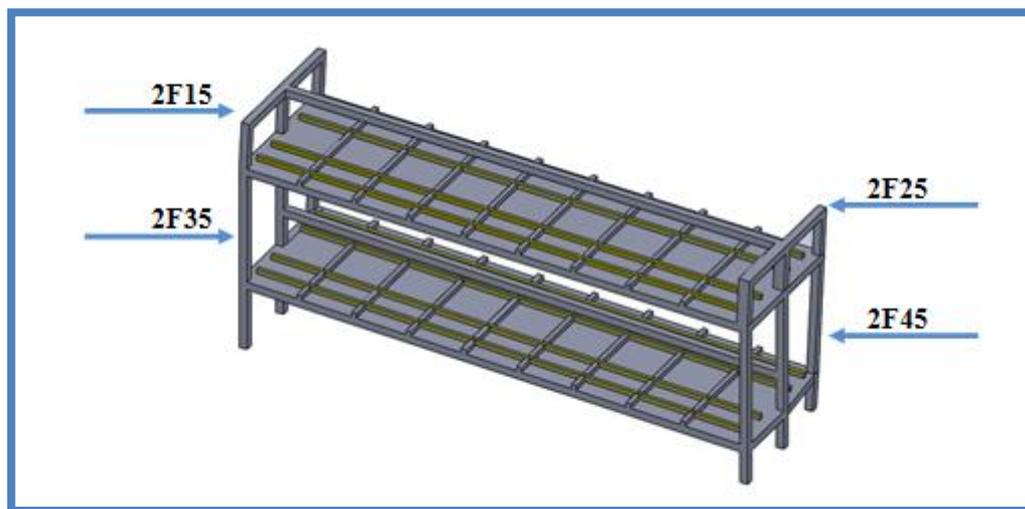


Figura 7.26 – Design das WIP Lanes propostas para as quatro células

Como se pode ver pela figura 7.26, é proposto que as quatro WIP Lanes estejam fisicamente juntas:

- para a célula 2F15, na parte esquerda superior;
- para a célula 2F25, na parte direita superior;
- para a célula 2F35, na parte esquerda inferior;
- para a célula 2F45, na parte direita inferior.

Sabendo que cada *container* tem uma altura de 56 cm, um comprimento de 39 cm e uma largura de 32 cm, então as quatro WIP Lanes juntas deverão ter as dimensões apresentadas na figura 7.27.

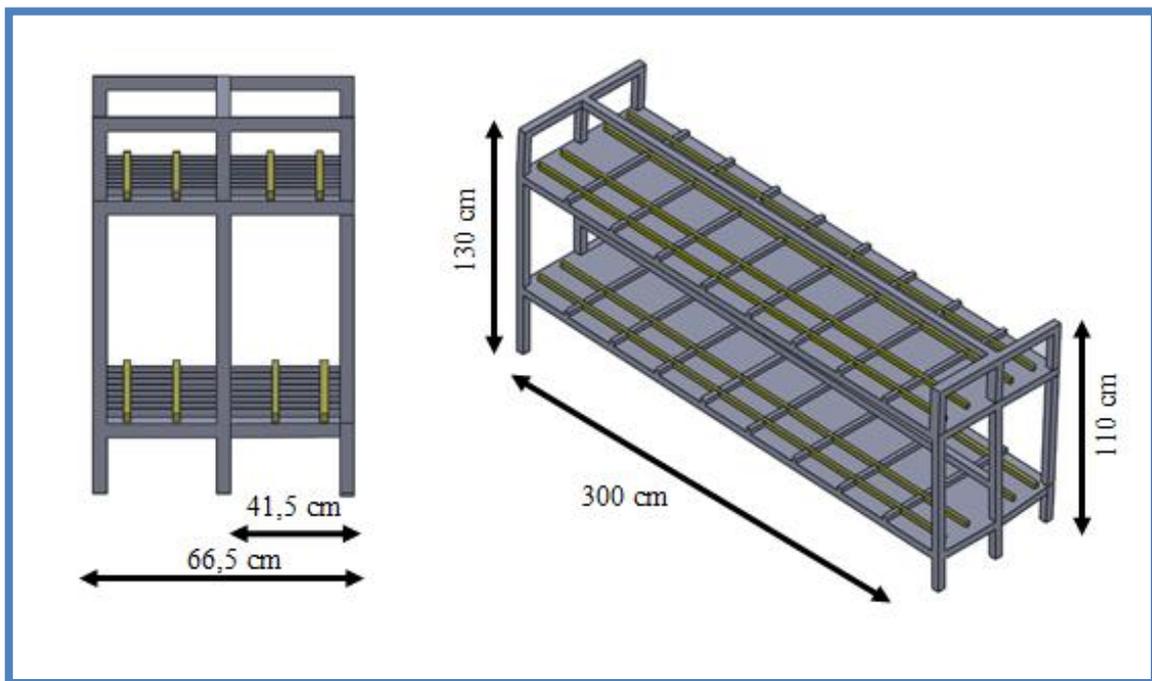


Figura 7.27 – Dimensões das WIP Lanes propostas

7.4.2. Sequenciadores nas Células

Para determinar o tamanho dos sequenciadores das células, foi selecionada a pior situação, ou seja, produzir o sensor com o menor tempo de ciclo na montagem final e menor número de PCB's por *container*.

No sequenciador de uma célula nunca haverá um número de *kanbans* superior aos necessários para dois turnos menos nove (estes nove dizem respeito ao tamanho da rampa de

WIP da célula – mesmo que a WIP Lane não esteja cheia os *kanbans* do número de *containers* em falta estarão na pré-montagem ou na caixa de construção de lote).

O dimensionamento do sequenciador das células para estas condições, assegurará que o número de *kanbans* presente nos sequenciadores da célula nunca será superior.

O pior cenário é a produção do sensor LWS 5.3.22, com um tempo de ciclo de 17,80 segundos e um número de PCB's por *container* igual a 72.

Para este dimensionamento serão considerados os turnos 4 (06:00 às 15:30) e 5 (19:30 às 06:00) ao fim-de-semana, por serem os que têm maior duração e conseqüentemente um maior número de *kanbans* para produzir.

Sabendo que o tempo de abertura destes dois turnos ao fim-de-semana é igual a 18,16 horas, então conclui-se que no máximo num dia do fim-de-semana são produzidos 3 672 sensores do LWS 5.3.22. Sabendo que uma paleta deste produto é constituída por 2 048 sensores então conclui-se que na pior das hipóteses, o sequenciador terá de ter capacidade para armazenar o número de *containers* subjacentes à produção de duas paletes do LWS 5.3.22, menos nove (considando que a produção da primeira paleta iniciará às 6h da manhã com o quarto turno e que o chefe de linha do quarto turno ao preencher o sequenciador com *kanbans* para o quinto turno introduz *kanbans* inerentes à produção de outra paleta – note-se que sempre que um cartão *master* é introduzido no quadro de produção, todos os seus *kanbans* têm de ser introduzidos no sequenciador, mesmo que a produção do cartão *master* se prolongue por mais do que um turno).

Conclui-se portanto que o sequenciador deverá ter capacidade para armazenar 48 *kanbans* $\left(\left(\frac{2048 \times 2}{72} \right) - 9 \right)$.

7.4.3. Sequenciadores na Pré-Montagem

Como foi possível verificar na simulação do pior cenário no processo *bottleneck* – o *Pré-Tester*, a maior fila de espera obtida antes de um processo foi de 5 lotes de *kanbans*. Por esta razão propõe-se que todos os sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem tenham capacidade para armazenar 6 lotes de *kanbans* (por segurança foi acrescido um lote ao resultado da simulação), isto é 18 *kanbans*.

7.4.4. Stocks entre Subprocessos

Para os stocks entre subprocessos (antes do *V-Cut+Laquer*, *Pré-Tester* e *Pinos (PIS 10)*) propõe-se que exista uma FIFO Lane e uma WIP Lane, como já referido anteriormente.

Uma vez que os sequenciadores destes subprocessos têm capacidade para 6 lotes de *kanbans* então os respetivos stocks também devem ter capacidade para armazenar um igual número de *containers* – 18.

Dado que uma parte deste stock se destina à FIFO Lane (que recebe *containers* de outros subprocessos) e a outra à WIP Lane (stock abastecido pelo *milkrun* com placas *nutzen* vindas da Inserção Automática) então, torna-se agora importante verificar quantos *containers* terão de ser armazenados em cada stock.

Para tal, será averiguada qual é a quantidade de *containers* que tem de existir na WIP Lane, caso o subprocesso esteja a produzir placas *nutzen* vindas directamente da Inserção Automática – para isso, será averiguada a pior situação de cada subprocesso.

Foi definido que as WIP Lanes antes dos subprocessos em análise, deverão ter capacidade para armazenar o número de *containers* consumidos pelo respetivo subprocesso em dois ciclos do *milkrun*, ou seja 46 minutos (foram definidos dois ciclos e não apenas um, para assegurar que o subprocesso não para no caso do *milkrun* se atrasar). Além disso, foi definido também que este stock deve ser dimensionado para a pior situação – o tipo de placa *nutzen* com mais *containers* processados no subprocesso, em 46 minutos.

O resultado da subtração do número de *containers* em cada WIP Lane aos 18 *containers* máximos, ditará o tamanho da FIFO Lane.

Passa-se em seguida a dimensionar a WIP Lane que abastece o Pré-Tester, o V-Cut+Laquer e os Pinos (PIS 10).

Para isso, foram reunidos todos os produtos que iniciam o seu processamento no Pré-Tester, nos Pinos (PIS 10) e no V-Cut+Laquer (são estes produtos que estarão nas WIP Lanes) e calculado o número de *containers* que cada subprocesso consome em 46 minutos, de cada tipo de produto. Note-se que como o abastecimento do *milkrun* será efetuado em lotes de 3 *containers* então, a dimensão da WIP Lane deverá ser múltipla de três.

O quadro XXI, mostra que todas as WIP Lanes deverão ter capacidade para armazenar dois lotes, ou seja, seis *containers* (pior situação). Note-se que nos pinos o número máximo de *containers* consumidos em 46 minutos é 5 mas, como não é múltiplo de 3, esse valor foi arredondado por excesso para 6.

Quadro XXI – N.º de *containers* consumidos em 46 minutos, pelo PT, Pinos e V-Cut+Laquer

Subprocesso	Produto	Tempo de Ciclo	N.º PCB's/container	N.º <i>containers</i> processados em 46 minutos
Pré-Tester	LWS 5.3.4 (0265 019 036)	6,0	92	5
	LWS 5.3.4 (0265 005 567) (0265 005 569) (0265 019 002) (0265 005 580)	5,4	92	6
	LWS 5.3.11	4,4	184	4
	LWS 5.3.21	3,6	184	5
	LWS 5.3R.4	9,0	92	4
	Pinos	LWS 5.4.32	3,6	276
LWS 5.3R.29		3,6	184	5
V-Cut + Laquer	LWS 3.14	2,8	184	6

Desta forma conclui-se que as FIFO Lanes deverão ter capacidade para 12 *containers*. Para que o espaço ocupado seja minimizado, propõe-se que a rampa da FIFO Lane seja colocada por cima da WIP Lane, como mostra a figura 7.28.

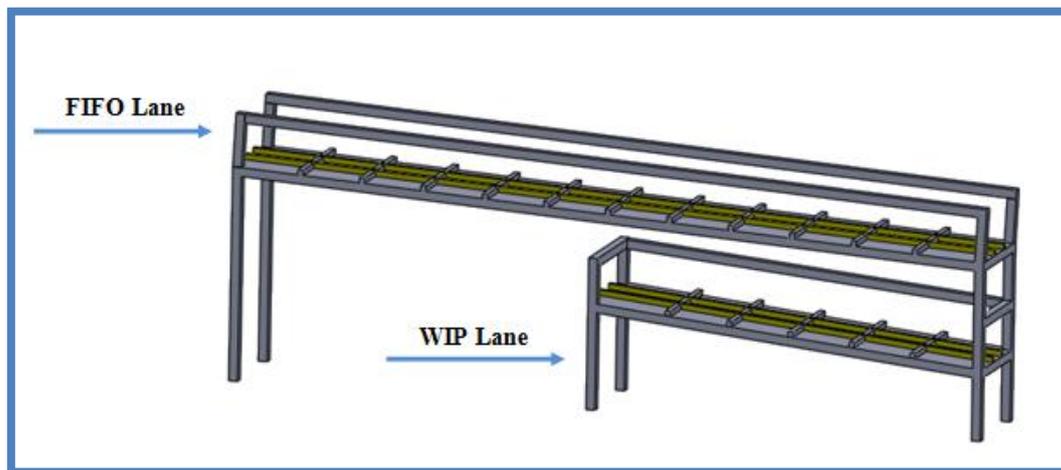


Figura 7.28 – Design da FIFO Lane e da WIP Lane que abastecem o Pré-Tester, os Pinos e o V-Cut+Laquer

As dimensões do stock apresentado estão representadas na figura 7.29.

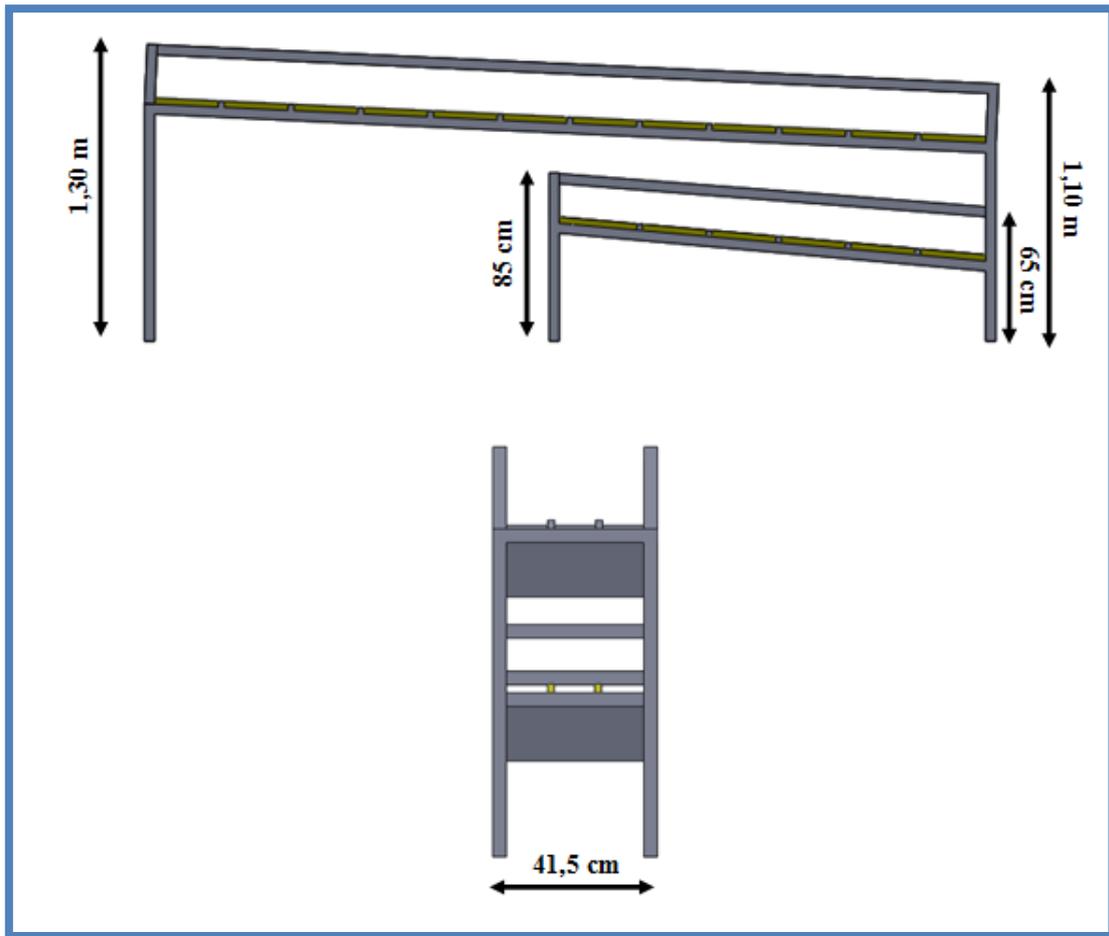


Figura 7.29 – Dimensões do stock proposto para abastecer os subprocessos

7.4.5. Quadros de Produção

É proposto que os quadros de produção sejam desenvolvidos para os turnos da semana (1º, 2º e 3º) e para os turnos do fim-de-semana (4º e 5º). Além disso, foi definido que a escala horária dos turnos deverá ser desenvolvido de 5 em 5 minutos, para que a introdução de *kanbans* no quadro de produção possa ser efetuada com o menor erro possível.

A figura 7.30 ilustra o quadro proposto.

Quadro de Produção															
Semana	Turno 1 [06:00 – 14:30]	06:00	06:05	06:10	06:15	06:20	06:25	06:30	06:35	06:40	06:45	06:50	06:55	(...)	14:25
	Turno 2 [14:30 – 23:00]	14:30	14:35	14:40	14:45	14:50	14:55	15:00	15:05	15:10	15:15	15:20	15:25	(...)	22:55
	Turno 3 [23:00 – 06:00]	23:00	23:05	23:10	23:15	23:20	23:25	23:30	23:35	23:40	23:45	23:50	23:55	(...)	05:55
Fim-de-Semana	Turno 4 [06:00 – 15:30]	06:00	06:05	06:10	06:15	06:20	06:25	06:30	06:35	06:40	06:45	06:50	06:55	(...)	15:25
	Turno 5 [19:30 – 06:00]	19:30	19:35	19:40	19:45	19:50	19:55	20:00	20:05	20:10	20:15	20:20	20:25	(...)	05:55

Figura 7.30 – Design do quadro de produção proposto

7.5. Implementação

Antes de passar à implementação da proposta propriamente dita, foi necessário em primeiro lugar apresentar e explicar a sistemática do sistema desenvolvido, ao chefe de secção e a todos os chefes de linha. Para isso, foi construído, em papel, o sistema proposto (figura 7.31) e apresentada uma simulação do seu funcionamento (note-se que nesta simulação apenas foram utilizados 3 subprocessos da pré-montagem e duas células da montagem final).



Figura 7.31 – Simulação do sistema de planejamento e controlo da produção proposto

À esquerda do quadro estão representados os quadros de produção das células 2F15 e 2F25 e os seus respetivos sequenciadores e caixas de construção de lote. Na parte superior do lado direito está representada a pré-montagem do CC, utilizando apenas três subprocessos – MM+SSLF+AOI, PT e Pinos (PIS 10). No centro do lado direito estão as WIP Lanes das células 2F15 e 2F25 e finalmente, na parte inferior do lado direito as células 2F15 e 2F25 da montagem final.

7.5.1. Materiais Inerentes à Implementação da Proposta

Para implementar a proposta foram utilizados materiais já existentes na empresa (para reduzir os custos da implementação), os quais foram adaptados às necessidades da proposta.

Passa-se em seguida a apresentar cada um deles.

a. Cartões

Como já foi referido anteriormente, a implementação da proposta apresentada implica a realização de: *cartões master*, *kanbans*, *cartões brancos* (o último cartão é o último deste produto), *cartões pretos* (antecipação de containers) e *cartões vermelhos* (fim de palete).

Note-se que todos os cartões foram impressos e plastificados pela autora da dissertação, não tendo havido por isso mais nenhum custo associado à sua realização, para além do material.

▪ **Cartões *Master* e *Kanbans***

Foi definido que os *cartões master* deveriam ter o *design* apresentado na figura 7.32 e os *kanbans* o *design* apresentado na figura 7.33.

BOSCH		LWS 5.3R.4		PSA
CC				
Referência	0265 005 541 2GG			
PCB	8 638 548 979			
N.º LWS/ Palete	2 560	28 containers		
Tempo/ Palete 2F15	1 Pessoa	2 Pessoas	3 Pessoas	
	35h38min	17h49min	11h53min	
Fluxo Produtivo do PCB				
Pré-Tester → Pinos → 2F15				

Figura 7.32 – Design dos cartões *master*

BOSCH		LWS 5.3R.4		PSA
CC				
Referência	0265 005 541			
PCB	8 638 548 979			
N.º PCB's/ Container	92 (4x23)			
Tempo/ Container 2F15	1 Pessoa	2 Pessoas	3 Pessoas	
	1h16min	38 min	25 min	
Fluxo Produtivo do PCB				
Pré-Tester → Pinos → 2F15				

Figura 7.33 – Design dos *kanbans*

Foram realizados 50 cartões *master* e 576 *kanbans*. A figura 7.34 ilustra os cartões *master* e os *kanbans* realizados para cada uma das células.



Figura 7.34 – Cartões *master* e *kanbans*

Uma vez que pode acontecer da produção não ser efetuada em paletes completas então sentiu-se a necessidade de realizar-se 50 cartões *master* com os campos “LWS/Paleta” e “Tempo Container” não preenchidos. Além disso, uma paleta poderá não consumir um número de *containers* completos – para estas situações foram realizados *kanbans* com os campos “N.º PCB’s/Container” e “Tempo/Container” em branco. Na ocorrência destas situações o chefe de linha preencherá o *cartão master* ou o *kanban* de acordo com o pretendido. A figura 7.35 mostra os cartões *master* e os *kanbans* não preenchidos.

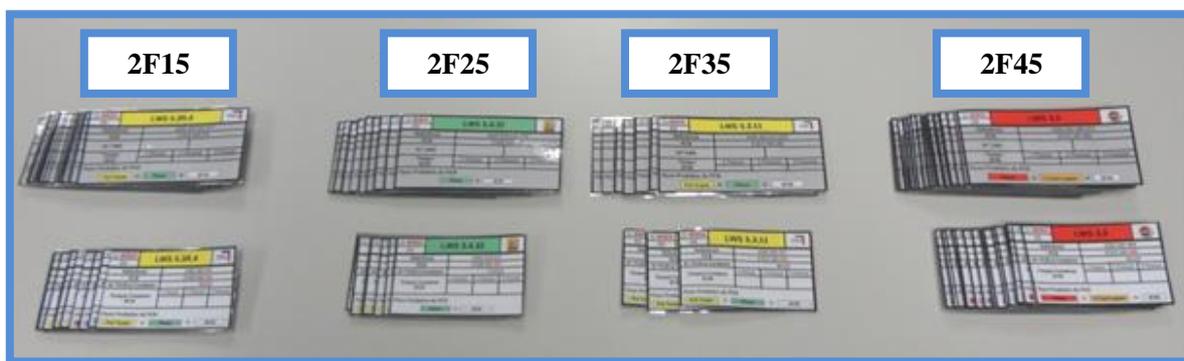


Figura 7.35 – Cartões *master* e *kanbans* para preenchimento manual

▪ **Cartões Brancos**

Relativamente aos cartões brancos – utilizados para identificar a chegada do último *kanban* de um tipo de sensor, presente no sequenciador de uma célula, foi definido que neles deveria ter escrito “O próximo Cartão é o Último deste Produto”, como mostra a figura 7.36.

Foram realizados 20 cartões brancos (5 cartões para cada célula).

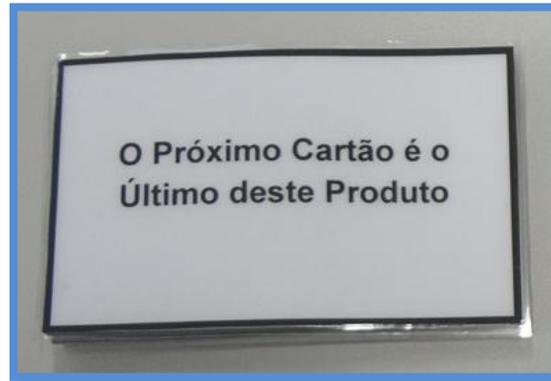


Figura 7.36 – Cartão de *Fim de Paleta*

▪ **Cartões Pretos**

Para os cartões pretos – antecipação de containers, foi definido que o design deveria ser o apresentado na figura 7.37.

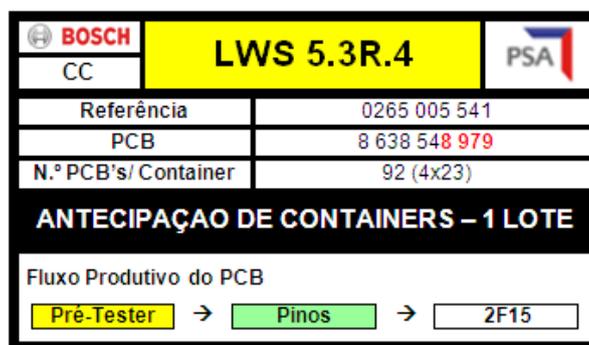


Figura 7.37 – *Design* do cartão de antecipação de containers

Para cada tipo de sensor (*part number*) foi realizado um cartão de antecipação de material, como mostra a figura 7.38.

