



Melhoria da Intralogística Numa Empresa Da Indústria Metalomecânica

NUNO MARTINS DE CASTRO LOPES

julho de 2022

MELHORIA DA INTRALOGÍSTICA NUMA EMPRESA DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Nuno Martins de Castro Lopes

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

MELHORIA DA INTRALOGÍSTICA NUMA EMPRESA DA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

Nuno Martins de Castro Lopes

Estudante n.º 1171302

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora no Instituto Superior de Engenharia do Porto, Professora Maria Teresa Pereira, pela sua disponibilidade e dedicação durante o desenvolvimento da dissertação. Do mesmo modo, estou-lhe grato pelos conhecimentos transmitidos ao longo do meu percurso académico.

Ao meu orientador na PROHS, Eng.º Milton Rodrigues, gostaria de agradecer pelo seu apoio e partilha de conhecimento ao longo da dissertação, sem os quais não seria possível concretizar este projeto.

Ao Eng.º Jorge Lima agradeço a oportunidade concedida para a realização deste estágio na PROHS, que me permitiu desenvolver um projeto numa área de interesse pessoal.

Ao David Lima, pela amizade e boa disposição durante a realização da dissertação, facultando a sua ajuda sempre que necessário. Do mesmo modo, agradeço ao Hesam, José Lourenço e José Carreira, assim como aos restantes elementos da PROHS, que contribuíram para a realização deste projeto.

Aos meus pais e ao meu irmão agradeço por sempre demonstrarem o seu apoio incondicional durante esta fase da minha vida e encorajarem as minhas ambições, permitindo-me atingir este objetivo.

À minha namorada Francisca, agradeço por todos os esforços incansáveis e companhia, por me ajudar sempre a superar as dificuldades e me encorajar ao longo de todo o meu percurso académico.

Aos meus amigos, Carla, Telmo e Tiago, agradeço sinceramente toda a amizade e apoio desde o início, assim como todos os momentos e conhecimentos partilhados. Sem vocês esta experiência nunca teria sido igual.

A todos, o meu sincero obrigado.

página propositadamente em branco

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida na empresa PROHS S.A., tendo como principal objetivo a melhoria dos fluxos logísticos internos de material e informação, associados, primariamente, à secção de Serralharia. Deste modo, procedeu-se ao desenvolvimento de um sistema de abastecimento sistemático dos bordos de linha, com o intuito de standardizar este processo e assegurar que o dimensionamento destes locais se encontra ajustado às necessidades de procura atual. No início do estudo, verificou-se que os fatores a ter em conta no abastecimento de referências fabricadas internamente e nas referências adquiridas externamente eram distintos, sendo necessário efetuar o seu estudo separadamente.

No caso das referências internas, constatou-se que para fabricar um esterilizador poderia ser consumida uma unidade (sete referências) ou quatro unidades (duas referências). Sendo assim, procedeu-se a ajustar as quantidades presentes nos contentores dos bordos de linha e nos contentores presentes no Interface (ponto de armazenamento de *stock*), permitindo obter uma quantidade de produção equivalente para todas as referências produzidas internamente, tal como requisitado pela empresa. Para isso, verifica-se que a primeira variante possui oito unidades por contentor, sendo despoletada a produção quando tem dois contentores vazios no Interface, equivalente a 16 unidades. Na segunda variante, cada contentor possui 16 unidades, sendo necessário apenas um contentor vazio para sinalizar um pedido de produção.

Durante este dimensionamento definiu-se que, para cada variante, as quantidades nos contentores do Interface e dos bordos de linha seriam as mesmas, de modo que o novo sistema funcione como um supermercado lean, na medida em que permite a substituição direta de contentores vazios por cheios, sem a necessidade de contar unidades. Adicionalmente, foi necessário contemplar a capacidade de produção da secção de Maquinagem no desenvolvimento do cenário escolhido, tendo-se assegurado que os dias que a secção dispõe entre o pedido de fabrico e a necessidade efetiva de consumo são suficientes para prevenir a ocorrência de ruturas.

Quanto às 36 referências externas em estudo, decidiu-se que o dimensionamento dos bordos de linha seria baseado no intervalo de tempo entre abastecimentos obtido para as referências internas, variando entre uma a três semanas. Assim, com o intuito de reduzir a carga do operador logístico (requisito da empresa), verificou-se que 19 referências (53%) serão reabastecidas a cada três semanas, oito referências (22%) a cada duas semanas e nove (25%) semanalmente. Após a definição do sistema de abastecimento aos bordos de linha, conclui-se que a redução expectável nas distâncias percorridas anualmente deverá ser aproximadamente 54 quilómetros (81%).

No Interface, tendo por base o sistema de dois contentores (*2-bin system*), decidiu-se que deverá ser efetuado um pedido de encomenda quando se retira material do último contentor, que contém uma quantidade equivalente ao Ponto de Encomenda calculado. Para sinalizar este pedido, foram introduzidos *kanbans* nestes contentores, facilitando a gestão do sistema desenvolvido.

Por fim, constata-se uma melhoria ao nível da padronização dos processos logísticos da empresa, envolvendo o abastecimento semanal dos bordos de linha, a sinalização da necessidade de efetuar pedidos de encomenda e o método de organização do Interface.