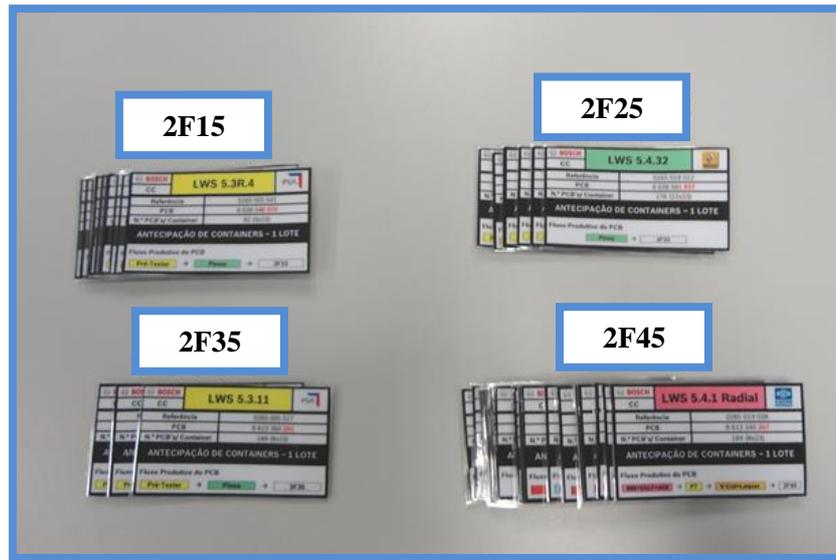


Figura 7.38 – Cartões de antecipação de containers

- **Cartões Vermelhos**

Os cartões vermelhos – utilizados nos quadros de produção para indicar o fim de um cartão *master*, contém neles escrito “Fim de Cartão Master”, como mostra a figura 7.39.



Figura 7.39 – Cartão de fim de paleta

- **Outros Cartões**

Para além dos cartões mencionados acima, sentiu-se ainda a necessidade de realizar cartões *master*, *kanbans* e *cartões de antecipação de material*, sem os campos preenchidos, como mostra a figura 7.40.



Figura 7.40 – Cartões para produtos novos

Estes cartões serão necessários unicamente nos casos em que seja produzido um produto novo. Nestas situações o chefe de linha preencherá o cartão manualmente.

b. Armazenamento de Cartões

Para armazenar e organizar os cartões foram reutilizadas duas caixas de armazenamento de materiais utilizadas pela logística e adaptadas às necessidades do projeto, como mostra a figura 7.41.



Figura 7.41 – Caixas para o armazenamento de cartões

c. Quadros de Produção

Os quadros de produção utilizados inicialmente no *Chassi System Control* possuíam uma parte traseira inutilizada, que foi adaptada e utilizada na implementação do projeto.

O quadro foi dividido em três turnos (embora a proposta seja para os cinco turnos existentes, este quadro foi utilizado na fase de arranque do projeto) e os horários de cada um deles divididos em períodos de 10 minutos (embora a proposta seja intervalos de 5 minutos, com esta adaptação só foi possível construir os quadros com intervalos de 10 minutos), como mostra a figura 7.42.



Figura 7.42 – Quadro de produção

d. Sequenciadores de células

Para os sequenciadores de células foram utilizadas caixas sequenciadores, em acrílico, em tempos utilizadas na Bosch. Os *kanbans* serão introduzidos por cima e retirados por baixo, garantindo-se desta forma a sequencia dos *kanbans* introduzidos.

Estas caixas sequenciadores foram acopladas aos quadros de produção e nelas foi ainda inserida uma instrução sobre a forma de introduzir cartões, como mostra a figura 7.43.



Figura 7.43 – Caixa sequenciadora

No ponto do dimensionamento do sistema, foi averiguado que o sequenciador da célula deveria ser capaz de armazenar pelo menos 48 *kanbans*. Como esta caixa sequenciador tem capacidade para armazenar cerca de 80 *kanbans* então, a quantidade mínima está assegurada.

e. Caixa de Construção de Lote

Para a caixa de construção de lote foi utilizada *calha* existente na empresa, como mostra a figura 7.44 e adaptada às necessidades em questão, como mostra a figura 7.45.



Figura 7.44 – Calha

Estas caixas de construção de lote foram também acopladas aos quadros de produção (cada quadro de produção tem uma caixa de construção de lote) e por baixo da caixa sequenciador – sempre que um *kanban* for retirado da caixa sequenciador é introduzido na caixa de construção de lote e sempre que o lote estiver completo, ambos os *kanbans* são introduzidos na pré-montagem.



Figura 7.45 – Caixa de construção de lote

Note-se que na figura está identificado um lote como sendo constituído por 2 *kanbans* e não por 3, como calculado no dimensionamento do sistema, porque foi decidido pela empresa que o sistema deveria ser inicialmente testado para lotes de 2 *kanbans*.

f. Sequenciadores nos subprocessos da pré-montagem

Foi proposto inicialmente que os sequenciadores da pré-montagem fossem horizontais, com uma única entrada e uma única saída, estando desta forma assegurada a correta sequência de produção (respeitando o FIFO) em cada um dos subprocessos.

Para que não houvesse investimento na compra dos sequenciadores, foram utilizados materiais existentes na empresa e adaptados às eventuais necessidades. Uma vez que não

existia na Bosch nenhum material que permitisse construir um sequenciador tal como o proposto inicialmente, foi necessário idealizar um sequenciador com outro *design* e, o resultado é o apresentado na figura 7.46.

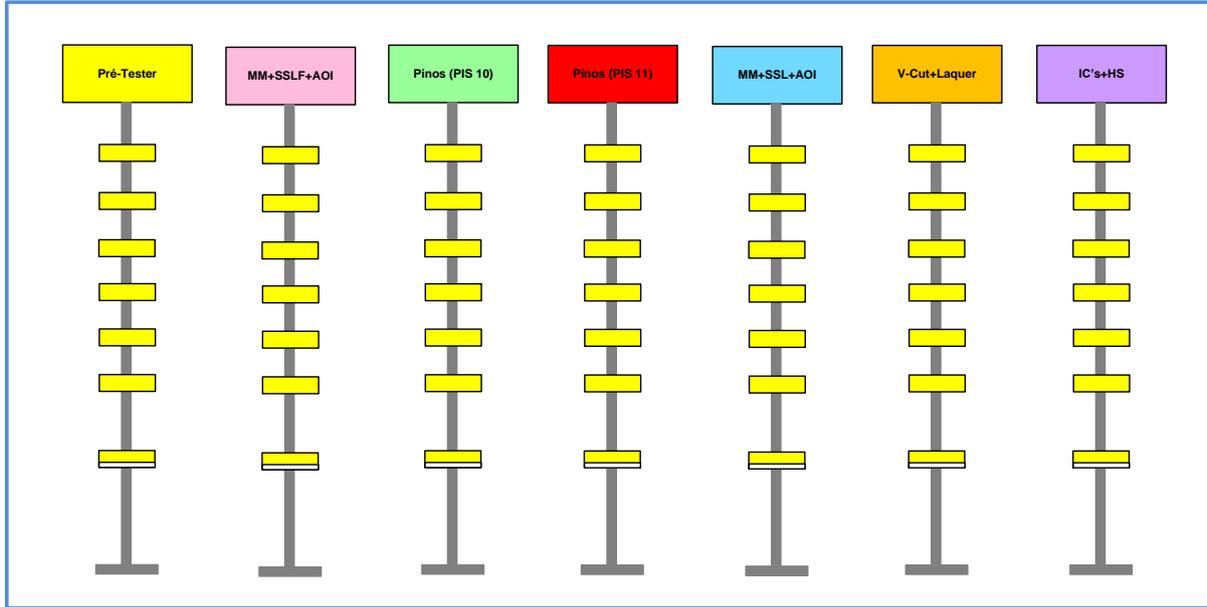


Figura 7.46 - Design dos sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem

Cada sequenciador possui sete porta-cartões (os seis primeiros para os seis lotes de *kanbans* calculados anteriormente no dimensionamento dos sequenciadores e o último para a introdução dos “cartões de antecipação de containers”.

Para cada sequenciador foi desenvolvido um cartão que será utilizado para identificar o lote de *kanbans* que entrará em produção e o qual garantirá o cumprimento do FIFO, como mostra a figura 7.47.

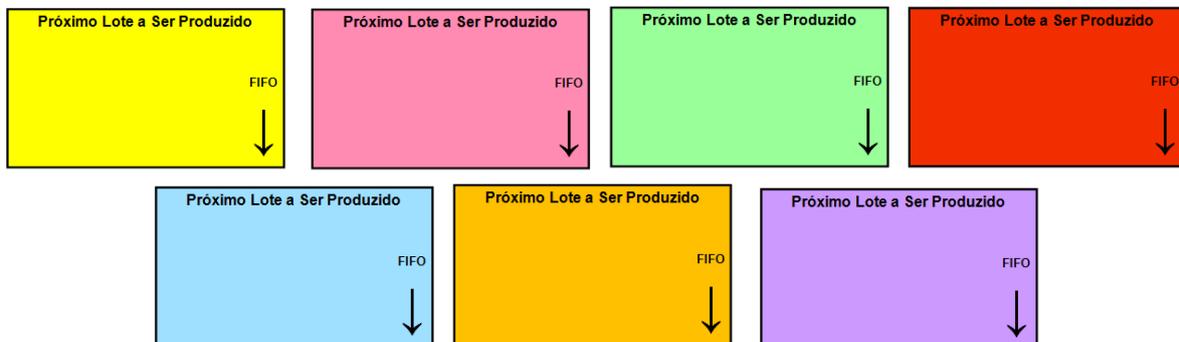


Figura 7.47 – Cartões de identificação de produção nos sequenciadores dos subprocessos

Alguns exemplos do resultado obtido após a construção dos sequenciadores são apresentados na figura 7.48.



Figura 7.48 – Exemplos de sequenciadores da pré-montagem

Cada sequenciador possui uma instrução sobre o seu funcionamento e é esse funcionamento que se passa em seguida a explicar.

- **Introduzir *Kanbans***

A introdução de *kanbans* no sequenciador de um subprocesso da pré-montagem é efetuada em lotes (a não ser que não o seja possível – pode acontecer com o(s) último(s) *kanban(s)* necessário(s) para produzir uma palete, como já mencionado anteriormente) e no sentido descendente (de cima para baixo).

Caso 1 – Sequenciador Vazio

Quando o sequenciador se encontrar vazio, o lote de *kanbans* deverá ser introduzido na primeira posição (posição mais acima) e identificado com o cartão de "Próximo Lote a Ser Produzido", como mostra a figura 7.49.

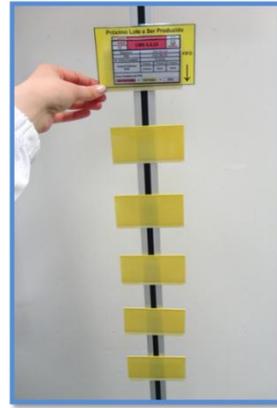


Figura 7.49 – Introdução de lote de *kanbans* num sequenciador vazio

Caso 2 – Sequenciador Parcialmente Preenchido

Uma Posição Preenchida

Quando o sequenciador tiver uma posição preenchida, deve colocar-se o novo lote de *kanbans* na posição seguinte. Se a posição preenchida for a última, o novo lote de *kanbans* deve ser introduzido na primeira posição, como mostra a figura 7.50.

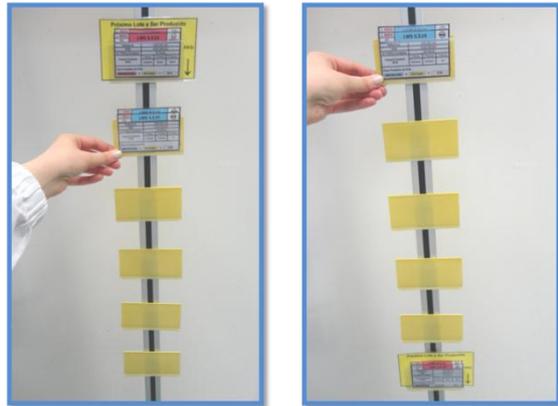


Figura 7.50 – Introdução de lote de *kanbans* num sequenciador com uma posição preenchida

Várias Posições Preenchidas

Se o sequenciador tiver mais do que uma posição preenchida, o novo lote de *kanbans* deve ser introduzido na próxima posição livre depois da posição identificada com o cartão "Próximo Lote a Ser Produzido", como mostra a figura 7.51.

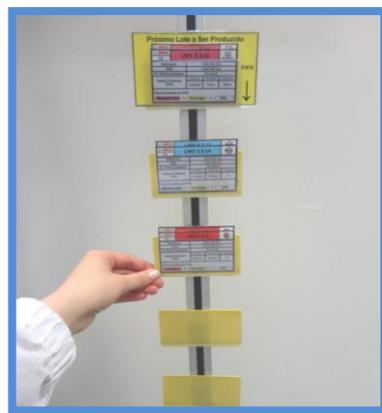


Figura 7.51 – Introdução de lote de *kanbans* num sequenciador com várias posições preenchidas

Caso 3 – Kanbans da Mesma Cor do Sequenciador

Sempre que o lote de *kanbans* a introduzir for da mesma cor do sequenciador, estes devem ser introduzidos na vertical (para dar sinal ao *milkrun* dos containers que precisa de fornecer), como mostra a figura 7.52. Caso contrário os *kanbans* devem ser introduzidos na horizontal.

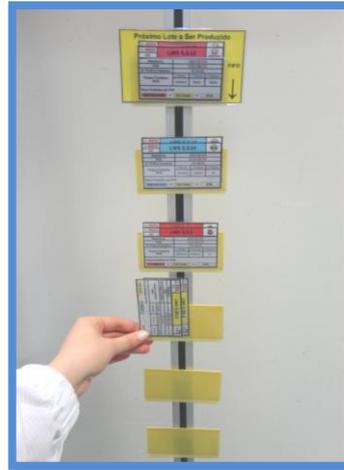


Figura 7.52 – Introdução de lote de *kanbans* da mesma cor do sequenciador

Caso 4 – Sequenciador Completo

Se for necessário introduzir um lote de *kanbans* no sequenciador mas este estiver completo, como mostra a figura 7.53, os *kanbans* devem ser entregues ao chefe de linha, para que este possa analisar a situação e tomar ações corretivas.

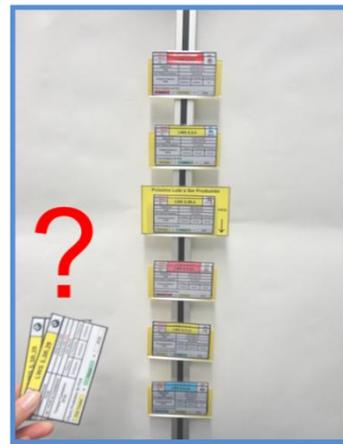


Figura 7.53 – Sequenciador completo

Caso 5 – Cartões de Antecipação de Containers

Quando o cartão a introduzir no sequenciador é um cartão preto, este deve ser introduzido verticalmente (para dar sinal ao *milkrun* que é necessário um lote daquele tipo de placa *nutzen* para aquele subprocesso) na última posição do sequenciador, como mostra a figura 7.54.



Figura 7.54 – Introdução de cartões pretos

▪ **Retirar *Kanbans***

O lote de *kanbans* a ser retirado do sequenciador é sempre aquele que estiver identificado com o cartão do sequenciador – “Próximo Lote a Ser Produzido”.

Caso 1 – Lote retirado não está na última posição

Sempre que um lote de *kanbans* for retirado do sequenciador, o cartão "Próximo Lote a Ser Produzido" deve ser introduzido na posição imediatamente abaixo, como ilustra a figura 7.55.

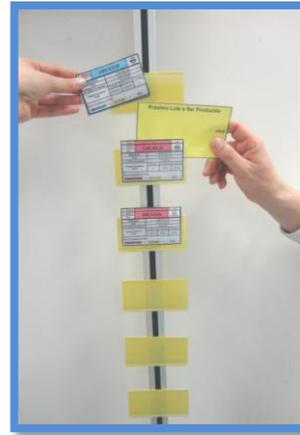


Figura 7.55 – Retirar lote do sequenciador

Caso 2 – Lote retirado está na última posição

Se a posição da qual se retira o lote de *kanbans* for a última posição que recebe lotes de *kanbans* (ou seja, a sexta posição do sequenciador), o cartão "Próximo Lote a Ser Produzido" deve ser introduzido na primeira posição (posição mais acima), como mostra a figura 7.56.

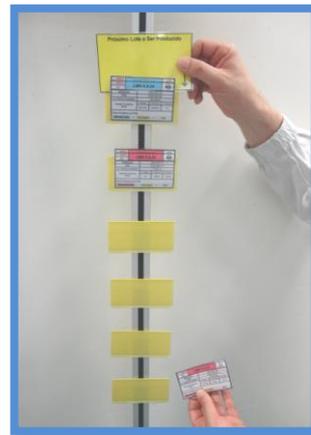


Figura 7.56 – Retirar lote da última posição do sequenciador

Caso 3 – Lote retirado é o último

Se o lote de *kanbans* retirado for único no sequenciador, colocar o cartão "Próximo Lote a Ser Produzido" na primeira posição (posição mais acima), como mostra a figura 7.57.

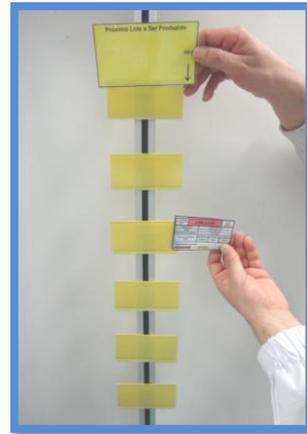


Figura 7.57 – Retirar o último lote do sequenciador

▪ Milkrun

O milkrun deve fornecer os *kanbans* verticais (cuja cor é a mesma do sequenciador), como mostra a figura 7.58.

Por cada *kanban*, o *milkrun* deverá fornecer um *container*, à exceção do cartão de antecipação de *containers* – neste caso, por cada cartão deste tipo, o *milkrun* deverá fornecer um lote de *containers*, como indica a posição destes cartões (figura 7.59).

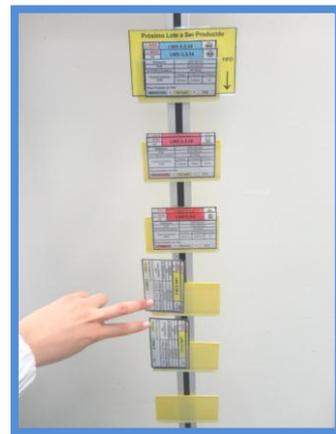


Figura 7.58 – *Kanbans* verticais



Figura 7.59 – Posição no sequenciador na cartões de antecipação de *containers*

g. Identificação dos *kanbans* em produção nos subprocessos da pré-montagem

Quando os *kanbans* são retirados dos sequenciadores dos subprocessos, devem ser armazenados num local específico, para não correrem o risco de serem perdidos ou trocados com outros *kanbans* de outros subprocessos. Para tal, foram utilizadas régua de identificação de material (existentes na empresa) e transformadas em “porta-cartões”, como ilustra a figura 7.60.



Figura 7.60 – Porta-cartões para os subprocessos da pré-montagem

Esses porta-cartões foram identificados com etiquetas “Em Produção” e colados em cada um dos subprocessos da pré-montagem.

Desta forma, além dos *kanbans* não correrem o risco de serem perdidos, é sempre possível saber que material está a ser produzido em cada um dos subprocessos.

Note-se que estes porta-cartões foram introduzidos na entrada de cada um dos subprocessos. A figura 7.61 ilustra os “porta-cartões” em alguns subprocessos.



Figura 7.61 – Exemplos de porta-cartões em alguns subprocessos

h. Stocks

Como já foi referido anteriormente, são necessários 3 stocks entre subprocessos (antes do pré-tester, antes dos pinos (pis 10) e antes do V-Cut+Laquer) e uma WIP Lane para abastecer cada uma das células da montagem final.

Passa-se em seguida a ilustrar cada um destes stocks.

▪ WIP Lane

Foi dimensionado anteriormente que as WIP Lanes que abastecem as células da montagem final deveriam ter capacidade para 9 *containers*. Uma vez que as rampas existentes na secção, também para abastecerem a montagem final, têm capacidade para 6 *containers* e têm o formato de FIFO Lanes (note-se que estas rampas não existiam na secção no início deste projeto, foram introduzidas entretanto em substituição do stock existente para a montagem final) então, estas deveriam ser alteradas e substituídas pelas WIP Lanes propostas.

Foi definido que para a fase de arranque da implementação da proposta, deveriam ser utilizadas as FIFO Lanes existentes e utilizada uma palete devidamente identificada para completar os 3 *containers* em falta para cada uma das células. Só depois de se verificar que 9 *containers* para cada célula é, na prática, adequado às necessidades reais da secção, é que serão construídas as WIP Lanes propostas.

A figura 7.61 ilustra as rampas de FIFO existentes e a palete que completa os 9 *containers* para cada célula.



Figura 7.62 – Stock entre a pré-montagem e a montagem final

- **Stock antes do Pré-Tester**

Também para o stock antes do Pré-Tester foi definido que seriam utilizadas as rampas existentes, para reduzir o investimento inicial – só após o amadurecimento do projeto na prática é que será construído o stock proposto e dimensionado anteriormente para o pré-tester (uma FIFO Lane e uma WIP Lane).

Este stock está dividido em duas partes (superior e inferior com uma capacidade de seis *containers* cada uma). Por isso, a parte superior será utilizada para *containers* vindos de outros subprocessos e a parte de baixo para *containers* vindos da inserção automática.

Embora a WIP Lane do Pré-Tester tenha sido dimensionado para 6 *containers* e a FIFO Lane para 12, este stock é suficiente para a fase inicial da implementação (6 para a WIP Lane e 6 para a FIFO Lane) uma vez que o lote utilizado será de 2 *containers* (dado que cada sequenciador da pré-montagem só tem capacidade para 12 *containers* (6 lotes) então no stock antes do Pré-Tester, dos Pinos (PIS 10) e do V-Cut+Laquer nunca poderão existir mais do que 12 *containers*).

A figura 7.63 mostra a estrutura do stock existente para abastecer o pré-tester.



Figura 7.63 – Stock antes do pré-tester

- **Stock antes dos Pinos (PIS 10)**

No início da realização da dissertação, existia um enorme stock antes da máquina PIS 10. Entretanto esse stock foi completamente eliminado, ficando este subprocesso sem nenhum local para o armazenamento de *containers* que abastece o subprocesso, embora a necessidade existisse (os *containers* eram armazenados temporariamente em carrinhos).

Foi dimensionado anteriormente que este stock deveria ter capacidade para armazenar 12 *containers* vindos do pré-tester e 6 *containers* vindos da inserção automática mas, uma vez que o sequenciador só tem capacidade para 6 lotes de *containers* então será inicialmente utilizada uma WIP Lane e uma FIFO Lane para 6 *containers* cada.

Também para este stock, foi utilizada uma paleta para o arranque do projeto, como mostra a figura 7.64.



Figura 7.64 – Stock antes dos Pinos (PIS 10)

Nesta paleta, dividida em duas partes – uma para *containers* vindos do pré-tester (único subprocesso que abastece os Pinos (PIS 10) e a outra para os *containers* fornecidos pelo *milkrun*) é possível armazenar 6 *containers* vindos do *pré-tester* e 6 *containers* vindos da inserção automática (*milkrun*), como o necessário para a fase de arranque.

- **Stock antes do V-Cut+Laquer**

Para o stock que abastece o V-Cut+Laquer, foram utilizadas (no arranque da implementação do projeto) rampas com capacidade para 4 *containers* cada, como a ilustrada na figura 7.65.



Figura 7.65 – Exemplo de rampa que abastece o V-Cut+Laquer

Note-se que todos estes stocks foram improvisados pelo facto de ser um material caro e por ter sido definido pela empresa que só deveriam ser construído depois de um período de experimentação.

7.5.2. Instruções de Trabalho

Em paralelo com a preparação dos materiais, foram desenvolvidas *Instruções de Trabalho* e afixadas num quadro na produção, como mostra a figura 7.66. O desenvolvimento destas instruções teve como objetivo, disponibilizar permanentemente todos os procedimentos inerentes ao funcionamento do sistema proposto.

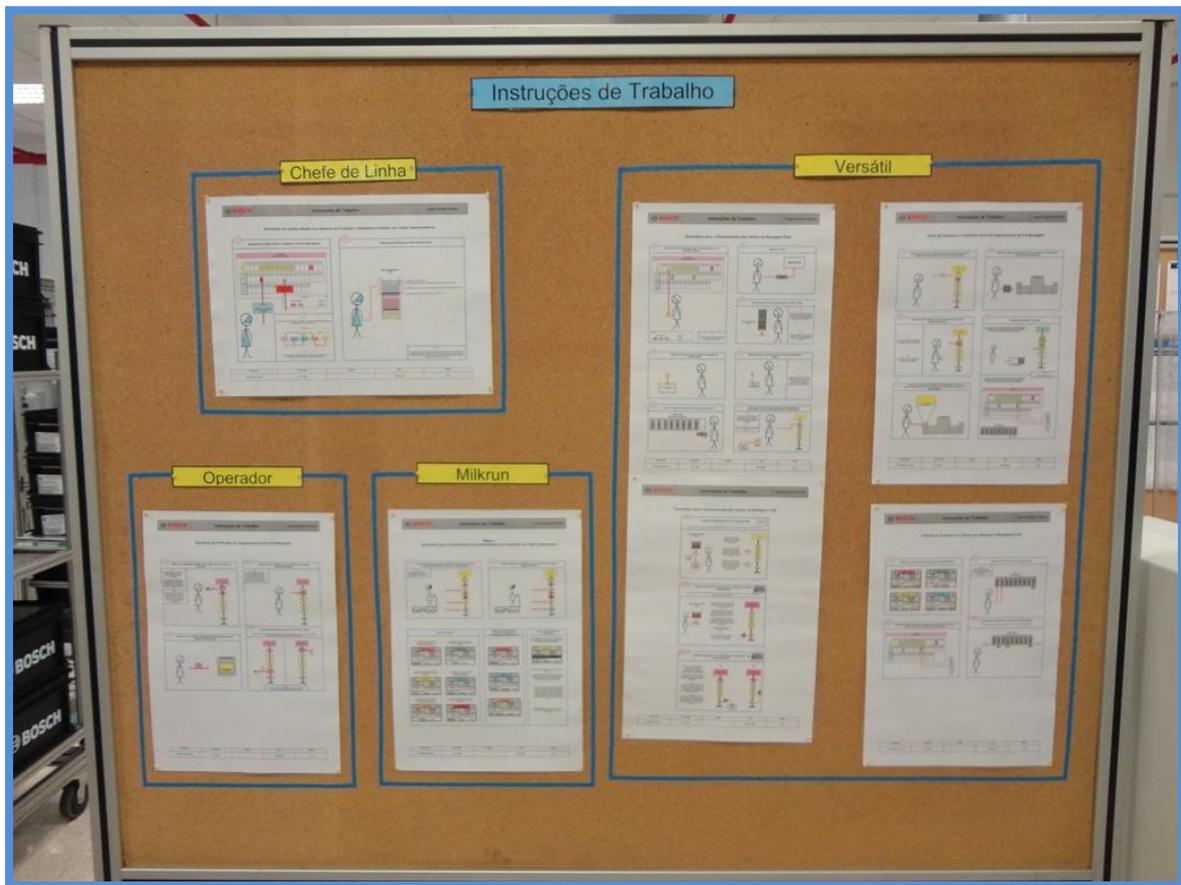


Figura 7.66 – Quadro com as instruções de trabalho do sistema proposto

Para além das instruções de trabalho do sistema proposto foi desenvolvida ainda uma instrução sobre a sequência de trabalho do operador da pré-montagem (também designado por versátil de linha), como se pode ver no Anexo G.

7.5.3. Implementação

A implementação do projeto aconteceu no dia 17 de Junho de 2013. São apresentadas em seguida algumas figuras de exemplos que mostram o projeto implementado.

▪ Quadro de Produção

A figura 7.67, mostra que no momento em que a fotografia foi tirada havia um último *container* da palete em curso na WIP Lane da respectiva célula (indicação dada pelo *kanban* presente antes do cartão vermelho presente no segundo turno) e que em seguida iria entrar em produção uma palete de um produto (informação dado pelo cartão master presente depois do cartão vermelho presente no segundo turno) que só terminaria no primeiro turno do dia seguinte (cartão vermelho presente no primeiro turno). Além disso, é possível verificar ainda que, para produzir a nova palete, já existia em stock (WIP Lane) quatro *containers* da respectiva placa *nutzen*.

Com a informação presente no quadro conclui-se ainda que na pré-montagem existem quatro *kanbans* para serem produzidos (uma vez que a WIP Lane foi dimensionada para nove *containers* e cinco já estão em stock, então significa que os quatro em falta estão para ser processados na pré-montagem).



Figura 7.67 – Quadro de produção

- **Sequenciador de Célula**

A figura 7.68 ilustra a introdução de *kanbans* (relativos a um cartão *master*) no sequenciador da célula.

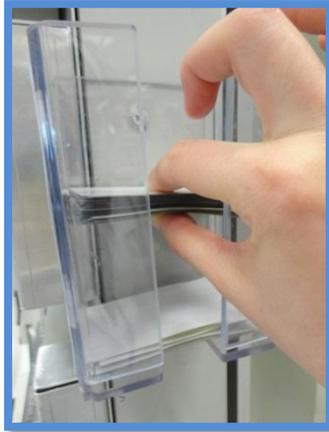


Figura 7.68 – Introdução de cartões no sequenciador de célula

Note-se que foi efetuada uma instrução sobre a forma de introduzir os cartões na caixa sequenciador, como mostra a figura 7.69.



Figura 7.69 – Instrução para a introdução de cartões no sequenciador da célula

- **Caixa de Construção de Lote**

A figura 7.70 ilustra a caixa de construção de lote de uma dada célula, com um *kanban*.



Figura 7.70 – Caixa de construção de lote com um *kanban*

▪ Sequenciadores da Pré-Montagem

Pelos *kanbans* presentes no sequenciador do subprocesso Pinos (PIS 11), ilustrado na figura 7.71 é possível verificar que naquele momento estavam em espera para ser processados quatro *kanbans* do produto LWS 5.4.1 Axial, cujos *containers* ainda não tinha sido fornecidos pelo *milkrun* (os *kanbans* ainda se encontravam na vertical) e que estes *kanbans* iriam sofrer o seu primeiro subprocesso na pré-montagem (os *kanbans* têm a mesma cor do sequenciador).

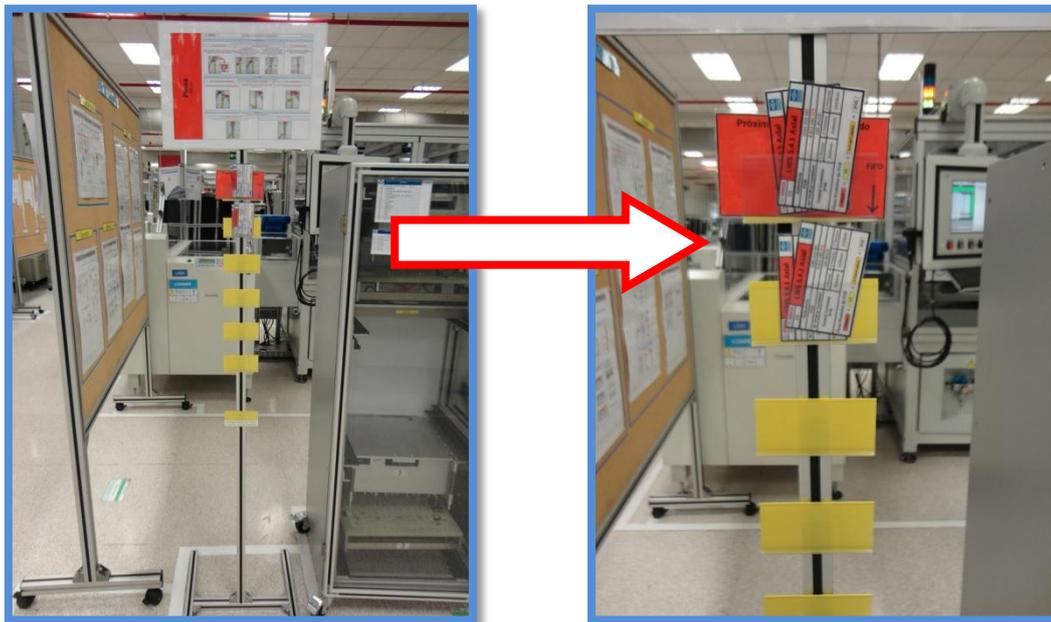


Figura 7.71 – *Kanbans* no sequenciador do subprocesso Pinos (PIS 11)

No sequenciador da MM+SSLF+AOI, apresentado na figura 7.72, é possível verificar que para o próximo lote a ser produzido neste subprocesso (com o cartão cor-de-rosa por trás) já existem *containers* na sua respetiva rampa de abastecimento (*kanbans* horizontais) e, que

existem outros dois *kanbans* para os quais o *milkrun* ainda não trouxe placas *nutzen*. Além disso, é possível verificar também que o produto LWS 5.3.22 inicia o seu processamento na pré-montagem neste subprocesso.



Figura 7.72 – Kanbans no sequenciador do subprocesso MM+SSLF+AOI

No sequenciador do subprocesso MM+SSL+AOI apresentado na figura 7.73, é possível verificar que nada existe para nele ser processado.



Figura 7.73 – Sequenciador MM+SSL+AOI

▪ **Identificação da Produção nos Subprocessos**

Pela figura 7.74, é possível verificar que no momento da fotografia, estavam a ser processados dois *containers* de placas *nutzen* do sensor LWS 5.4.32, neste subprocesso (PIS 10). Além disso, é possível verificar ainda (pela informação presente no *kanban*) que estes dois *containers* abastecerão a célula 2F25 e que este é o seu único subprocesso na pré-montagem.



Figura 7.74 – Material em produção na máquina PIS 10

▪ **Stocks entre Subprocessos**

As figuras seguintes – 7.75, 7.76, 7.77 e 7.78, ilustram a utilização dos stocks antes dos Pinos (PIS 10), antes do Pré-Tester, antes do V-Cut+ Laquer e antes das células da montagem final (WIP Lanes), respetivamente.

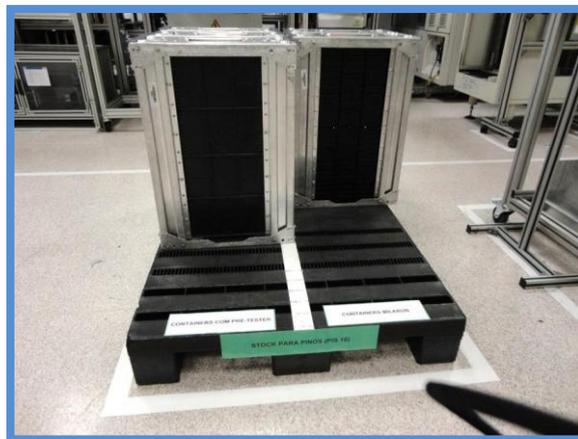


Figura 7.75 – Stock antes dos Pinos (PIS 10)



Figura 7.76 – Stock antes do Pré-Tester



Figura 7.77 – Stock antes do V-Cut+Laquer



Figura 7.78 – Stock para as células da montagem final

7.6. Resultados e Análise da Viabilidade

Após a implementação do sistema proposto, pôde concluir-se que o desempenho da secção melhorou e que houveram ganhos em termos de:

- tempo mão-de-obra;
- produtividade;
- satisfação dos colaboradores;
- transparência/gestão visual;
- redução de stocks e espaço ocupado;
- e eficiência e eficácia nos abastecimentos do *milkrun*.

Passa-se em seguida a explicar cada um dos ganhos referidos, de forma mais concreta.

Note-se que para validar as conclusões retiradas foi efetuado um inquérito ao chefe de secção, aos chefes de linha, aos operadores da pré-montagem e aos *milkruns* (Anexo H). A explicação dos ganhos apresentados em seguida será acompanhada das respostas obtidas nos inquéritos.

7.6.1. Tempo Mão-de-Obra

Com a implementação desta sistemática de planeamento e controlo da produção na pré-montagem do CC, verificou-se que a única pessoa responsável por realizar esta atividade é o chefe de linha – o operador da pré-montagem limita-se a produzir os *kanbans* que o chefe de linha planeia.

Se inicialmente, estavam duas pessoas a realizar cálculos e a contar stocks, constantemente, para saber que quantidade ainda faltava produzir na pré-montagem de determinado tipo de placa *nutzen*, agora tem-se o chefe de linha a efetuar o planeamento da pré-montagem no início do turno e a gastar 15 minutos com esta atividade (uma redução de 75% do tempo gasto), ao passo que o colaborador da pré-montagem já não possui esta tarefa e por isso, teve um ganho de 100% do tempo que dispensava com esta atividade (2 horas).

Além disso, foi possível eliminar ainda o tempo gasto pelo operador/chefe de linha a informar o *milkrun* sobre as necessidades de todos os subprocessos da pré-montagem.

Em suma, pode dizer-se portanto que o ganho de tempo com a implementação deste projeto se traduz em 2h45min, por turno e 8h15min por dia e que este ganho se deve à:

- Redução do tempo despendido pelos chefes de linha no planeamento da pré-montagem e conseqüente aumento de tempo para se dedicarem às suas verdadeiras funções e à melhoria contínua;
- Eliminação do tempo gasto pelos colaboradores no planeamento da pré-montagem;
- Eliminação do tempo gasto pelos chefes de linha e operadores a informarem o *milkrun* das necessidades da pré-montagem.

As figuras 7.79, 7.80, 7.81, 7.82, 7.83 e 7.84 mostram o grau de concordância do chefe de secção, chefes de linha e operadores, com os ganhos de tempo, referidos anteriormente.

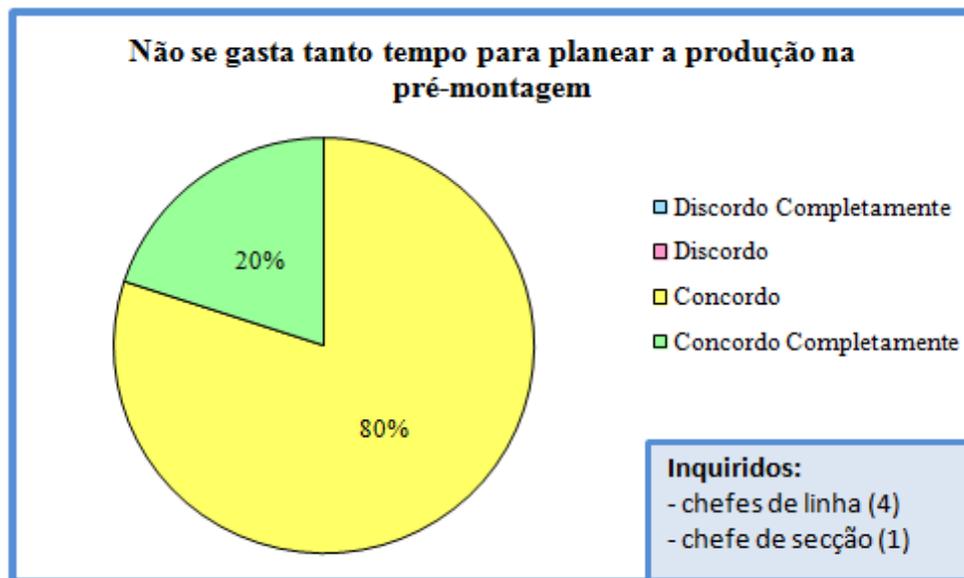


Figura 7.79 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não se gasta tanto tempo para planear a produção na pré-montagem"

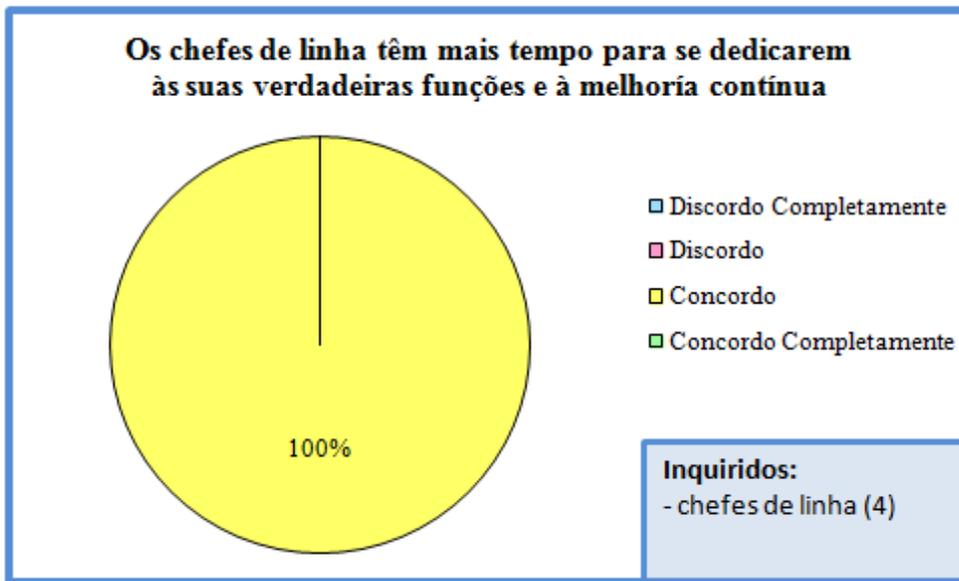


Figura 7.80 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Os chefes de linha têm mais tempo para se dedicarem às suas verdadeiras funções e à melhoria contínua"

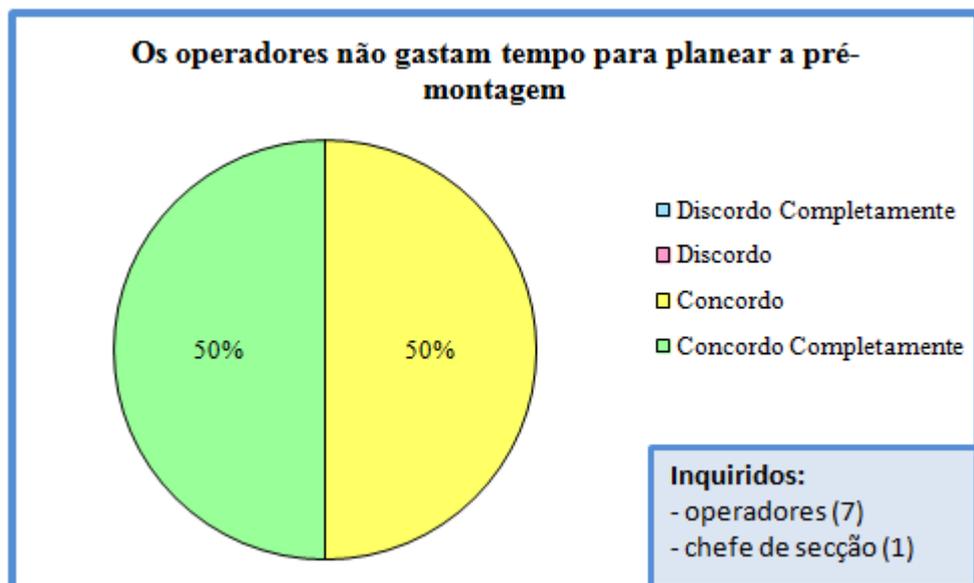


Figura 7.81 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Os operadores não gastam tempo para planear a pré-montagem"

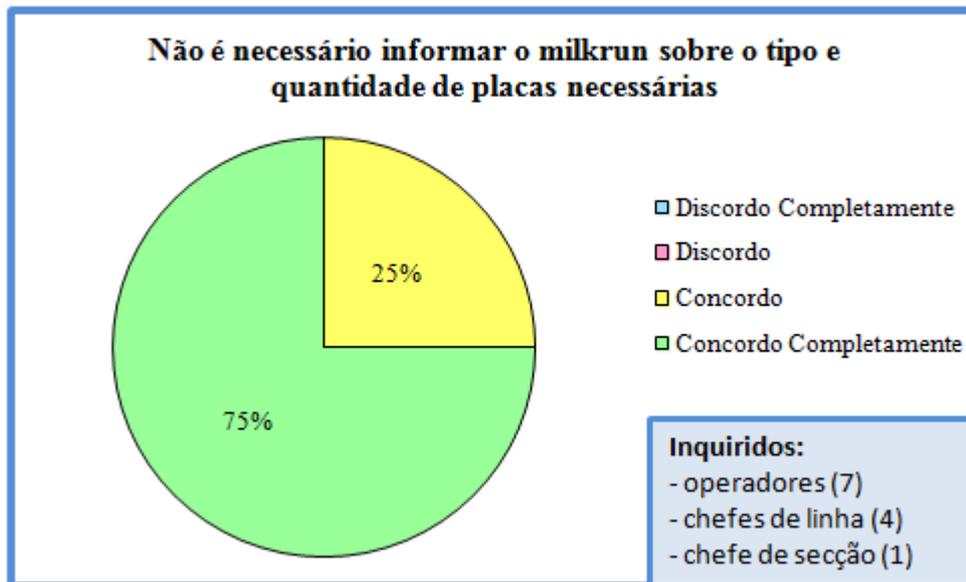


Figura 7.82 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não é necessário informar o milkrun sobre o tipo e quantidade de placas necessárias"

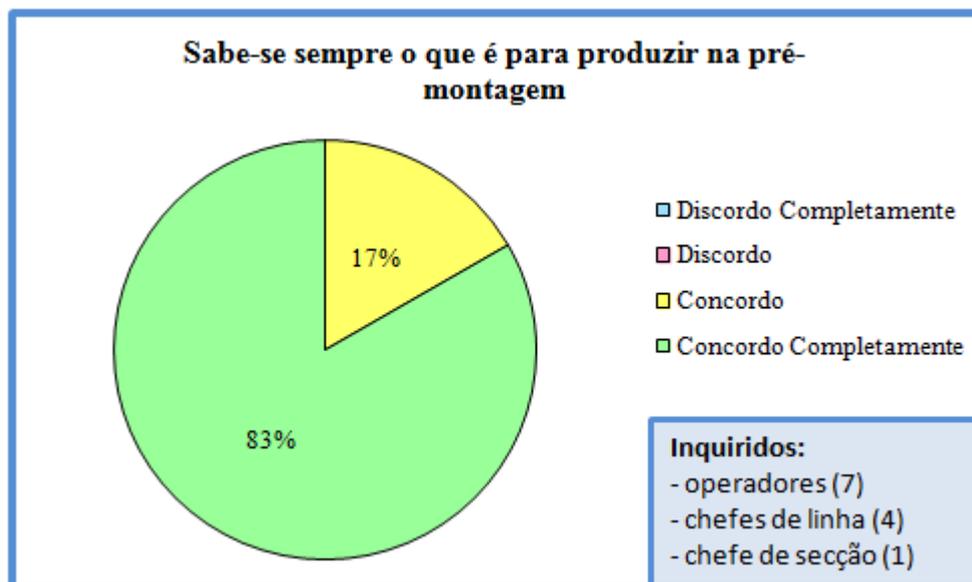


Figura 7.83 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sabe-se sempre o que é para produzir na pré-montagem"

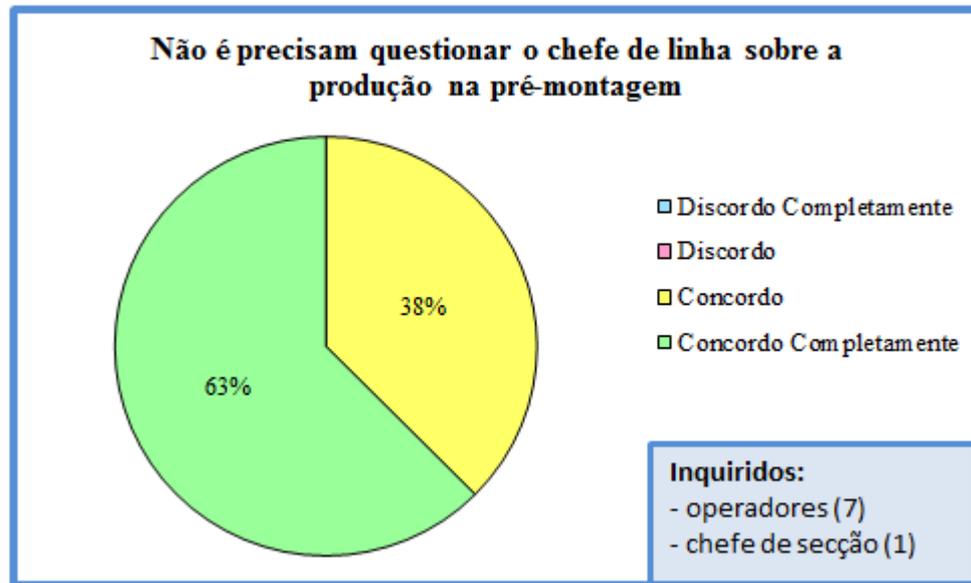


Figura 7.84 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não é preciso questionar o chefe de linha sobre a produção na pré-montagem"

De uma forma geral, verifica-se que o chefe de secção, chefes de linha e operadores concordam com os ganhos de tempo obtidos com o sistema implementado.

7.6.2. Produtividade

Com o sistema inicial, o operador da pré-montagem ou o chefe de linha eram as pessoas que pediam material ao *milkrun*. O *timing* com que os pedidos eram efetuados não eram, por vezes, os mais corretos e por isso ocorriam paragens de subprocessos na pré-montagem ou mesmo das células da montagem final, por falta de material.

Com a sistemática implementada, os pedidos "chegam" ao *milkrun* no *timing* certo, eliminando isto as paragens na pré-montagem ou na montagem final (devido a faltas de material). Além disso, e uma vez que os *kanbans* chegam à pré-montagem com antecedência (3 horas antes de entrarem na montagem final) permite saber atempadamente se existe falta de material na Inserção Automática para produzir esses *kanbans* e em caso positivo, existe tempo suficiente para tomar ações que minimizem as consequências deste problema.

Reduzindo as paragens dos subprocessos da pré-montagem e das células da montagem final, por falta de material, aumenta-se o *output* da secção e conseqüentemente a produtividade também – o *output* é maior para o mesmo período de tempo.

Os gráficos presentes nas figuras 7.85, 7.86 e 7.87 mostram o grau de concordância dos inquiridos com os ganhos de produtividade referidos.

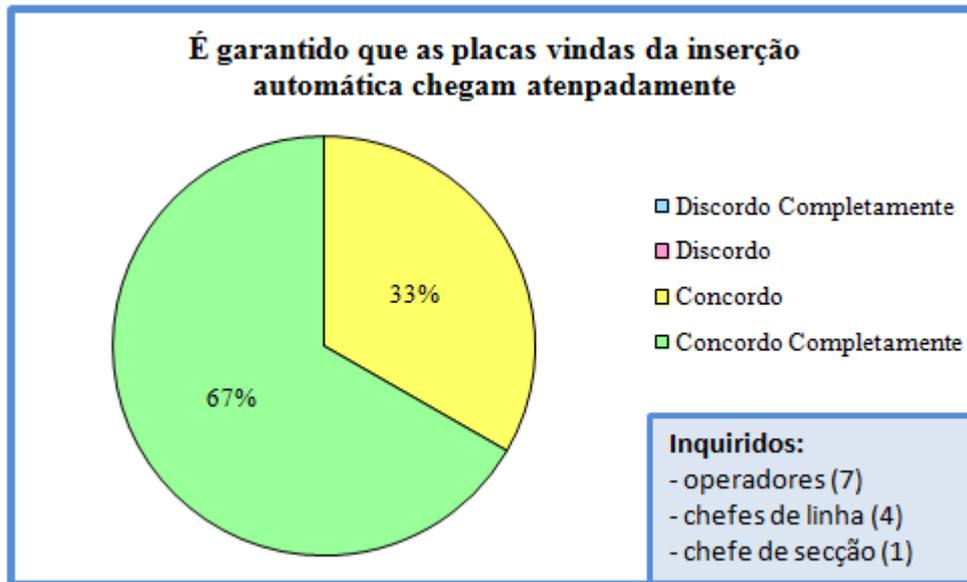


Figura 7.85 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É garantido que as placas vindas da inserção automática chegam atempadamente"

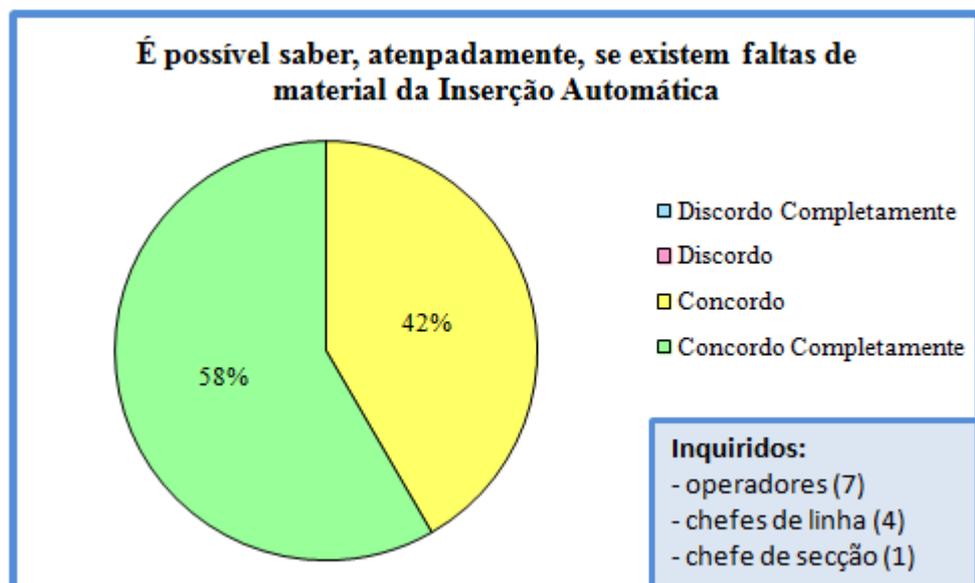


Figura 7.86 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É possível saber, atempadamente, se existem faltas de material da Inserção Automática"

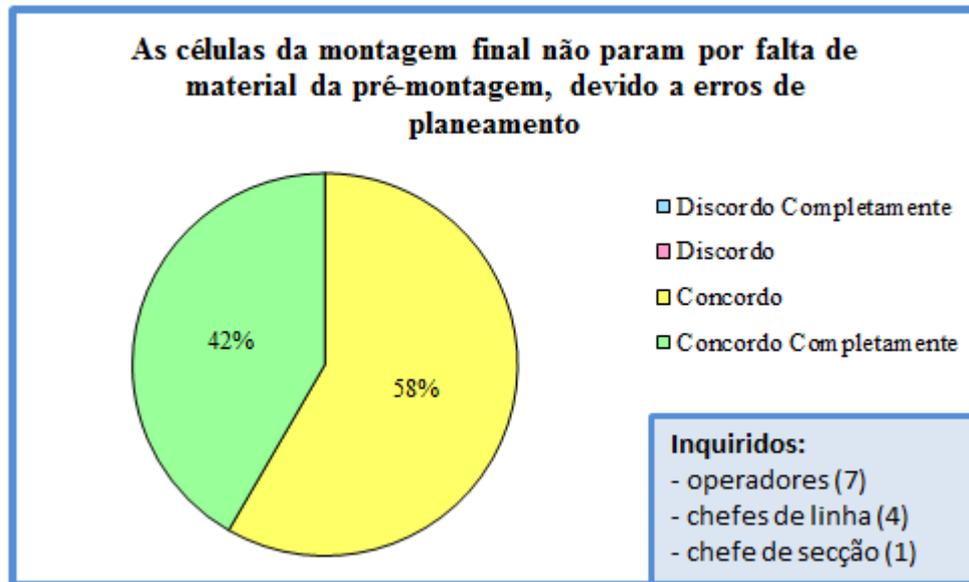


Figura 7.87 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "As células da montagem final não param por falta de material da pré-montagem, devido a erros de planeamento"

Pelas respostas obtidas nos inquéritos, conclui-se que as pessoas envolvidas confirmam, de uma forma geral, os ganhos de produtividade referidos.

Além destes ganhos, existiu um outro – redução de uma pessoa por dia. Uma vez que com esta sistemática foi possível ter um ganho de tempo de 8h15min então, foi possível reduzir uma pessoa num dos turnos – o *output* é o mesmo mas com menos uma pessoa na secção, daí a produtividade aumentar.

O trabalho do colaborador dispensado é realizado pelos operadores da pré-montagem e pelos chefes de linha – o *output* da secção é o mesmo mas com menos uma pessoa.

7.6.3. Satisfação dos Colaboradores

A satisfação das pessoas é um indicador muito importante no desenvolvimento de qualquer atividade. Com a sistemática implementada o constante stress que existia no passado desapareceu, como se pode ver pelas respostas dos inquiridos, presentes nas figuras 7.88, 7.89, 7.90 e 7.91.

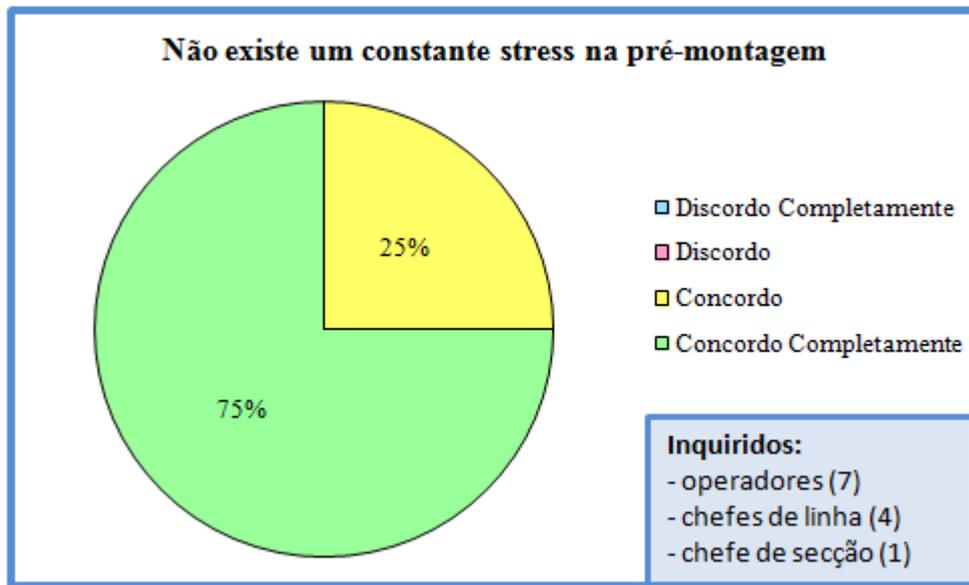


Figura 7.88 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Não existe um constante stress na pré-montagem"

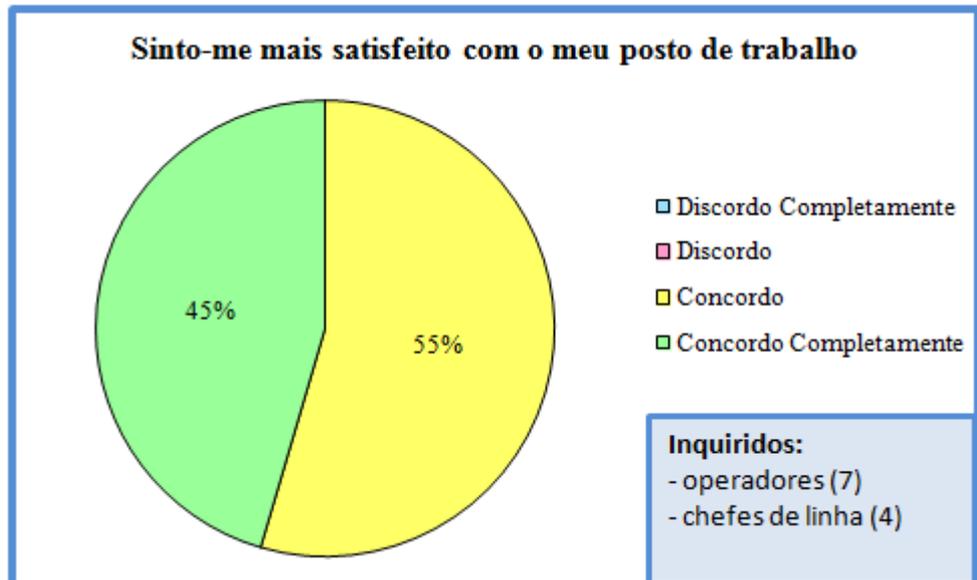


Figura 7.89 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sinto-me mais satisfeito com o meu posto de trabalho"

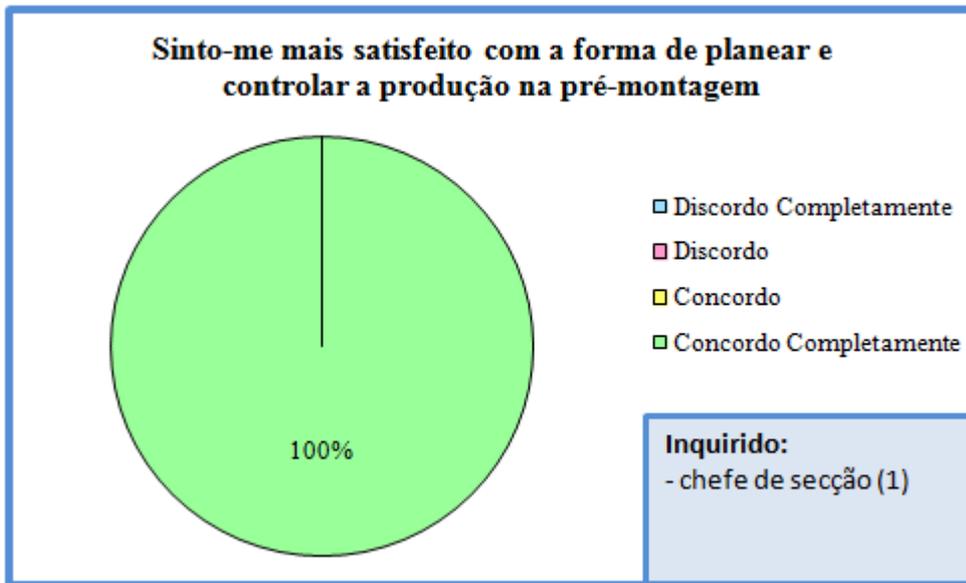


Figura 7.90 – Respostas do chefe de secção à afirmação: "Sinto-me mais satisfeito com a forma de planear e controlar a produção na pré-montagem"

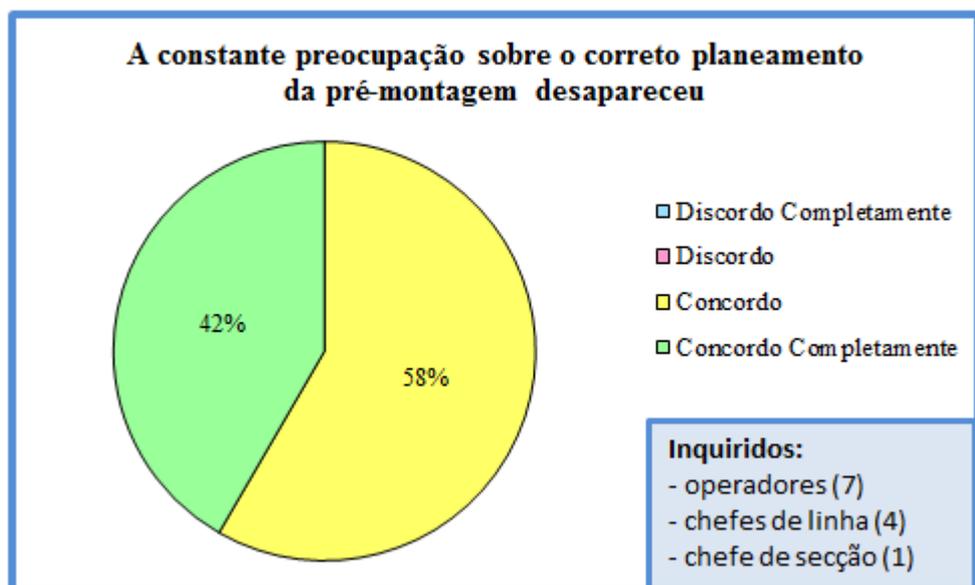


Figura 7.91 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "A constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem desapareceu"

Pelas respostas obtidas, verifica-se que que todas as pessoas estão mais satisfeitas com o seu posto de trabalho e que, todos os inquiridos concordam com o desaparecimento da constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem.

7.6.4. Transparência/Gestão Visual

A transparência/gestão visual era algo que não existia na pré-montagem do CC. Não existia nenhum documento que indicasse qual era o fluxo produtivo de uma determinada placa *nutzen* – se se quisesse saber era necessário perguntar ao operador da pré-montagem; não existia nenhuma indicação do tipo de placa *nutzen* que estava a ser processada em determinado subprocesso – era necessário questionar o operador da pré-montagem ou ler os números impressos nas placas; e não existia nenhuma indicação sobre a sequência de produção em cada subprocesso – toda esta gestão era efetuada pelos operadores da pré-montagem e chefes de linha.

Com a nova sistemática, sabe-se sempre o fluxo produtivo das placas (informação presente nos *kanbans*), qual é o material que está a ser processado em cada um dos subprocessos, bem como a sequência de produção para cada subprocesso. Os inquiridos concordam com estes ganhos, como se pode ver pelas figuras 7.92, 7.93 e 7.94.

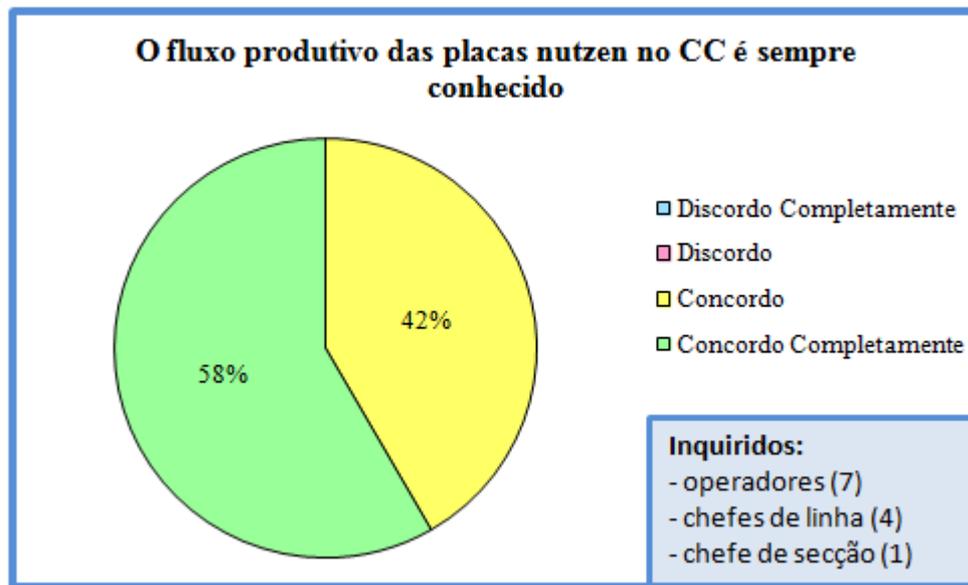


Figura 7.92 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "O fluxo produtivo das placas *nutzen* no CC é sempre conhecido"

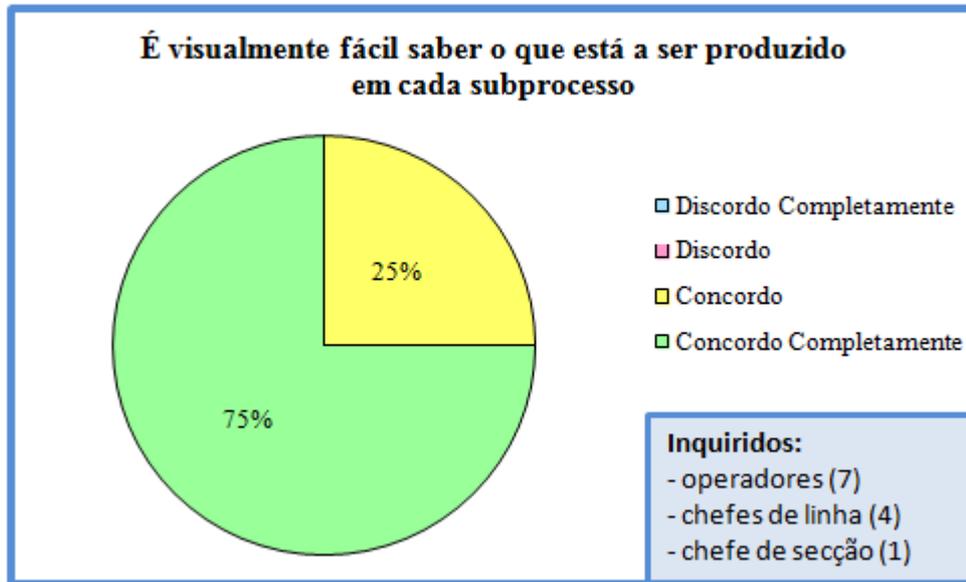


Figura 7.93 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É visualmente fácil saber o que está a ser produzido em cada subprocesso"

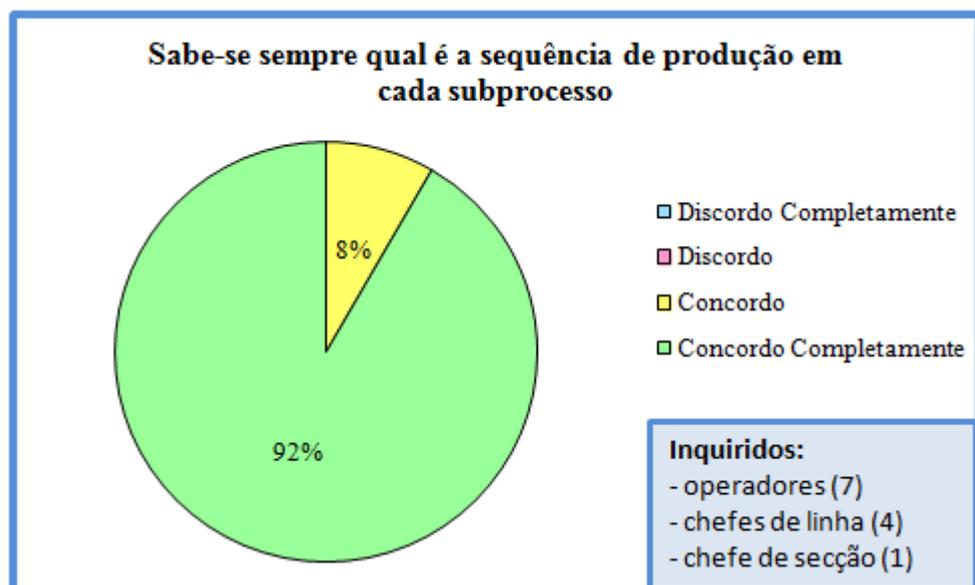


Figura 7.94 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sabe-se sempre qual é a sequência de produção em cada subprocesso"

7.6.5. Redução de Stocks e Espaço Ocupado

Com a pré-montagem a produzir apenas quando há consumo nas WIP Lanes que abastecem as células da montagem final, significa que o número de *containers* máximo na

secção é igual ao número máximo de *containers* nas quatro WIP Lanes que abastecem a montagem final, isto é 36 *containers* (4 células × 9 *containers*).

Dependendo do número de PCB's por *container*, a quantidade de WIP na secção poderá ser maior ou menor.

Para averiguar a quantidade mínima e máxima de PCB's na secção, foi identificado o número de PCB's mínimo e máximo por *container* utilizado em cada uma das células, como mostra o quadro XXII.

Quadro XXII – Número mínimo e máximo de PCB's por *container*, que abastece cada célula

Célula	Quantidade mínima de PCB's		Quantidade máxima de PCB's	
	Produto	N.º PCB's/Container	Produto	N.º PCB's/Container
2F15	LWS 5.3.22	72	LWS 5.3.14	184
2F25	LWS 5.34 LWS 5.3R.4	92	LWS 5.4.32	276
2F35	LWS 5.3R.4	92	LWS 5.3.11 LWS 5.3.21	184
2F45	LWS 3.7 LWS 3.14	72	LWS 3.1 LWS 3.3 LWS 3.5 LWS 3.12 LWS 5.3.5 LWS 5.3.14 LWS 5.4.1	184

Note-se que na célula 2F15 é produzido um sensor (LWS 6.1.01) cujos respetivos *containers* com placas *nutzen* têm 414 PCB's. Uma vez que este produto é produzido muito raramente e quando o é, consome apenas cerca de um *container*, não será tido em consideração nesta análise.

Desta forma conclui-se portanto que no mínimo, o CC tem um WIP de 2 952 PCB'S ((72+92+92+72)×9) e no máximo 7 452 PCB's ((184+276+184+184)×9).

No estado inicial, o WIP máximo da secção era igual a 35 788 PCB's (ponto 4.5 do relatório). Com a implementação deste projeto foi possível reduzir o WIP máximo em cerca de 79%.

Além da redução de WIP, também os *containers* (com placas) parados num stock ao longo de muitos dias foram eliminados, na medida em que se passou a produzir apenas o que faz verdadeiramente falta na montagem final.

Também no inquérito realizado, os inquiridos foram confrontados com estes ganhos e as respostas podem ver-se nos gráficos apresentados nas figuras 7.95 e 7.96.

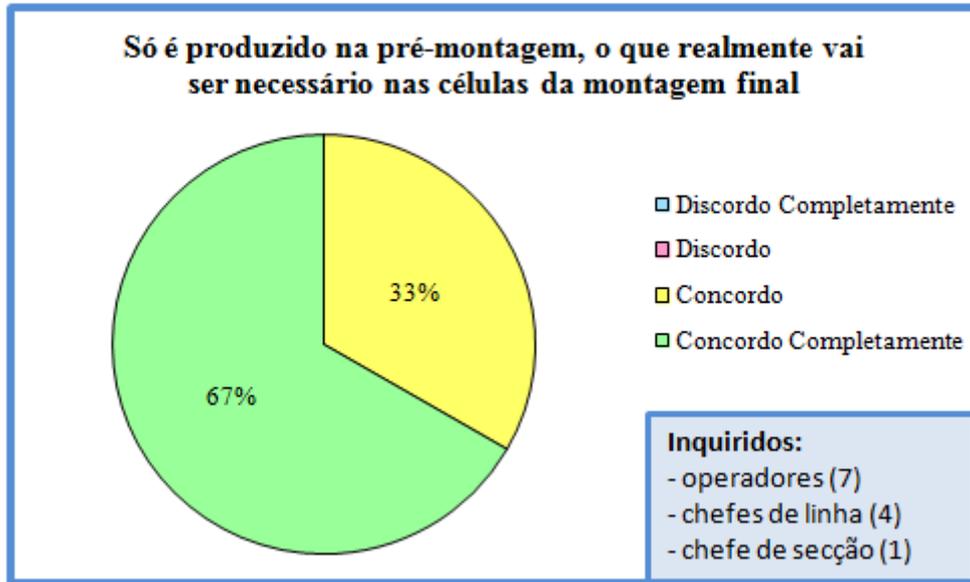


Figura 7.95 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Só é produzido na pré-montagem, o que realmente vai ser necessário nas células da montagem final"

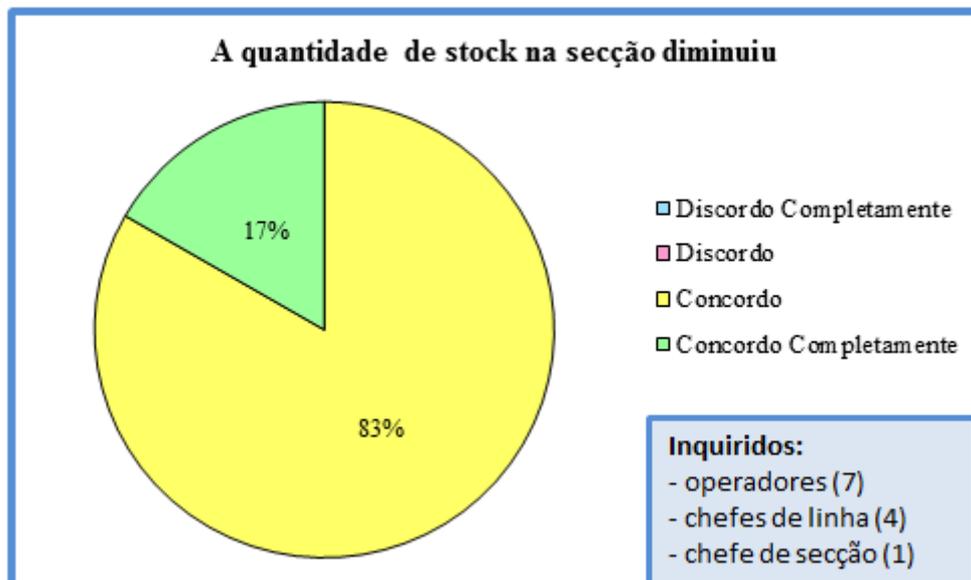


Figura 7.96 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "A quantidade de stock na secção diminuiu"

Pelas respostas obtidas nos inquéritos, é possível verificar que as pessoas envolvidas na nova sistemática, concordam que o WIP da secção diminuiu e que se passou a produzir na pré-montagem apenas o que realmente faz falta na montagem final.

- **Análise ao espaço ocupado com WIP**

Para além da redução do WIP médio, é de notar que no estado inicial da secção o número de *containers* máximo na secção era igual a 184 (ponto 4.5 do relatório). Com este projeto, e como já referido anteriormente, no máximo, poderão existir 36 *containers* no CC – uma redução de 80,4%.

- **Tempo de Atravessamento (Produto LWS 5.3R.4)**

Com a redução de stock e a produção do material apenas quando é necessário, foi verificado que o tempo de atravessamento, conseqüentemente, também diminuiu.

Inicialmente, tinha-se um tempo de atravessamento na secção (desde a chegada do *container* à secção até ao embalamento dos sensores) para um *container* da placa *nutzen* utilizada no sensor LWS 5.3R.4 igual a 15h12minutos. Agora, para o mesmo *container* de placas *nutzen*, tem-se um tempo de atravessamento de 3h30minutos (2h57min para atravessar a pré-montagem e 33 minutos para atravessar a montagem final) – uma redução de 77% do tempo).

7.6.6. Eficiência e Eficácia nos Abastecimentos do Milkrun

Para além dos ganhos referidos até agora, esta sistemática ainda permitiu melhorar o trabalho dos *milkruns* que abastecem esta secção, a nível de:

- identificação das necessidades (os *milkruns* deixam de precisar de perguntar ao operador da pré-montagem ou ao chefe de linha quais são as necessidades da secção – os cartões verticais simbolizam essas necessidades, em cada subprocesso);
- transporte dos *containers* apenas necessários;
- satisfação e menos stress na realização das suas tarefas.

Os gráficos presentes nas figuras 7.97, 7.98 e 7.99 mostram o grau de concordância dos quatro *milkruns* que abastecem o CC, com as melhorias identificadas no seu trabalho.

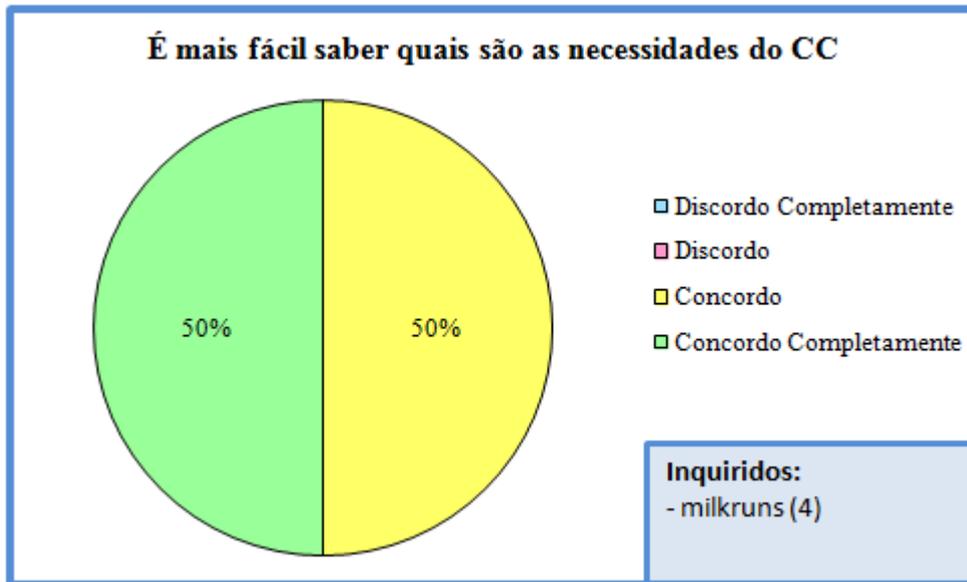


Figura 7.97 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "É mais fácil saber as necessidades do CC"

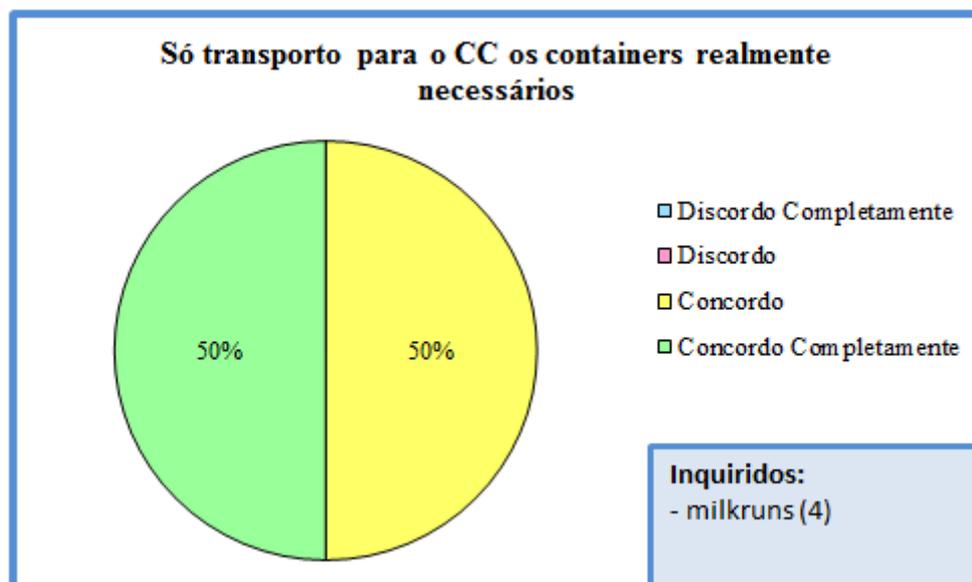


Figura 7.98 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Só transporte para o CC os containers realmente necessários"

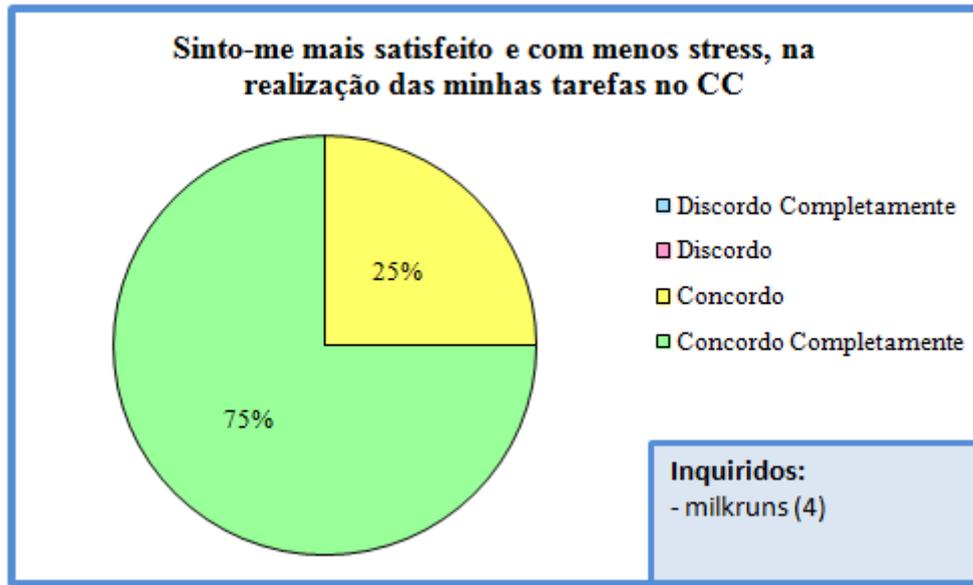


Figura 7.99 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "Sinto-me mais satisfeito e com menos stress, na realização das minhas tarefas no CC"

Pelas respostas obtidas, conclui-se que de facto o trabalho dos *milkruns* também foi melhorado com a introdução da nova sistemática de planeamento e controlo da produção no *Chassi System Control*.

7.6.7. Conclusão da Viabilidade do Sistema

Pelos resultados (positivos) referidos nos pontos anteriores, é possível verificar que a empresa ganhou com a implementação do sistema implementado e que todos os envolvidos (chefe de secção, chefes de linha e operadores) concordam que o sistema implementado funciona melhor que o anterior, como mostra o gráfico da figura 7.100.

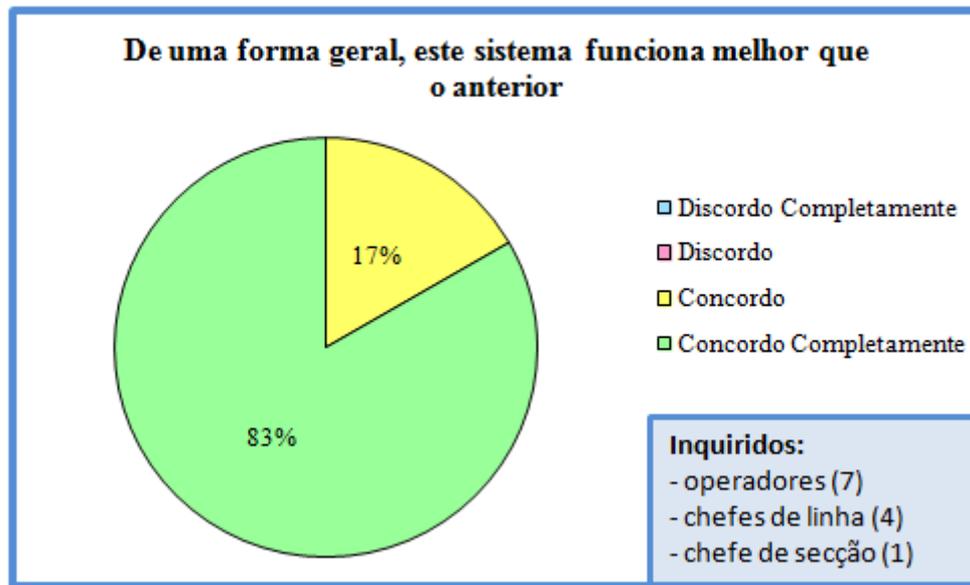


Figura 7.100 – Respostas dos inquiridos à afirmação: "De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior"

Por esta razão, pode concluir-se que o sistema é viável e que os objetivos da presente dissertação foram alcançados:

- ✓ Aumento da eficiência e eficácia do planeamento e controlo da produção na pré-montagem
 - foi definido um método, que reduz o tempo e os erros do planeamento da pré-montagem;
- ✓ Controlo e redução da quantidade de WIP na secção
 - WIP reduzido e com um máximo de 36 containers em toda a secção
 - Consequente redução do tempo de atravessamento na secção de 15h12min para 3h30min (uma redução de 77% do tempo);
- ✓ Sincronismo da produção entre os diferentes subprocessos da pré-montagem e também entre a pré-montagem e a montagem final
 - a produção acontece na pré-montagem ao ritmo que as células consomem *containers* das respetivas WIP Lanes;

- a sequência de produção nos subprocessos da pré-montagem é definida pela ordem de chegada de *kanbans* a cada um deles;

- ✓ Aumento da transparência e da gestão visual
 - fluxos produtivos identificados nos *kanbans*;
 - subprocessos com bolsas para *kanbans* que identificam o material em produção;
 - os sequenciadores dos subprocessos da pré-montagem mostram a sequência de produção que nele ocorrerá;
 - os quadros de produção indicam o número e tipo de material presente nas respectivas WIP Lanes.

- ✓ Redução do stress.

8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

8.1. Conclusões

8.2. Trabalhos Futuros

8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Nesta oitava e última parte do relatório, são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido e efetuadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

8.1. Conclusões

A presente dissertação teve como principal objetivo *estudar a viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre processos*, para que fosse possível:

- aumentar a eficiência e eficácia do planeamento e controlo da produção na pré-montagem do *Chassi System Control*;
- controlar e reduzir a quantidade de WIP na secção;
- assegurar o sincronismo da produção entre os diferentes subprocessos e também entre a pré-montagem e a montagem final;
- aumentar a transparência e a gestão visual no CC;
- e, reduzir o stress das pessoas.

Para perceber a razão da necessidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado, foi investigado inicialmente o funcionamento da secção e concluiu-se que a secção se encontra dividida em dois grandes processos – a pré-montagem e a montagem final. A montagem final é responsável por montar os sensores ESP produzidos na secção e é constituída por quatro células produtivas. Já a pré-montagem é composta por sete subprocessos, responsáveis pelas pré-preparações efetuadas aos PCB's utilizados na montagem final dos sensores. Além disso, foi verificado também que na secção podem existir 15 fluxos produtivos diferentes.

Em seguida, foi feito um levantamento dos principais problemas do sistema produtivo em questão e, verificado que o planeamento da produção realizado pela logística diz respeito exclusivamente à montagem final da secção, isto é, número e tipo de sensores necessários, por dia e por célula. No que toca ao planeamento da pré-montagem (que fornece PCB's para as quatro células da montagem final), verificou-se que este era efetuado de forma autónoma pelo colaborador que opera a pré-montagem e pelo chefe de linha. O que ambos faziam para

planear a produção na pré-montagem do CC era verificar constantemente as quantidades que faltavam produzir de determinados produtos (em curso nas quatro células), contar os PCB's existentes nos diversos stocks da secção e aí calcular então que quantidades faltavam produzir na pré-montagem para satisfazer as necessidades da montagem final. Toda a gestão de sequências e *timings* de produção em cada um dos subprocessos da pré-montagem era efetuado pelo operador e pelo chefe de linha, de forma autónoma. Esta forma de planear e produzir na pré-montagem resultava em diferentes tipos de desperdícios, nomeadamente:

- sobreprodução;
- esperas;
- movimentações;
- e stocks.

Além disso, o stress vivido pelas pessoas responsáveis por esta atividade era constante e isso fazia com que fossem pessoas insatisfeitas com o seu posto de trabalho. Outro aspeto negativo do funcionamento inicial da secção era a falta de transparência, pois não era visualmente possível saber qual era a sequência de produção nos diferentes subprocessos, assim como o material que estava a ser processado em cada um deles.

Identificados os problemas, foi possível concluir que a razão de todos estes desperdícios estava na forma de planear a produção na pré-montagem. Foi verificado que este problema não poderia ser resolvido com a utilização de FIFO Lanes entre a pré-montagem e a montagem final devido à elevada diversidade dos produtos fabricados na secção e à complexidade dos fluxos produtivos das respetivas placas *nutzen*. Por outro lado, a implementação de um supermercado para produtos A, funcionaria muito bem e permitiria eliminar os desperdícios referidos anteriormente, não fosse este tipo de produtos variar de semana para semana devido à grande flutuação das quantidades encomendadas pelos clientes. Além disso, o facto de a produção não ser nivelada também ajudou a inviabilizar a implementação do supermercado.

Se o supermercado fosse implementado no *Chassi System Control*, com toda a instabilidade existente na produção, seria necessário redimensionar o supermercado semanalmente (uma vez que a logística desenvolve um plano de produção semanal) ou dimensionar um supermercado que fosse capaz de assegurar todas as flutuações existentes – nestas condições, e além do espaço que este supermercado ocuparia, ainda existiria material no supermercado que não seria consumido durante semanas.

Por todas as razões apresentadas concluiu-se que a implementação de FIFO Lane não era viável logo à partida e que o supermercado e a respetiva sistemática desenvolvida para o CC só poderá ser viável quando a flutuação dos clientes for minimizada ou mesmo eliminada e quando a produção poder ser efetuada de forma nivelada.

Embora o objetivo da dissertação fosse o estudo da viabilidade da implementação de FIFO Lane ou Supermercado entre processos – onde se concluiu que a implementação de ambos era inviável nas situações em que se encontrava a secção, foi desenvolvido um sistema de planeamento e controlo da produção capaz de melhorar a situação inicial da secção, mesmo com todas as adversidades identificadas – flutuações dos clientes, não nivelamento, elevado número de *part numbers* diferentes e complexidade dos fluxos produtivos.

Este sistema consiste na introdução de uma WIP Lane (linha de WIP com um máximo definido) entre a pré-montagem e cada uma das células da montagem final, de uma caixa sequenciador em cada um dos quadros de produção das células e de um sequenciador em cada subprocesso da pré-montagem.

O chefe de linha introduz na caixa sequenciador da célula o número de *kanbans* necessários (cada *kanban* corresponde a um *container*) para produzir cada uma das paletes de sensores planeadas pela logística e respeitando a sua sequência de produção. O que o operador da pré-montagem faz é retirar da caixa sequenciador um *kanban* (respeitando o FIFO) sempre que abastece a respetiva célula com um *container* retirado da respetiva WIP Lane. Após construção de um lote de *kanbans* retirados da caixa sequenciador, o operador insere-os no sequenciador do primeiro subprocesso da pré-montagem. Quando um lote de *kanbans* termina o seu processamento num dado subprocesso, é introduzido no sequenciador do próximo subprocesso e assim por diante até acabar o seu processamento na pré-montagem e os respetivos *containers* com placas *nutzen* serem introduzidos nas respetivas WIP Lanes.

Com a sistemática desenvolvida, só se produz na pré-montagem no ritmo e na sequência com que cada uma das células consome a sua WIP Lane. Outro aspeto positivo é o facto de ninguém precisar de falar com ninguém, até mesmo com o *milkrun* – o sistema implementado dá sinais visuais ao *milkrun*, das necessidades da secção.

Uma vez que cada WIP Lane foi dimensionada para nove *containers*, significa que em toda a secção nunca existirão mais do que trinta e seis *containers*. Este sistema foi implementado e a sua viabilidade confirmada.

Com o sistema de planeamento e controlo da produção desenvolvido alcançaram-se os objetivos iniciais da dissertação, na medida em que foi possível:

- reduzir o tempo de mão-de-obra (menos 8h15min por dia) e os erros cometidos no planeamento da produção;
- reduzir o WIP máximo da secção em 79% bem como, o tempo de atravessamento do sensor LWS 5.3R.4 para 3h30min (uma redução de 77%).
- reduzir o número máximo de *containers* na secção de 184 para 36 (uma redução de 80%);
- criar sincronismo entre os processos da pré-montagem e da montagem final – só se produz na pré-montagem ao ritmo e sequência de consumo da montagem final;
- criar sincronismo entre os diferentes subprocessos da pré-montagem, com a implementação de um sequenciador em cada um deles, para armazenar os *kanbans* neles introduzidos;
- aumentar a transparência/gestão visual de toda a secção, na medida em que:
 - os fluxos produtivos dos *kanbans* estão neles identificados, não deixando desta forma margem para dúvidas e/ou erros;
 - é conhecido o material em processamento, em cada subprocesso da pré-montagem;
 - os sequenciadores da pré-montagem mostram a sequência de produção em cada subprocesso (sabe-se sempre o que é para produzir e em que sequência);
 - os quadros de produção mostram o tipo e quantidade de *containers* disponíveis na WIP Lane de cada célula;
- aumentar a produtividade da secção, na medida em que se obtém o mesmo *output* com a redução de uma pessoa;
- e reduzir significativamente o stress e aumentar a satisfação das pessoas.

8.2. Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros e no seguimento deste projeto, propõe-se que a abordagem seja desenvolvida em sistema informático e que desta forma sejam minimizadas as hipóteses de erros com o manuseamento dos cartões.

Propõe-se ainda que o estudo da viabilidade da implementação deste sistema de planeamento e controlo da produção seja alargado a outras áreas da empresa, uma vez que esta abordagem reduz a quantidade de stock entre processos, comparativamente ao supermercado e funciona mesmo com a problemática da flutuação, do nivelamento, do elevado número de produtos e da diversidade de fluxos produtivos, numa unidade produtiva.

Bibliografia

4Lean. (2013). Obtido em 10 de Março de 2013, de Ferramentas Lean:

http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=188&lang=pt

Advanced Consulting & Training. (2013). Obtido em 10 de Março de 2013, de Glossário:

<http://www.advanced-eng.com.br/glossario.htm>

Amir, Z. T., Mohamad, T. B., Faridaddin, V., & Maryam, Z. T. (2010). "Mistake-Proofing" - A Device to Manage Construction Sites More Effectively. *2nd International Conference Engineering Systems Management and Its Applications (ICESMA)*, 1-7.

Andon Technologies. (2006). Obtido em 10 de Março de 2013, de Sistemas Andon:

<http://www.controlvisual.com/andon.html>

Araújo, A. S. (2011). *Implementação de um Sistema Pull e outras técnicas de produção Lean numa linha de montagem de componentes electrónicos*. Guimarães: Universidade do Minho.

Bell, S. (2006). *Lean Enterprise Systems - Using IT for Continuous Improvement*. Nova Jérсия: John Wiley & Sons, Inc.

Black, J. T., & Hunter, S. L. (2003). *Lean Manufacturing Systems and Cell Design*. USA: Society of Manufacturing Engineers.

Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M., Tien, C., & Barson, R. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 53-64.

Bosch. (2000). *Formação em 5S*. Publicação Interna.

Bosch. (2003a). *Bosch Production System*. Publicação Interna.

Bosch. (2003b). *Sistema Puxe - Produzir apenas o exigido pelo cliente*. Publicação Interna.

Bosch. (2005a). *Manual BPS*. Publicação Interna.

Bosch. (2005b). *O que nos move, o que nos une, o que representamos. House of Orientation: Visão, Missão, Valores, Competências Empresariais e Bosch Business System*. Publicação Interna.

Bosch. (2006). *Formação em Controlo do Consumo*. Publicação Interna.

Bosch. (2008a). *Handbook of BPS Logistics Standards*. Publicação Interna.

Bosch. (2008b). *Practical Guide: FIFO Lanes*. Publicação Interna.

Bosch. (2009a). *Produção sem Desperdício*. Publicação Interna.

Bosch. (2009b). *Value Stream - Procedimentos básicos e sinalética utilizada no mapeamento da cadeia de valor*. Publicação Interna.

Bosch. (2009c). *Manual de Acolhimento e Integração*. Publicação Interna.

Bosch. (2010a). *Metodologia 5S*. Publicação Interna.

Bosch. (2010b). *Apresentação da Bosch Car Multimédia*. Publicação Interna.

Bosch. (2010c). *Bosch Car Multimédia S.A. - Welcome*. Publicação Interna.

Bosch. (2010d). *LWS - Bosch's Steering Angles Sensor*. Publicação Interna.

Bosch. (2010e). *Nivelamento do Pacemaker*. Publicação Interna.

Bosch. (2010f). *Welcome to "BPS Pull System Training"*. Publicação Interna.

Bosch. (2011a). *Bosch Production System / Logistics Standard: Implementation Guideline - Production Control*. Publicação Interna.

Bosch. (2011b). *A Bosch em Portugal - 100 anos de Tecnologia para a Vida*. Publicação Interna.

Bosch. (2011c). *Decoupling*. Publicação Interna.

Bosch. (2012a). *Manual BPS*. Publicação Interna.

Bosch. (2012b). *Princípios do BPS*. Publicação Interna.

Bosch. (2012c). *Bosch Car Multimédia Portugal, S.A.* Publicação Interna.

Bosch. (2012d). *About CC/MOE-AU: Our Products*. Obtido em 28 de Março de 2013, de https://inside.bosch.com/irj/portal/?NavigationTarget=HLPFS://wcms_rgap_Bosch_20GlobalNet/wcms_rgap_02_20Organization/wcms_rgap_Regional_20Subsidiaries_20RG/wcms_rgap_rbau/wcms_rgap_002_rbau_organization/wcms_rgap_003_divisional__other_activities/wcms_rga

Bosch. (2012e). *Funcionamento do ESP*. Obtido em 20 de Outubro de 2012, de http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/how_does_esp_work.html

Bosch. (2012f). *Do ABS ao ESP*. Obtido em 20 de Outubro de 2012, de http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/from_abs_to_esp.html

Bosch. (2012g). *Características Técnicas do Sensor ESP*. Obtido em 20 de Outubro de 2012, de http://www.bosch-esperience.com.br/br/language1/technical_features.html

Chan, H. K., Yin, S., & Chan, F. T. (2010). Implementing just-in-time philosophy to reverse logistics systems: a review. *International Journal of Production Research*, 6293-6313.

Chaneski, W. S. (2004). FIFO Lane Helps Job Shops Regulate Work Flow. *Modern Machine Shop*, 40-42.

Cheraghi, S. H., Dadashzadeh, M., & Soppin, M. (2008). Comparative Analysis of Production Control Systems Through Simulation. *Journal of Business & Economics Research*, 87-104.

Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. USA: DW Publishing CO.

Davidsson, P., & Wernstedt, F. (2009). Characterization and Evaluation of Just-In-Time Production and Distribution. *Blekinge Institute of Technology*.

Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turnover. *International Journal of Production Economics*, 154-163.

Dombrowski, U., Mielke, T., & Engel, C. (2012). Knowledge Management in Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 436-441.

Durães, J. S. (2012). *Dimensionamento e Aplicação de um Sistema de Kanbans numa empresa de Auto Rádio*s. Guimarães: Universidade do Minho.

Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. USA: CRC.

Garcia, J., & Ruggles, J. (2012). *Lean Manufacturing Specialists*. Obtido de <http://leanmanufacturingspecialists.com/index.htm>

Garcia, J., & Ruggles, J. (s.d.). *Lean Manufacturing Specialists*. Obtido de <http://leanmanufacturingspecialists.com/index.htm>

Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 149-156.

Harris, C., & Harris, R. (2008). *Lean Connections - Making Information Flow Efficiently and Effectively*. New York: CRC Press.

Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A common sense approach to a continuous improvement strategy* (2nd ed.). USA: McGraw-Hill.

Karmarkar, U. (1991). Push, Pull and Hybrid Control Schemes. *Tijdschrift voor Econornie en Management*, 345-363.

- Lean Institute. (1998). *Lean Thinking*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2013, de Os 5 Princípios: http://www.lean.org.br/5_principios.aspx
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. United States of America: McGraw-Hill.
- Lyonnet, B., & Toscano, R. (2012). *Production Planning & Control: The Management of Operations*. Taylor & Francis Group, 1-9.
- MacInnes, R. L. (2002). *The Lean Enterprise Memory Jogger - Create Value and Eliminate Waste throughout Your Company*. USA: GOAL/QPC.
- Maia, C. E. (2012). *Lean Blog*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2013, de O Desafio do Fluxo Contínuo: <http://leanblog.com.br/2012/08/o-desafio-do-fluxo-contínuo/>
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2011). *Metodologias para Implementar Lean Production: Uma revisão Crítica de Literatura*. Guimarães: Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Produção e Sistemas .
- Marks, R. (2009). *Sistema Toyota de Produção*. Obtido de <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAT-QAD/sistema-toyota-producao>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 662-673.
- Moden, Y. (1998). *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time* (3^a ed.). Industrial Engineering and Management Press, Institute of Industrial Engineers.
- Monden, Y. (1983). *Toyota Production System – An Integrated approach to Just-In-Time*. Institute Industrial Engineers.
- Norval, A. (2010). *Lean Pathways*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2013, de Lean Value System: <http://leanpathways.blogspot.pt/2010/11/lean-value-system.html>

Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.

Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly - Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. USA: CRC.

Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 3075-3090.

Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Glossário de Termos e Acrónimos*. Comunidade Lean Thinking.

Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, lda.

Pixmac. (2012). *Pixmac Banco de Imagens*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2013, de Pote de ouro na base de um arco-íris.

ProfitAbility Engineers. (2006). *5 S*. Lisboa: Publicação Interna.

Rahani, A. R., & Muhammad, a.-A. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 1727-1734.

Rich, N., Bateman, N., Esain, A., Massey, L., & Samuel, D. (2006). *Lean Evolution - Lessons from the Workplace*. USA: Cambridge University Press.

Riezebos, J. (2010). Design of POLCA material control systems. *International Journal of Production Research*, 1455-1477.

Robert Bosch Stiftung. (2013). *Press Photos*. Obtido em 25 de Março de 2013, de <http://www.bosch-stiftung.de/content/language2/html/7848.asp>

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda*. USA: The Lean Enterprise Institute.

Rubrich, L., & Watson, M. (2000). *Implementing World Class Manufacturing: A Bridge Your Manufacturing Survival*. UAS: WCM Associates.

Santos, A. G. (2010). *Controlo e Monitorização da Eficiência de uma Linha de Montagem*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Silva, V. (2012). *Produção Industrial e Qualidade*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2013, de As Dificuldades do Sistema Puxado: <http://producaoindustrialequalidade.blogspot.pt/2012/07/as-dificuldades-do-sistema-puxado.html>

Spearman, M. L., Woodruff, D. L., & Hopp, W. J. (1990). CONWIP: a pull alternative to kanban. *International Journal of Production Research*, 879-894.

Spearman, M., & Hopp, W. (1996). *Factory Physics*. Chicago: Richard D. Irwin.

Suri, R., & Krishnamurthy, A. (2003). How to Plan and Implement POLCA: A Material Control System for High-Variety or Custom-Engineered Products. *Technical Report, Center for Quick Response Manufacturing*, 1-17.

Takahashi, K., Myreshka, & Hirotoni, D. (2005). Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains. *International Journal of Production Economics*, 25-40.

Takeda, H. (2006). *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-in-Time Through Kaizen*. Great Britain, United States: Kogan Page Limited.

Turner, T., Giles, D., Albores, P., & Mitchell, R. (2006). Quick Response Manufacturing: 'When Kanban is Not the Solution'. 20-23.

Warnecke, H. J., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics*, 37-43.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Great Britain: Mackays of Chatham, Ltd.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World*.
Canadá: Rawson Associates.

ANEXOS

Anexo A – Contagem de Stock no Chassi System Control

Anexo B – Situação mais Crítica no Pré-Tester

Anexo C – Média Ponderada do Tempo de Ciclo nas Células e no Pré-Tester

Anexo D – Changeover no Pré-Tester

Anexo E – Simulação em Arena

Anexo F – Changeover nos Pinos (PIS 10)

Anexo G – Instrução de Trabalho na Pré-Montagem

Anexo H – Inquérito sobre o Sistema Implementado

A. CONTAGEM DE STOCK NO CHASSI SYSTEM CONTROL

A contagem de stock no CC foi efetuada nos seguintes dias: 24, 25, 26, 29, 30 e 31 de Outubro e 5, 6, 7 e 8 de Novembro de 2012. Esta contagem não foi contínua devido aos fins-de-semana nos dias 27 e 28 de Outubro e 3 e 4 de Novembro de 2012 e ao encerramento da fábrica nos dias 1, 2 de Novembro de 2012.

O quadro A.I ilustra a quantidade de stock (em pcb's) em cada um dos stocks da secção, nos dias da amostra.

Quadro A.1 – Contagem de WIP no CC

Stock \ Dia	24Out	25Out	26Out	29Out	30Out	31Out	5Nov	6Nov	7Nov	8Nov
Stock 1 Antes MM	306	546	108	498	192		240	240	324	348
Stock 2 Depois AOI	66	30	66	42	16			12		36
Stock 3 Entre AOI e PT	288	504	360	204			596	236	452	452
Stock 4 Antes PT	1150	1104	208	276	644	764	408		612	828
Stock 5 Entre PT e PIS 10	3180	3304	3488	3652	2360	2936	1356	1408	2452	2866
Stock 6 Depois de PIS 10	1325	1709	2365	1517	1609	1694	1182	1176	1277	733
Stock 7 Antes MM			440	232	184	184	296	80	80	80
Stock 8 Depois AOI				536						258
Stock 9 Antes V-Cut										
Stock 10 Depois Laquer	50				368	416	214			
Stock 11 Antes 2F45	813	863	1415	973	912	596	572	556	616	415

B. SITUAÇÃO MAIS CRÍTICA NO PRÉ-TESTER

No quadro B.I estão presentes as capacidades das quatro células, num dia (21,43 horas), por tipo de sensor com placas *nutzen* que consomem *pré-tester*.

Quadro B.I – Capacidade das Células Por Tipo de Sensor

Célula	Produto	Part Number	Tempo de Ciclo/LWS (segundos)	Capacidade/dia (em sensores)
2F15	LWS 5.3.4	0265 005 567	20,50	3763
		0265 005 569		
		0265 019 002	18,24	4229
		0265 005 580		
	LWS 5.3R.4	0265 005 541	17,80	4334
	LWS 5.3.11	0265 019 023	18,00	4286
		0265 005 517	21,50	3588
	LWS 5.3.13	0265 005 516	21,20	3640
	LWS 5.3.14	0265 005 545	17,80	4335
LWS 5.3.22	0265 005 571	17,80	4335	
2F25	LWS 5.3.4	0265 019 036	22,00	3506
	LWS 5.3R.4	0265 005 541	19,00	4060
	LWS 5.3R.29	0265 019 020	36,00	2143
2F35	LWS 5.3R.4	0265 005 541	19,00	4060
	LWS 5.3.11	0265 005 517	19,00	4060
		0265 005 573	19,40	3976
		0265 005 538	20,00	3857
	LWS 5.3.21	0265 005 558	20,90	3691
2F45	LWS 5.3.5	0265 005 557	22,60	3413
	LWS 5.3.14	0265 005 545	30,00	2571
	LWS 5.4.1_Axial	0265 005 562	22,00	3506
		0265 019 041		
	LWS 5.4.1_Radial	0265 019 038	22,00	3506
		0265 019 039		
		0265 019 040		

Para identificar qual é a combinação de produtos que mais tempo consome ao pré-tester, por dia, encontra-se presente no quadro B.II o tempo de ciclo no pré-tester de cada um

dos diferentes tipos de PCB's de cada produto e o respectivo tempo de processamento no *pré-tester* necessário para produzir a quantidade de sensores produzidos em cada célula, num dia.

Quadro B.II – Tempo consumido no Pré-Tester para satisfazer a capacidade das células

Célula	Produto	Part Number	Capacidade/célula (sensores)	Pré-Tester	
				TC (seg)	Tempo Consumido/dia (h)
2F15	LWS 5.3.4	0265 005 567	3763	5,4	5,64
		0265 005 569			
		0265 019 002	4229		6,34
		0265 005 580			
	LWS 5.3R.4	0265 005 541	4334	9,0	10,84
	LWS 5.3.11	0265 019 023	4286	4,4	5,24
		0265 005 517	3588		4,39
	LWS 5.3.13	0265 005 516	3640	5,5	5,53
	LWS 5.3.14	0265 005 545	4335	5,3	6,38
LWS 5.3.22	0265 005 571	4335	5,5	6,62	
2F25	LWS 5.3.4	0265 019 036	3506	6,0	5,84
	LWS 5.3R.4	0265 005 541	4060	9,0	10,15
	LWS 5.3R.29	0265 019 020	2143	-	-
2F35	LWS 5.3R.4	0265 005 541	4060	9,0	10,15
	LWS 5.3.11	0265 005 517	4060	4,4	4,96
		0265 005 573	3976		4,86
		0265 005 538	3857		4,71
LWS 5.3.21	0265 005 558	3691	3,6	3,69	
2F45	LWS 5.3.5	0265 005 557	3413	3,9	3,70
	LWS 5.3.14	0265 005 545	2571	5,3	3,79
	LWS 5.4.1_Axial	0265 005 562	3413	6,0	5,84
		0265 019 041			
	LWS 5.4.1_Radial	0265 019 038	3413	3,8	3,60
		0265 019 039			
0265 019 040					

▪ **Etapas da seleção da combinação mais crítica:**

Para a escolha dos 3 produtos cuja sua combinação é a que mais tempo consome no pré-tester, com base no quadro B.II, foram efetuados os seguintes passos:

- 1.º Identificação do tempo mais alto: 10,84 h (LWS 5.3R.4 da célula 2F15);
- 2.º Exclusão da célula 2F15 e do produto LWS 5.3R.4 (não podem estar a ser produzidos em simultâneo dois produtos na mesma célula nem o mesmo produto em mais do que uma célula);
- 3.º Identificação do segundo tempo mais alto: 5,84h (LWS 5.3.4 – 0265 019 036 na célula 2F25 e LWS 5.4.1_Axial na célula 2F45);

A selecção mais crítica poderia ser a combinação destes três produtos mas, isto implicaria que a célula 2F35 produzisse um tipo de sensor que tivesse uma placa *nutzen* que não passasse no *Pré-Tester*. Como isso não acontece (porque todos os produtos fabricados na célula 2F35 passam no *Pré-Tester*) então, ter-se-á de optar pelo produto LWS 5.3.4 – 0265 019 036 ou pelo produto LWS 5.4.1 Axial. Uma vez que a situação mais frequente, no que diz respeito à produção de produtos sem *Pré-Tester*, é o fabrico do sensor LWS 5.4.32 que é montado na célula 2F25 então esta célula é a excluída e portanto o produto LWS 5.3.4 - 0265 019 036 não fará parte da combinação mais crítica de produtos com *Pré-Tester*.

- 4.º Exclusão da célula 2F25 e 2F45;
- 5.º Identificação do terceiro tempo mais alto: 4,96h (LWS 5.3.11 – 0265 005 517 na célula 2F35).

Conclui-se portanto que a situação mais crítica, em termos de capacidade, no *Pré-Tester* é a produção em simultâneo do LWS 5.3R.4 na célula 2F15, LWS 5.3.11 – 0265 005 517 na célula 2F35 e do LWS 5.4.1 Axial na célula 2F45.

C. MÉDIA PONDERADA DO TEMPO DE CICLO NAS CÉLULAS E NO PRÉ-TESTER

Sendo os tempos de ciclo dos produtos identificados como combinação crítica no *Pré-Tester*, diferentes na montagem final então isto significa que a capacidade diária das células não será igual (o tempo de abertura de um dia é igual a 21,43 horas).

Assim sendo, calcular-se-á a capacidade diária das células para esses produtos e posteriormente a média ponderada dos respetivos tempos de ciclo.

O quadro C.I ilustra a quantidade máxima produzida diariamente em cada uma das células, para os produtos em estudo, e também a percentagem a que corresponde cada uma dessas quantidades relativamente ao somatório da capacidade das três células.

Quadro C.I – Capacidade das células 2F15, 2F35 e 2F45

Célula	2F15	2F35	2F45
Produto	LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11 0265 005 517	LWS 5.4.1 Axial
Tempo de Ciclo (seg)	17,80	19,00	22,00
Capacidade/Dia (un)	4334	4060	3506
	11 900		
%	36,4	34,1	29,5

Desta forma conclui-se que a média ponderada dos tempos de ciclo em cada uma das células é igual a:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Ciclo Médio}_{\text{MontagemFinal}} &= (17,80 \times 0,364) + (19,00 \times 0,341) + (22,00 \times 0,295) = \\ &= 19,5 \text{ segundos} \end{aligned}$$

(6)

No quadro C.II estão presentes os tempos de ciclo dos PCB's dos mesmos produtos, no *Pré-Tester*.

Quadro C. II – Tempo de Ciclo dos PCB's dos produtos LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 e LWS 5.4.1 Axial

Produto	LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11 0265 005 517	LWS 5.4.1 Axial
Tempo de Ciclo (seg)	9,0	4,4	6,0

Assim sendo, a média ponderada dos tempos de ciclo para a situação mais crítica no *Pré-Tester* é igual a:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Ciclo Médio}_{\text{Pré-Tester}} &= (9,0 \times 0,364) + (4,4 \times 0,341) + (6,0 \times 0,295) = \\ &= 6,6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

(7)

D. CHANGEOVER NO PRÉ-TESTER

Após observação em campo, foi possível concluir que, durante um *changeover* no pré-tester poderia ser necessário mudar:

1. o software;
2. a base;
3. a cama de agulhas;
4. o tamanho do *container* abastecedor;
5. o tamanho do *container* recebedor;
6. e o tamanho das placas.

Para verificar em que situações ocorrem as mudanças mencionadas nos seis pontos acima estudou-se cada uma delas em particular:

❖ Software

O software altera-se sempre que o tipo de placa altere, mesmo entre mudanças de produtos da mesma família.

❖ Base e Cama de Agulhas

Verificou-se que quando se altera a base altera-se a cama de agulhas e vice-versa. Esta mudanças só acontece entre produtos de família diferentes.

❖ Tamanho do *Container* Abastecedor

Dependendo dos tipos de placas, o tamanho do *container* pode ser diferente e por isso há necessidade de alterar no *loader* o tamanho do *container* que está a abastecer o *Pré-Tester*. Os *containers* abastecedores podem ser de 3 tipos. Eles são designados por:

- Pequeno (Posição 1 no *loader de entrada*);
- Honda (Posição 3 no *loader de entrada*);
- Knorr Bremse e Fiat (Posição 4 no *loader de entrada*).

Isto significa que as placas de produtos Honda usam um tipo de *container*, os produtos Knorr Bremse e Fiat usam outro tipo de *container* e todos os outros utilizam o *container* designado por "pequeno".

O quadro D.I mostra o tipo de *container* associado a cada produto que passam pelo sub-processo *Pré-Tester*.

Quadro D.I – Afetação das placas dos produtos aos tipos de *containers*

Pequeno		Honda		Knorr Bremse e Fiat		
LWS 5.3.4	0265 019 002	LWS 5.3.13	0265 005 516	LWS 5.3.5	0265 005 557	
	0265 005 580					
	0265 005 569			LWS 5.4.1_R	0265 019 038	
	0265 005 567					0265 019 039
	0265 019 036					0265 019 040
LWS 5.3R.4	0265 005 541	LWS 5.4.1_A	0265 019 041	0265 005 562		
LWS 5.3.11	0265 019 023	LWS 5.3.14	0265 005 545			
	0265 005 517					
	0265 005 573					
	0265 005 538					
LWS 5.3R.29	0265 019 020					
LWS 5.3.21	0265 005 558					
LWS 5.3.22	0265 005 571					

❖ **Tamanho do *Container* Recebedor**

Tal como para o *container* abastecedor, o tamanho do *container* que recebe as placas testadas pode variar, dependendo do produto e, por isso à necessidade de alterar esse tamanho no *loader*. Para receber placas testadas, podem ser usados quatro tipos de *containers*, designados por:

- Pequeno (Posição 1 no *loader de saída*);
- Grande (Posição 2 no *loader de saída*);
- Honda (Posição 3 no *loader de saída*);

- Knorr Bremse e Fiat (Posição 4 no *loader de saída*).

A única diferença entre o tamanho dos *containers* recebedores e dos *containers* abastecedores é o *container* grande (posição 2). Este tipo de *container* só é utilizado pelo produto LWS 5.3.22.

Conclui-se portanto que todos os produtos utilizam o mesmo tipo de *container* à entrada e à saída do *Pré-Tester* à exceção do LWS 5.3.22 que usa *containers* pequenos para abastecer o pré-tester mas para receber as placas testadas utiliza *containers* grandes.

❖ Tamanho das Placas

Dependendo do tipo de *container* utilizado à entrada do pré-tester, o tamanho da placa varia, ou seja, se se alterar o tamanho do *container* abastecedor numa mudança, obrigatoriamente se altera o tamanho da placa:

- Para *containers* pequenos, o tamanho da placa é a posição 1850
- Para *containers* Honda, o tamanho da placa é a posição 1700
- Para *container* Knorr Bremse e Fiat, o tamanho da placa é a posição 1370

Tendo toda esta informação recolhida foi possível construir uma matriz (Quadro D.III) e verificar que no pré-tester podem existir 420 combinações de mudança entre produtos e quatro tipos de *changeover*, com as seguintes durações (quadro D.II):

Quadro D.II – Tipos de Changeovers e respetiva duração

	Tipo de Changeover	Duração
1	Software	0,25 minutos
2	Software + Base + Cama de Agulhas	1,33 minutos
3	Software + Base + Cama de Agulhas + Tamanho <i>Container Recebedor</i>	1,58 minutos
4	Software + Base + Cama de Agulhas + Tamanho <i>Container abastecedor + Tamanho container recebedor + Tamanho placa</i>	2,1 minutos

Note-se que a duração dos diferentes tipos de *changeover* foram obtidos através da análise e combinação dos tempos presentes na *Instrução de Mudança do Pré-Tester*, existente.

Quadro D.III – Tipos de changeovers no Pré-Tester

Entra \ Sai		LWS 5.3.4					LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11				LWS 5.3.13	LWS 5.3.21	LWS 5.3.22	LWS 5.3R.29	LWS 5.3.5	LWS 5.3.14	LWS 5.4.1_R			LWS 5.4.1_A			
		0265 019 002	0265 005 580	0265 005 569	0265 005 567	0265 019 036		0265 019 023	0265 005 517	0265 005 573	0265 005 538							0265 019 038	0265 019 039	0265 019 040	0265 019 041	0265 005 562		
LWS 5.3.4	0265 019 002																							
	0265 005 580																							
	0265 005 569																							
	0265 005 567																							
	0265 019 036																							
LWS 5.3R.4																								
LWS 5.311	0265 019 023																							
	0265 005 517																							
	0265 005 573																							
	0265 005 538																							
LWS 5.3.13																								
LWS 5.3.21																								
LWS 5.3.22																								
LWS 5.3R.29																								
LWS 5.3.5																								
LWS 5.3.14																								
LWS 5.4.1_R	0265 019 038																							
	0265 019 039																							
	0265 019 040																							
LWS 5.4.1_A	0265 019 041																							
	0265 005 562																							

▪ **Média Ponderada do Changeover no Pré-Tester**

O quadro D.IV mostra o número de ocorrências possíveis em cada tipo de changeover.

Quadro D.IV - Número de Ocorrências Possíveis por tipo de changeover no Pré-Tester

Tipo de Changeover	Número de Ocorrências Possíveis	%
1	52	12,4
2	122	29,0
3	24	5,7
4	222	52,9

Conclui-se portanto que em média (ponderada) um chageover no pré-tester demora 1,62 minutos:

$$\begin{aligned} \text{Tempo Médioa Changeover } PT &= (0,124 \times 0,25) + (0,290 \times 1,33) + (0,057 \times 1,58) + (0,529 \times 2,1) = \\ &= 1,62 \text{ minutos} \end{aligned}$$

(8)

E. SIMULAÇÃO EM ARENA

Para verificar qual é o tempo de atravessamento de um lote de *containers* no *Chassi System Control*, foi simulada a produção dos produtos:

- LWS 5.3R.4 (célula 2F15);
- LWS 5.4.32 (célula 2F25);
- LWS 5.3.11 – 0265 005 517 (célula 2F35);
- LWS 5.4.1 Axial (célula 2F45);

A simulação da produção destes produtos vem no seguimento do estudo da situação identificada como sendo a mais crítica no *Pré-Tester* (LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 e LWS 5.4.1 Axial) e foi simulada para um dia de trabalho, isto é 24 horas.

A figura E.1 mostra a definição do período da simulação, no Arena.

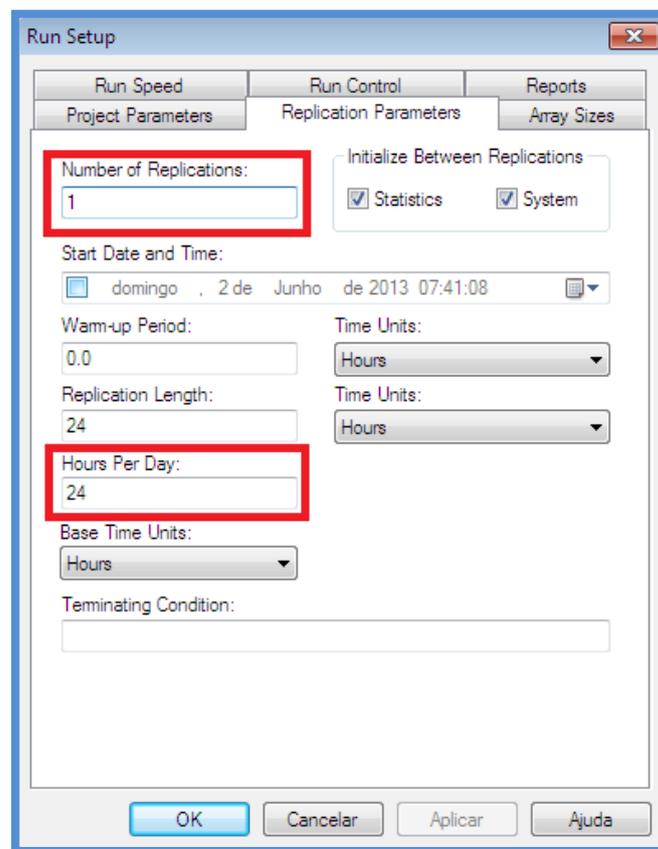


Figura E.1 – Definição da duração da simulação

E.1. Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos (figura E.3) foi desenvolvido tendo em consideração o fluxo produtivo de cada produto na Pré-Montagem, como ilustra a figura E.2.

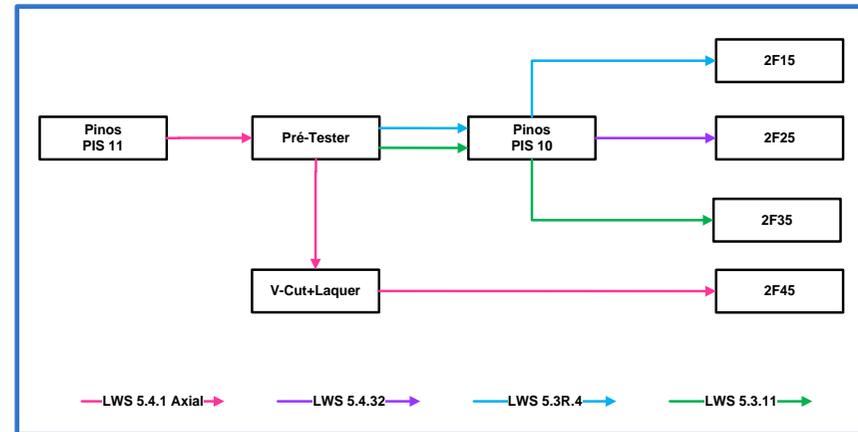


Figura E.2 – Fluxos produtivos dos produtos simulados

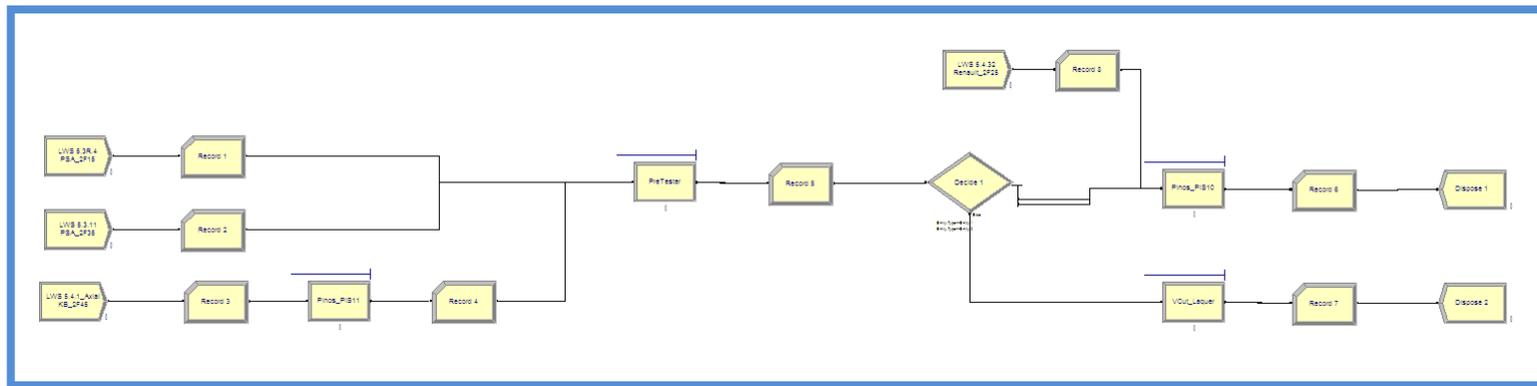


Figura E.3 – Diagrama de blocos da simulação em Arena

a) Processo de Chegada de Lotes à Pré-Montagem

Os símbolos *create* rodeados a vermelho na figura E.4 simbolizam a entrada de lotes de produtos na Pré-Montagem ou seja, a entrada de ordens de produção de lotes de 3 *containers*, que totalizam 276 PCB's (92 PCB's por *container*).

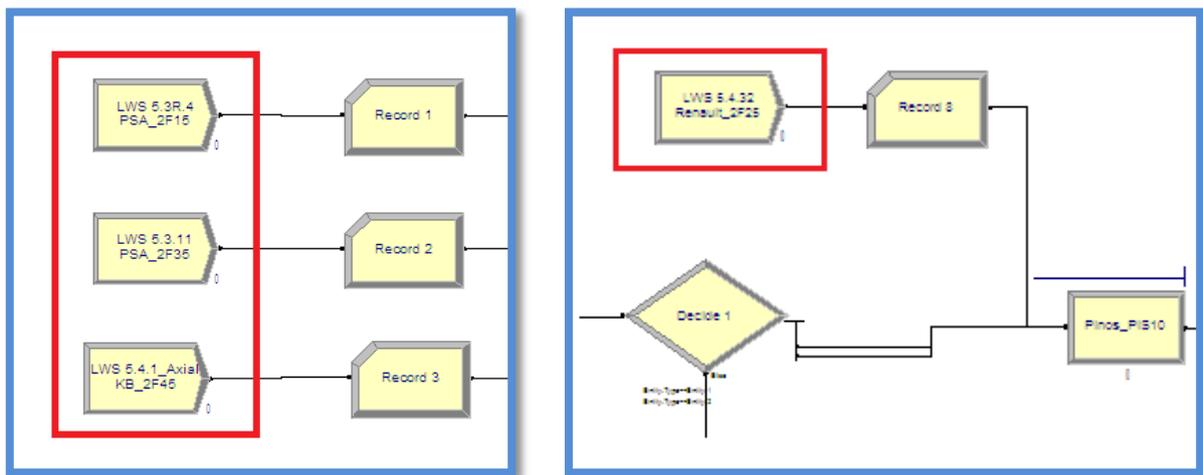


Figura E.4 – Entrada de lotes de *containers* na pré-montagem

Note-se que foi definido que o tamanho de lote determinado inicialmente (3 *containers*) deverá ser aplicado a todos os produtos (estando assegurada a capacidade no *bottleneck* todos os outros subprocessos têm capacidade). Por isso, também a entrada de ordens de produção na pré-montagem do produto LWS 5.4.32 (produto não incluído no estudo da capacidade do *Pré-Tester*) é efetuada em lotes de 3 *containers*.

Foi necessário definir as características de entrada dos lotes em cada *create*, isto é o tempo entre as chegadas dos lotes do mesmo produto (uma vez que a média ponderada do tempo de ciclo da montagem final é igual a 19,5 segundos então, um lote de *containers* chegará à Pré-Montagem a cada 1,5 horas $((3 \times 92 \times 19,5) / 60 / 60)$. Além disso, foi necessário definir ainda o número máximo de lotes que cada célula enviará para a pré-montagem – como cada célula tem capacidade para produzir diariamente 3 956 sensores (que corresponde a 43 *containers* de 92 PCB's cada) então, enviará cerca de 15 pedidos de produção de lotes $(43 / 3 = 14,333333)$ à pré-montagem. Note-se que o tempo de ciclo do sensor LWS 5.4.32 na célula 2F25 é de 19,5 segundos, daí o intervalo dos pedidos à pré-montagem também ser igual a 1,5 horas.

A figura E.5 mostra a informação inserida em cada *create*.

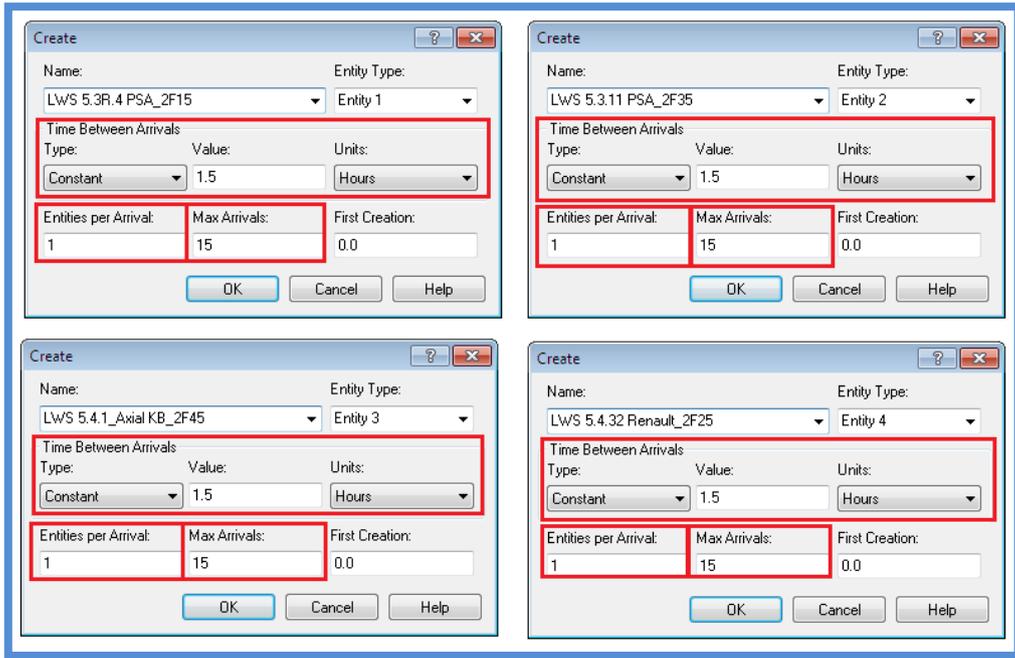


Figura E.5 – Características da chegada de ordens de produção à pré-montagem

b) Processo Pinos (PIS 11)

Dos quatro produtos em estudo, apenas a placa *nutzen* do LWS 5.4.1 Axial sofre o processo de Pinos (PIS 11) e tem um tempo de ciclo por PCB de 4,8 segundos. Por esta razão, conclui-se que um lote de *containers* gasta 22,08 minutos (0,368 horas) nos pinos (PIS 11), como mostra a figura E.6.

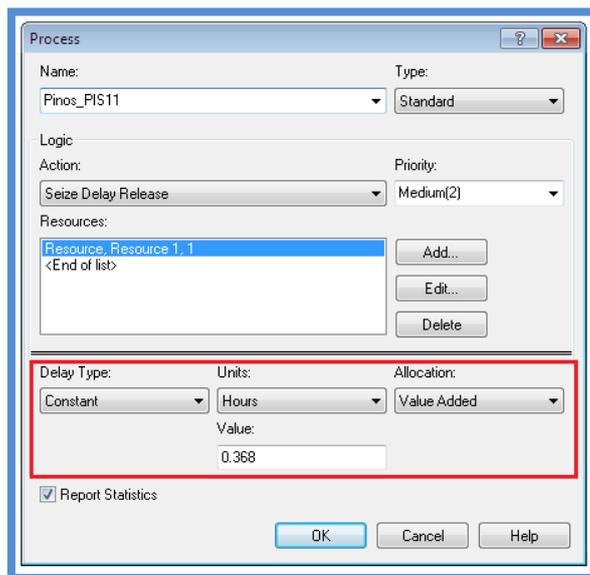


Figura E.6 – Tempo de processamento de um lote de *containers* nos pinos (PIS 11)

O tempo de abertura deste subprocesso é igual a 24 horas mas, uma vez que o seu OEE é igual a 98% então significa que a máquina pode estar operacional apenas 23,52 horas. Para tal, foi inserido no campo *failure* deste processo o seu respetivo *up time* e o *down time* como mostra a figura E.7.

Failure - Advanced Process								
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Count	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1	Setup_PreTester	Count	1.0	Hours	1	1.84	Minutes	
2	Setup_PIS10	Count	1.0	Hours	1	3.2	Minutes	
3	OEE_PT	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
4	OEE_PIS11	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
5	OEE_PIS10	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
6	OEE_VCutLaquer	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	

Figura E.7 – Tempo de OEE da máquina de pinos PIS 11

c) Processo Pré-Tester

Como já calculado anteriormente, a média ponderada do tempo de ciclo no pré-tester dos produtos LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 (0265 005 517) e LWS 5.4.1 Axial é igual a 6,6 segundos (Ver Anexo C). Por isso, um lote de *containers* no *Pré-Tester* terá uma duração de produção igual a 30,36 minutos (0,506 horas), como se pode ver pela figura E.8.

Figura E.8 – Tempo de processamento de um lote de *containers* no *Pré-Tester*

Dado que no processo *Pré-Tester* é processado mais do que um tipo de placas *nutzen* então, existe *changeovers* associados às mudanças de produção. Como já calculado

anteriormente (Anexo D), a média ponderado do tempo de um *setup* no *Pré-Tester* é igual a 1,84 minutos. Para que na simulação, o *Pré-Tester* parasse de produzir 1,84 minutos a cada mudança de lote, foi necessário introduzir este valor no campo *failure* do processo. Além disso, e uma vez que a Pré-Montagem tem um OEE igual a 98% então foi necessário também introduzir dados no campo *failure* do *Pré-Tester* de forma a indicar que das 24 horas do tempo de abertura, o equipamento apenas pode trabalhar 23,52, como mostra a figura E.9.

	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Count	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1	Setup_PreTester	Count	1.0	Hours	1	1.84	Minutes	
2	Setup_PIS10	Count	1.0	Hours	1	3.2	Minutes	
3	OEE_PT	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
4	OEE_PIS11	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
5	OEE_PIS10	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
6	OEE_VCutLaquer	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	

Figura E.9 – Tempo de setup e OEE da máquina de pinos PIS 11

d) Processo de Decisão

O único processo de decisão presente no modelo desenvolvido diz respeito à separação dos tipos de produtos após o seu processamento no *Pré-Tester*. Os produtos LWS 5.3R.4 e LWS 5.3.11 (0265 005 517) devem ir para o processo de pinos (PIS 11) após o *Pré-Tester* ao passo que, o produto LWS 5.4.1 Axial deverá ir para o processo de V-Cut+Laquer.

Na figura E.10 pode ver-se o processo de decisão e a informação dada para que ele pudesse efetuar a separação dos produtos e enviá-los para os processos corretos após a passagem no *Pré-Tester*. Note-se que *entity 1* diz respeito ao sensor LWS 5.3R.4 e *entity 2* diz respeito ao LWS 5.3.11 (0265 005 517).

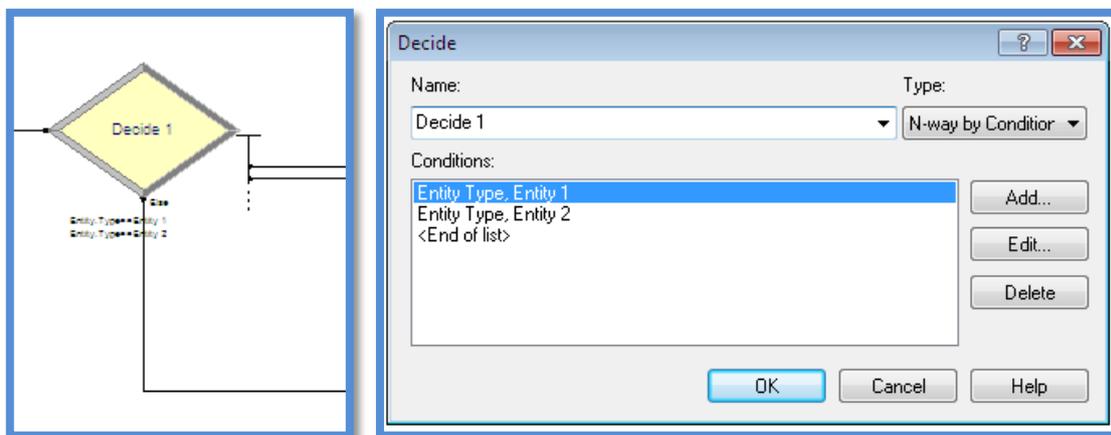


Figura E.10 – Envio dos produtos para processos diferentes

e) Processo de Pinos (PIS 10)

O tempo de ciclo utilizado no processo de Pinos (PIS 10) resultou da média ponderada do tempo de ciclo de cada um dos produtos que lá foi processado – LWS 5.3R.4, LWS 5.3.11 (0265 005 517) e LWS 5.4.32.

O quadro E.I mostra o cálculo da média ponderada do tempo de ciclo na máquina de pinos (PIS 10).

Quadro E.I – Média ponderada do tempo de ciclo nos Pinos (PIS 10)

Célula	2F15	2F25	2F35
Produto	LWS 5.3R.4	LWS 5.4.32	LWS 5.3.11 (0265 005 517)
TC na Célula (seg)	17,80	19,50	19,00
Quantidade máxima produzida/ dia	4 334	3 956	4 060
	12 350		
%	35,1	32,0	32,9
TC/ PCB nos Pinos (PIS 10) (seg)	7,2	3,6	5,3
TC médio ponderado nos Pinos (PIS 10)	$TC_{\text{Médio Ponderado}} = (7,2 \times 0,351) + (3,6 \times 0,32) + (5,3 \times 0,329) = 5,42 \text{ seg}$		
			(9)

Desta forma, conclui-se que um lote de três *containers* demora em média 24,9 minutos (0,42 horas) a ser processado na máquina de pinos PIS 10. Este valor foi inserido no campo *delay type* do processo PIS 10, como ilustra a figura E.11.

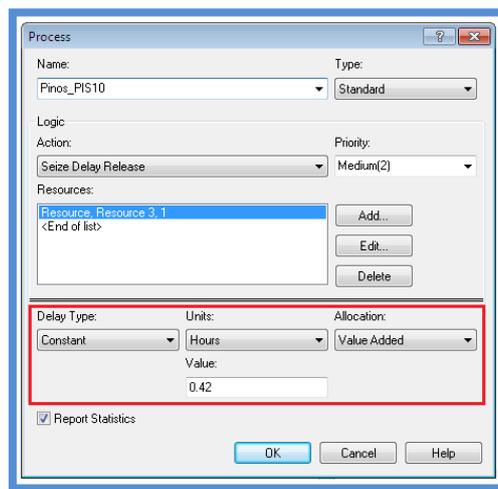


Figura E.11 – Tempo de processamento de um lote de *containers* na máquina PIS 10

Uma vez que neste subprocesso passa mais do que um tipo de placa nutzen então será necessário efetuar *changeovers*. Sabendo que na simulação efetuada passam três produtos diferentes neste subprocesso então, significa que podem existir seis mudanças diferentes. Para averiguar qual é o tempo que demora a efetuar uma mudança na máquina de pinos PIS 10 foi necessário fazer um estudo sobre os possíveis tipos de *changeover* neste subprocesso e as respetivas durações (Anexo F).

O quadro E.II mostra o tipo de mudanças que podem ocorrer no subprocesso PIS 10 e os seus respetivos tempos de *changeover* com base no estudo efetuado aos tipos de *changeovers* e respetivas durações na máquina PIS 10.

Quadro E.II –Tipos de mudanças entre produtos e respetivo tempo de *changeover*, na máquina PIS 10

 Entrada	 Saída	Duração <i>Changeover</i>
LWS 5.4.32	LWS 5.3.11	4,2 minutos
LWS 5.4.32	LWS 5.3R.4	1,4 minutos
LWS 5.3.11	LWS 3.4.32	4,2 minutos
LWS 5.3.11	LWS 5.3R.4	4,0 minutos
LWS 5.3R.4	LWS 5.4.32	1,4 minutos
LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11	4,0 minutos

Dos dados presentes no quadro acima conclui-se que em média um *changeover* no subprocesso de pinos (PIS 10) demorará 3,2 minutos.

O tempo de abertura deste subprocesso é igual a 24 horas mas, uma vez que o seu OEE é igual a 98% então significa que a máquina pode estar operacional apenas 23,52 horas.

Esta informação foi inserida no campo de *failure* do respetivo processo, como mostra a figura E.12.

Failure - Advanced Process									
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Count	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only	
1	Setup_PreTester	Count	1.0	Hours	1	1.84	Minutes		
2	Setup_PIS10	Count	1.0	Hours	1	3.2	Minutes		
3	OEE_PT	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours		
4	OEE_PIS11	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours		
5	OEE_PIS10	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours		
6	OEE_VCutLaquer	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours		

Figura E.12 – Tempo de setup e OEE da máquina de pinos PIS 10

f) Processo de V-Cut+ Laquer

No processo V-Cut+Laquer apenas é processado um produto dos quatro em estudo. Por esta razão foi definido que o tempo de ciclo a utilizar nesta simulação, relativamente a este subprocesso seria o correspondente ao produto LWS 5.4.1. Axial – o qual corresponde a 2,8 segundos por PCB. Dado que na simulação, 1 unidade de produto corresponde a um lote de três *containers* então para produzir 276 PCB's (92×3) são necessárias 0,215 horas, como se pode ver na figura E.13.

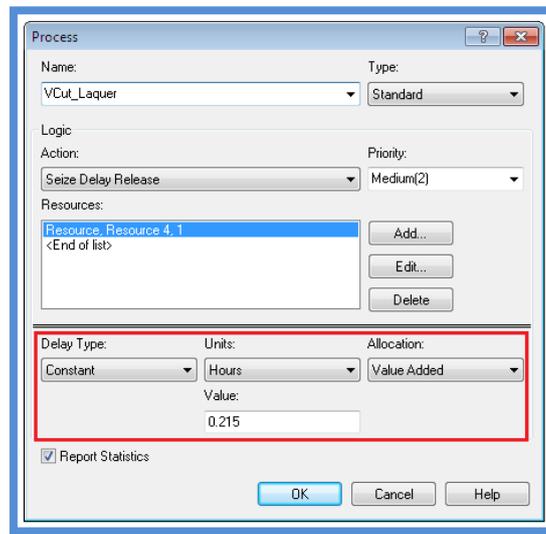


Figura E.13 – Tempo de processamento de um lote de *containers* no V-Cut+Laquer

Tal como em todos os subprocessos apresentados anteriormente, também este tem um tempo de abertura de 24 horas e um OEE de 98%. Por isso, também neste processo foi necessário introduzir no respetivo campo *failure* um *up time* de 23,52 horas e um *down time* de 0,48 horas, como ilustra a figura E.14.

Failure - Advanced Process								
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Count	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1	Setup_PreTester	Count	1.0	Hours	1	1.84	Minutes	
2	Setup_PIS10	Count	1.0	Hours	1	3.2	Minutes	
3	OEE_PT	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
4	OEE_PIS11	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
5	OEE_PIS10	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	
6 ▶	OEE_VCutLaquer	Time	23.52	Hours	23.52	0.48	Hours	

Figura E.14 – Tempo de OEE do V-Cut+Laquer

E.2. Resultados Obtidos

Após a simulação do sistema descrito, obteve-se um *output* de 58 lotes de *containers*, como ilustra a figura E.15.



Figura E.15 – *Output* do sistema simulado em Arena

Sabendo que cada célula da montagem final, produz no máximo por dia 3 956 sensores (valor calculado anteriormente e utilizando a média ponderada do tempo de ciclo na montagem final – 19,50 segundos) então, as quatro células produzem 15 824 sensores. Sabendo que o número de PCB's por *container* utilizado neste estudo corresponde a 92 então, conclui-se que 15 824 sensores consomem 172 *containers* de placas nutzen, que por sua vez correspondem a 57,3333 lotes de três *containers*.

Sabendo que o *output* da simulação é igual a 58 *containers* conclui-se portanto que a pré-montagem tem capacidade para abastecer as células da montagem final, nas condições apresentadas.

Embora o *output* tenha sido superior ao necessário, passa-se agora a averiguar se o *Pré-Tester* teve capacidade para processar o número de *containers* que seriam necessários num dia – 11 868 PCB's (PCB's para três células), que corresponde a 129 *containers* ou seja, 43 lotes.

Pela figura E.16 é possível concluir que o *bottleneck* da pré-montagem do CC tem capacidade para produzir por dia, 44 lotes de 3 *containers*.

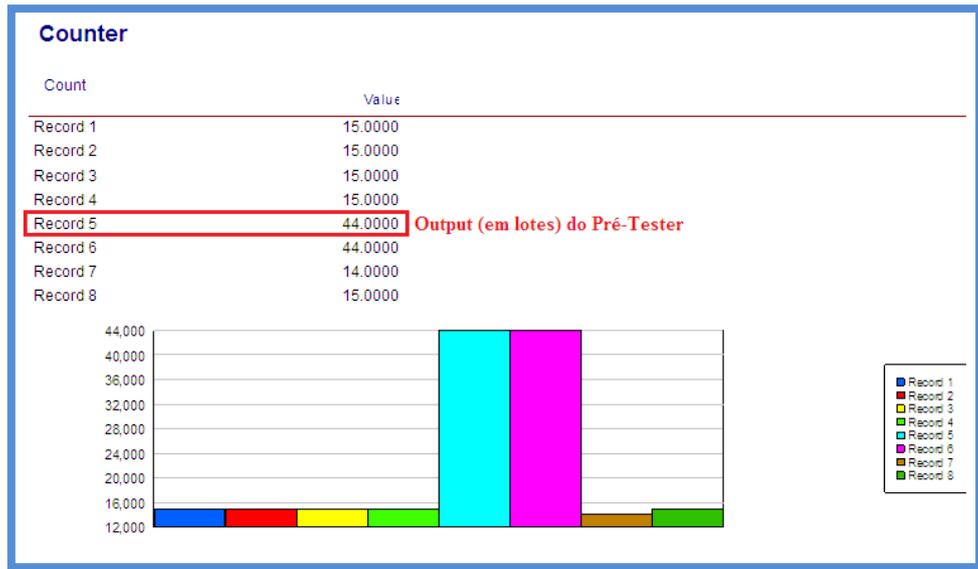


Figura E.16 – Output (em lotes de containers) do Pré-Tester

Tendo sido já verificada a viabilidade da produção em lotes de três *containers* passa-se em seguida a verificar qual é o tempo de atravessamento na Pré-Montagem.

▪ **Tempo de travessamento na Pré-Montagem**

Sabendo que o tempo de atravessamento é igual ao quociente entre a quantidade de WIP antes de um processo e o respetivo tempo de ciclo, passa-se em seguida a verificar qual foi a quantidade máxima de lotes de *containers* em espera, em cada um dos subprocessos – figura E.17.

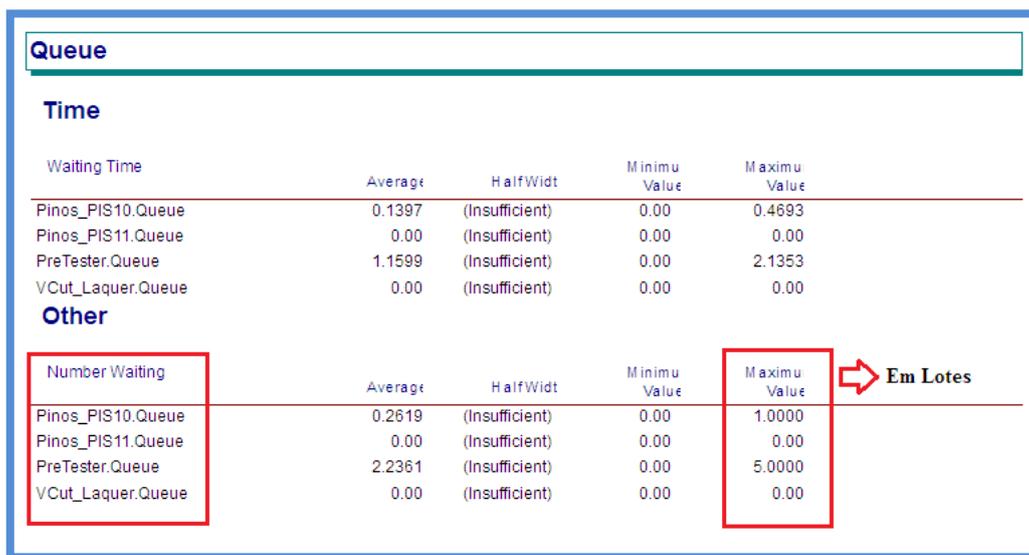


Figura E.17 – Número máximo de lotes em espera em cada subprocesso

Da informação presente na figura em cima conclui-se que os Pinos (PIS 10) teve em espera, no máximo, 1 lote de *containers*; os Pinos (PIS 11) e o V-Cut+Laquer nunca tiveram uma fila de espera; e o Pré-Tester chegou a atingir um fila de espera de 5 lotes, que corresponde a 15 *containers*.

Dos fluxos produtivos dos produtos, conclui-se que o **Pré-Tester→Pinos** é aquele quem tem um maior tempo de atravessamento e por isso, será ele o utilizado para calcular o tamanho das rampas de WIP.

Assim sendo, tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Tempo de Atravessamento} &= (WIP \times TC)_{\text{Pré-Tester}} + (WIP \times TC)_{\text{Pinos PIS 10}} = \\ &= ((5 \times 3 \times 92) \times 6,6) + ((1 \times 3 \times 92) \times 5,42) = \\ &= 10\,603,92 \text{ segundos} = 2,95 \text{ horas} \end{aligned}$$

(10)

F. CHANGEOVER NOS PINOS (PIS 10)

Tal como para o pré-tester, também para a inserção de pinos (PIS 10) foi necessário realizar trabalho em campo e verificar o que podia ser alterado quando um *changeover* acontece. Foi possível concluir que, durante um *changeover* na inserção de pinos poderia ser necessário mudar/realizar:

1. o software;
2. o rolo de pinos;
3. o finger;
4. teste de qualidade aos pinos.

Para verificar em que situações ocorrem as mudanças mencionadas nos quatro pontos acima estudou-se cada uma delas em particular:

❖ Software

O software altera-se sempre mesmo entre mudanças de produtos da mesma família.

❖ Rolo de Pinos

Existem três tipos de rolos de pinos utilizados neste equipamento: 8613 150 061, F005 S10 056 e F005 B11 207. O quadro F.I mostra em que tipos de sensores são utilizados cada um dos tipos de rolos de pinos.

Quadro F.I – Afetação dos tipos de rolos de pinos aos diferentes sensores

8613 150 061		F005 S10 056		F005 B11 207	
LWS 5.3.4	0265 019 002	LWS 5.3.11	0265 019 023	LWS 5.3.21	0265 005 558
	0265 005 580		0265 005 517		
	0265 005 569		0265 005 573		
	0265 005 567		0265 005 538		
	0265 019 036				
LWS 5.3R.4	0265 005 541				
LWS 6.1.01	0265 005 561				
LWS 5.3R.29	0265 019 020				
LWS 5.4.32	0265 019 012				

❖ **Finger**

Tal como o rolo de pinos, também o finger pode ser diferente entre produtos. Após investigação em campo, verificou-se que existem três tipos de finger: H1, H2 e H9. O quadro F.II mostra o tipo de finger utilizado em cada um dos produtos que passam na inserção de pinos (equipamento PIS 10).

Quadro F.II – Afetação das placas dos produtos aos diferentes tipos de finger

H1		H2		H9	
LWS 5.3.4	0265 019 002	LWS 5.3.21	0265 005 558	LWS 5.4.32	0265 019 012
	0265 005 580				
	0265 005 569			LWS 6.1.01	0265 005 561
	0265 005 567				
	0265 019 036				
LWS 5.3R.4	0265 005 541				
LWS 5.3.11	0265 019 023				
	0265 005 517				
	0265 005 573				
	0265 005 538				
LWS 5.3R.29	0265 019 020				

❖ **Teste de Qualidade aos Pinos**

O teste de qualidade é realizado às cinco primeiras placas que são produzidas na máquina de pinos, sempre que o produto é alterado – está presente em todos os *changeovers*.

Tendo toda esta informação recolhida foi possível construir uma matriz (Ver Quadro F.IV) e verificar que na inserção de pinos podem existir 182 combinações de mudança entre produtos e quatro tipos de *changeover*, com as durações presentes no quadro F.III.

Quadro F.III – Tipos de changeovers e respetiva duração na máquina PIS 10

	Tipo de Changeover	Duração
1	Software+Teste	1,2 minutos
2	Software +Finger+Teste	1,4 minutos
3	Software + Rolo+ Teste	4,0 minutos
4	Software + Rolo+Finger+Teste	4,2 minutos

Note-se que as durações dos diferentes tipos de *changeover* foram obtidas através da análise e combinação dos tempos presentes na *Instrução de Mudança dos Pinos*, já existente.

Quadro F.IV – Tipos de changeovers nos Pinos (PIS 10)

Sai \ Entra		LWS 5.3.4					LWS 5.3R.4	LWS 5.3.11				LWS 5.3.21	LWS 5.3R.29	LWS 6.1.01	LWS 5.4.32
		0265 019 002	0265 005 580	0265 005 569	0265 005 567	0265 019 036		0265 019 023	0265 005 517	0265 005 573	0265 005 538				
LWS 5.3.4	0265 019 002														
	0265 005 580														
	0265 005 569														
	0265 005 567														
	0265 019 036														
LWS 5.3R.4															
LWS 5.3.11	0265 019 023														
	0265 005 517														
	0265 005 573														
	0265 005 538														
LWS 5.3.21															
LWS 5.3R.29															
LWS 6.1.01															
LWS 5.4.32															

▪ **Média Ponderada do Changeover nos Pinos (PIS 10)**

O quadro F.V mostra o número de ocorrências possíveis em cada tipo de changeover nos pinos (PIS 10).

Quadro F.V – Número de ocorrências possíveis por tipo de changeover nos Pinos (PIS 10)

Tipo de Changeover	Número de Ocorrências Possíveis	%
1	58	31,9
2	26	14,3
3	56	30,8
4	42	23,1

Conclui-se portanto que em média (ponderada) um chageover nos Pinos (PIS 10) demora 1,62 minutos:

$$\begin{aligned} \text{Tempo Médio Changeover PIS10} &= (0,319 \times 1,2) + (0,143 \times 1,4) + (0,308 \times 4,0) + (0,231 \times 4,2) = \\ &= 2,79 \text{ minutos} \end{aligned} \quad (11)$$

G. INSTRUÇÃO DE TRABALHO NA PRÉ-MONTAGEM

O quadro G.I mostra a instrução da sequência de trabalho definida para o operador da pré-montagem.

Quadro G.I – Instrução de trabalho para o operador da pré-montagem

Sequência	Atividade	Foto
1	Dirigir-se para a célula 2F35 (figura G.1) com o carrinho e verificar se a célula precisa de ser abastecida ou se tem containers vazios para arrumar (se tiver containers vazios introduzi-los no carrinho).	 <p>Figura G.1 – Entrada de material na célula 2F35</p>
2	Dirigir-se para a MM+SSL+AOI e V-Cut+Laquer (figura G.2) e verificar se existem containers para transportar para o stock ou para outros processos. Se houveram containers para transportar, colocá-los no carrinho com os respectivos kanbans.	 <p>Figura G.2 – Stock MM+SSLF e V-Cut+Laquer</p>
3	Introduzir kanbans no sequenciador do V-Cut+Laquer, se necessário (figura G.3).	 <p>Figura G.3 – Sequenciador V-Cut+Laquer</p>

<p>4</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador da MM+SSL+AOI, se necessário (figura G.4).</p>	 <p>Figura G.4 – Sequenciador MM+SSL+AOI</p>
<p>5</p>	<p>Dirigir-se para a fresa da célula 2F45 (figura G.5) e verificar se esta precisa de ser abastecida ou se tem containers vazios para arrumar (se tiver containers vazios arrumá-los).</p>	 <p>Figura G.5 – Entrada de material na célula 2F45</p>
<p>6</p>	<p>Dirigir-se para a fresa da célula 2F25 (figura G.6) e verificar se esta precisa de ser abastecida ou se tem containers vazios para arrumar (se tiver containers vazios introduzi-los no carrinho).</p>	 <p>Figura G.6 – Entrada de material na célula 2F25</p>
<p>7</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador do Pré-Tester, se necessário (figura G.7)</p>	 <p>Figura G.7 – Sequenciador Pré-Tester</p>

<p>8</p>	<p>Dirigir-se ao Pré-Tester (figura G.8) e verificar se a máquina precisa de ser abastecida. Se precisar, abastecê-la. Se a máquina tiver containers cheios à saída introduzi-los no carrinho juntamente com os seus kanbans (se o próximo processo desses containers for os Pinos (PIS 10) introduzir containers diretamente no stock dos Pinos e os kanbans no respetivo sequenciador).</p>	 <p>Figura G.8 – Pré-Tester</p>
<p>9</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador dos Pinos (PIS 11), se necessário.</p>	 <p>Figura G.9 – Sequenciador Pinos (PIS 10)</p>
<p>10</p>	<p>Dirigir-se aos Pinos (PIS 11) (figura G.10) e verificar se a máquina precisa de ser abastecida. Se precisar, abastecê-la. Se a máquina tiver containers cheios à saída introduzi-los no carrinho juntamente com os seus kanbans.</p>	 <p>Figura G.10 – Pinos (PIS 11)</p>
<p>11</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador dos Pinos (PIS 10) (figura G.11), se necessário.</p>	 <p>Figura G.11 – Sequenciador Pinos (PIS 10)</p>

<p>12</p>	<p>Dirigir-se para a fresa da célula 2F15 (figura G.12) e verificar se esta precisa de ser abastecida ou se tem containers vazios para arrumar (se tiver containers vazios introduzi-los no carrinho).</p>	 <p>Figura G.12 – Entrada de material na célula 2F15</p>
<p>13</p>	<p>Dirigir-se aos Pinos (PIS 10) (figura G.13) e verificar se a máquina precisa de ser abastecida. Se precisar, abastecê-la. Se a máquina tiver containers cheios à saída introduzi-los no stock e os seus respetivos kanbans no carrinho (para posteriormente os introduzir nos quadros de produção das células).</p>	 <p>Figura G.13 – Pinos (PIS 10)</p>
<p>14</p>	<p>Dirigir-se ao AOI (figura G.14) e verificar se existem containers para serem transportados para outros processos. Se houveram, colocá-los no carrinho com os respetivos kanbans.</p>	 <p>Figura G.14 – AOI</p>
<p>15</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador da MM+SSLF+AOI (figura G.15), se necessário.</p>	 <p>Figura G.15 – Sequenciador MM+SSLF+AOI</p>

<p>16</p>	<p>Dirigir-se ao stock que abastece as células da montagem final (figura G.16).</p>	 <p>Figura G.16 – Stock que abastece as células da montagem final</p>
<p>17</p>	<p>Introduzir no carrinho (figura G.17) os containers necessários para abastecer as fresas das células.</p>	 <p>Figura G.17 – Carrinho de transporte de <i>containers</i></p>
<p>18</p>	<p>Abastecer a célula 2F15 (figura G.18) e retirar kanbans do quadro de produção e da caixa sequenciadora.</p>	 <p>Figura G.18 – Entrada de material na célula 2F15</p>
<p>19</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador dos Pinos (PIS 10) (figura G.19) e colocar containers no respetivo stock.</p>	 <p>Figura G.19 – Sequenciador Pinos (PIS 10)</p>

<p>20</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador dos Pinos (PIS 11) (figura G.20) e colocar containers no respetivo stock.</p>	 <p>Figura G.20 – Sequenciador Pinos (PIS 11)</p>
<p>21</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador do Pré-Tester (figura G.21) e colocar containers no respetivo stock.</p>	 <p>Figura G.21 – Sequenciador Pré-Tester</p>
<p>22</p>	<p>Abastecer a célula 2F25 (figura G.22) e retirar kanbans do quadro de produção e da caixa sequenciadora.</p>	 <p>Figura G.22 – Entrada de material na célula 2F25</p>
<p>23</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador do V-Cut+Laquer (figura G.23) e colocar containers no respetivo stock.</p>	 <p>Figura G.23 – Sequenciador V-Cut+Laquer</p>

<p>24</p>	<p>Introduzir kanbans no sequenciador da MM+SSLF+AOI (figura G.24) e colocar containers no respetivo stock.</p>	 <p>Figura G.24 – Sequenciador MM+SSL+AOI</p>
<p>25</p>	<p>Abastecer a célula 2F45 (figura G.25) e retirar kanbans do quadro de produção e da caixa sequenciadora.</p>	 <p>Figura G.25 – Entrada de material na célula 2F45</p>
<p>26</p>	<p>Abastecer a célula 2F35 (figura G.26) e retirar kanbans do quadro de produção e da caixa sequenciadora.</p>	 <p>Figura G.26 – Entrada de material na célula 2F35</p>
<p>Efetuar passos 1 a 26 até à pré-montagem não ter mais nenhuma atividade para realizar, de momento.</p>		
<p>27</p>	<p>Dirigir-se à zona de embalagem e paletização (figura G.27) e construir três caixas ou introduzir uma cinta numa palete.</p>	 <p>Figura G.27 – Zona de embalagem e paletização</p>

H. INQUÉRITO SOBRE O SISTEMA IMPLEMENTADO

Passa-se em seguida a apresentar os inquéritos efetuados ao chefe de secção, aos chefes de linha, aos operadores da pré-montagem e aos *milkruns*, sobre o sistema de planeamento e controlo da produção implementado na pré-montagem do CC.

H.1. Inquérito Realizado ao Milkrun

Inquérito				
"Sistema de Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem do CC"	Milkrun			
<p>1. Considera que o sistema implementado tem vantagens sobre o sistema anterior?</p> <p style="text-align: center;">Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se respondeu sim, responda à questão 2.</p>				
<p>2. Com o sistema implementado:</p> <p style="text-align: center;">Assinale com um X o grau da sua concordância com as seguintes afirmações. DC – Discordo Completamente; D – Discordo; C – Concordo; CC – Concordo Completamente</p>				
	DC	D	C	CC
a) É-me possível saber sempre o que é preciso fornecer a cada processo, sem questionar ninguém.				
b) É mais fácil saber quais são as necessidades do CC.				
c) Só transporto para o CC os containers realmente necessários.				
d) Sinto-me mais satisfeito, e com menos stress, na realização das minhas tarefas no CC.				
<p>Obrigada! Claudia Tinoco</p>				

H.2. Inquérito Realizado ao Chefe de Secção

Inquérito					Chefe de Secção
"Sistema de Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem do CC"					
<p>1. Considera que o sistema implementado tem vantagens sobre o sistema anterior?</p> <p style="text-align: center;">Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se respondeu sim, responda à questão 2.</p>					
<p>2. Com o sistema implementado:</p> <p style="text-align: center;">Assinale com um X o grau da sua concordância com as seguintes afirmações. DC – Discordo Completamente; D – Discordo; C – Concordo; CC – Concordo Completamente</p>					
		DC	D	C	CC
a)	Não se gasta tempo para planear a produção na Pré-Montagem.				
b)	De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior. Não é necessário informar o milkrun sobre o tipo e quantidade de placas necessárias (da Inserção Automática).				
c)	Sabe-se sempre o que é para produzir em cada processo.				
d)	Não é preciso questionar o chefe de linha sobre a produção na Pré-Montagem.				
e)	É garantido que as placas vindas da Inserção Automática chegam atempadamente.				
f)	É possível saber, atempadamente, se existem faltas de material da Inserção Automática.				
g)	Só é produzido na pré-montagem o que realmente vai ser necessário nas células da montagem final.				
h)	As células da montagem final não param por falta de material da pré-montagem, devido a erros de planeamento.				
i)	Não existe um constante stress na pré-montagem.				
j)	Sinto-me mais satisfeito com o meu posto de trabalho.				
k)	A constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem desapareceu.				
l)	O fluxo produtivo das placas nutzen no CC é sempre conhecido (por que processos passam e sua respetiva sequência).				
m)	É visualmente fácil saber o que está a ser produzido em cada processo.				
n)	Sabe-se sempre qual é a sequência de produção em cada processo.				
o)	A quantidade de stock na secção diminuiu.				
p)	Não é necessário questionar o chefe de linha sobre a produção na pré-montagem.				
q)	Os operadores não gastam tempo para planear a pré-montagem.				
r)	De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior.				
Obrigada!					
Claudia Tinoco					

H.3. Inquérito Realizado aos Chefes de Linha

Inquérito					Chefe de Linha
"Sistema de Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem do CC"					
<p>1. Considera que o sistema implementado tem vantagens sobre o sistema anterior?</p> <p style="text-align: center;">Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se respondeu sim, responda à questão 2.</p>					
<p>2. Com o sistema implementado:</p> <p style="text-align: center;">Assinale com um X o grau da sua concordância com as seguintes afirmações. DC – Discordo Completamente; D – Discordo; C – Concordo; CC – Concordo Completamente</p>					
		DC	D	C	CC
a)	Não se gasta tanto tempo para planear a produção na Pré-Montagem.				
b)	Não é necessário informar o milkrun sobre o tipo e quantidade de placas necessárias (da Inserção Automática).				
c)	Sabe-se sempre o que é para produzir em cada processo.				
d)	É garantido que as placas vindas da Inserção Automática chegam atempadamente.				
e)	É possível saber, atempadamente, se existem faltas de material da Inserção Automática.				
f)	Só é produzido na pré-montagem o que realmente vai ser necessário nas células da montagem final.				
g)	As células da montagem final não param por falta de material da pré-montagem, devido a erros de planeamento.				
h)	Não existe um constante stress na pré-montagem.				
i)	Sinto-me mais satisfeito com o meu posto de trabalho.				
j)	A constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem desapareceu.				
k)	O fluxo produtivo das placas nutzen no CC é sempre conhecido (por que processos passam e sua respetiva sequência).				
l)	É visualmente fácil saber o que está a ser produzido em cada processo.				
m)	Sabe-se sempre qual é a sequência de produção em cada processo.				
n)	A quantidade de stock na secção diminuiu.				
o)	Tenho mais tempo para me dedicar às minhas verdadeiras funções e à melhoria contínua da secção.				
p)	De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior.				
					Obrigada! Claudia Tinoco

H.4. Inquérito Realizado aos Operadores da Pré-Montagem

Inquérito					Operador
"Sistema de Planeamento e Controlo da Produção na Pré-Montagem do CC"					
<p>1. Considera que o sistema implementado tem vantagens sobre o sistema anterior?</p> <p style="text-align: center;">Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se respondeu sim, responda à questão 2.</p>					
<p>2. Com o sistema implementado:</p> <p style="text-align: center;">Assinale com um X o grau da sua concordância com as seguintes afirmações. DC – Discordo Completamente; D – Discordo; C – Concordo; CC – Concordo Completamente</p>					
		DC	D	C	CC
a)	Não se gasta tempo para planear a produção na Pré-Montagem.				
b)	Não é necessário informar o milkrun sobre o tipo e quantidade de placas necessárias (da Inserção Automática).				
c)	Sabe-se sempre o que é para produzir em cada processo.				
d)	Não é preciso questionar o chefe de linha sobre a produção na Pré-Montagem.				
e)	É garantido que as placas vindas da Inserção Automática chegam atempadamente.				
f)	É possível saber, atempadamente, se existem faltas de material da Inserção Automática.				
g)	Só é produzido na pré-montagem o que realmente vai ser necessário nas células da montagem final.				
h)	As células da montagem final não param por falta de material da pré-montagem, devido a erros de planeamento.				
i)	Não existe um constante stress na pré-montagem.				
j)	Sinto-me mais satisfeito com o meu posto de trabalho.				
k)	A constante preocupação sobre o correto planeamento da pré-montagem desapareceu.				
l)	O fluxo produtivo das placas nutzen no CC é sempre conhecido (por que processos passam e sua respetiva sequência).				
m)	É visualmente fácil saber o que está a ser produzido em cada processo.				
n)	Sabe-se sempre qual é a sequência de produção em cada processo.				
o)	A quantidade de stock na secção diminuiu.				
p)	De uma forma geral, este sistema funciona melhor que o anterior.				
					<p>Obrigada! Claudia Tinoco</p>