PALAVRAS-CHAVE

Lean; Reabastecimento; Bordos de Linha; Standardização; Logística Interna; Ponto de Encomenda.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This dissertation was developed in the company PROHS S.A., with the main objective of improving the internal logistical flows of material and information, primarily associated with the Metalworking section. In this way, a systematic supply system for the line-side inventory was developed, in order to standardize this process and ensure that the dimensioning of these locations is adjusted to the needs of current demand. At the beginning of the study, it was found that the factors to be taken into account in the supply of references manufactured internally and in references acquired externally were different, and it was necessary to carry out their study separately.

In the case of references produced within the company, it was found that manufacturing a sterilizer could imply the consumption of one unit (seven references) or four units (two references). Therefore, the quantities present in the containers at the line-side inventory and in the containers present in the Interface (stock storage point) were adjusted, in order to obtain an equivalent production quantity for all references produced internally, as requested by the company. For this, it was defined that the first variant would have eight units per container, and production would be triggered when there are two empty containers in the Interface, equivalent to 16 units. In the second variant, each container would have 16 units, requiring only an empty container to signal a production order.

During this dimensioning it was defined that, for each variant, the quantities in the containers of the Interface and in the containers on the line-side inventory would be the same, so that the new system works like a lean supermarket, being that it allows the direct replacement of empty containers for full containers, without the need to count units. Additionally, it was necessary to consider the production capacity of the Machining section in the development of the chosen scenario, having ensured that the days that the section has between the manufacturing request and the actual consumption need are sufficient to prevent the occurrence of stockouts.

As for the 36 external references under study, it was decided that the dimensioning of the line-side inventory would be based on the time interval between supplies obtained for the internal references, ranging from one to three weeks. Thus, in order to reduce the load on the logistics operator (company requirement), it was found that 19 references (53%) will be replenished every three weeks, eight references (22%) every two weeks and nine (25%) weekly. After defining the supply system to the line-side inventory, it is concluded that the expected reduction in the distances traveled annually should be approximately 54 kilometers (81%).

At the Interface, based on the two-bin system, it was decided that an order should be placed when material is removed from the last container, which contains an amount equivalent to the calculated Reorder Point. To signal this request, kanbans were introduced in these containers, facilitating the management of the developed system.

Finally, there is an improvement in the standardization of the company's logistical processes, involving the weekly supply of the line-side inventory, the signaling of the necessity of placing order requests and the Interface's organization method.

KEYWORDS

Lean; Replenishment; Line-side Inventory; Standardization; Internal logistics; Reorder Point.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Problema De Investigação, Enquadramento e Pertinência	1
1.2. Questão e Objetivos de Investigação	2
1.3. Opções Metodológicas	3
1.4. Apresentação da Empresa	4
1.5. Estrutura do Trabalho.....	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1. Evolução dos Sistemas de Produção	9
2.2. Fundamentos do <i>Lean</i>	10
2.2.1. Kaizen.....	13
2.2.2. PDCA	14
2.2.3. 5S.....	15
2.2.4. Gestão Visual.....	16
2.2.5. Standard Work	17
2.3. Kanban	17
2.3.1. Sistema Kanban de Produção.....	19
2.3.2. Sistema de Kanban de Produção e Transporte	19
2.3.3. Número de Kanbans no Sistema	20
2.3.4. Alternativas ao Sistema de Kanban Tradicional	21
2.3.5. Sistema Dois Contentores (Two-Bin System).....	22
2.4. Logística interna	23
2.4.1. Bordo de Linha	23
2.4.2. Supermercado	25
2.4.3. Mizusumashi / In-Plant Milk-Run	26
2.5. Implementação de Sistemas Milk-Run	27
3. CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE	31
3.1. Descrição do Processo Produtivo	31
3.2. Produtos.....	34
4. LOGÍSTICA INTERNA DA PROHS	39
4.1. Diagnóstico.....	39
4.2. Planeamento da Ação.....	42
4.3. Recolha e Processamento de Dados.....	45
4.4. Método de Reabastecimento – Bordos de Linha	46

5. COMPONENTES DE FABRICO INTERNO – PRIMEIRA ITERAÇÃO	51
5.1. Desenvolvimento e Análise de Cenários.....	51
5.2. Cenário Final.....	65
5.3. Implementação da Ação	71
6. COMPONENTES DE FABRICO EXTERNO – SEGUNDA ITERAÇÃO.....	73
6.1. Sistema de Abastecimento aos Bordos de linha	73
6.2. Definição de Ponto de Encomenda	75
6.3. Métodos de Organização do Interface	78
6.4. Cenário Final.....	87
6.5. Implementação da Ação	89
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
7.1. Apresentação de Resultados.....	97
7.1.1. Primeira Iteração - Referências Internas	97
7.1.2. Segunda Iteração - Referências Externas.....	101
7.1.3. Ponto de Encomenda e Critério de Organização do Interface	103
7.2. Discussão de Resultados.....	105
8. CONCLUSÃO.....	107
8.1. Conclusões Finais.....	107
8.2. Limitações e Investigação Futura	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
Apêndice A – Árvore de Esterilizador Horizontal.....	117
Apêndice B – Árvore Esterilizador Vertical.....	118
Apêndice C – Template Registo de Material nos Bordos de Linha (exemplo)	119
Apêndice D – Template Maquinagem.....	120
Apêndice E – Referências de Fabrico Externo	121
Apêndice F – Dados Cenário 1 (Redução do volume ocupado).....	122
Apêndice G – Combinações de contentores – Comprimento da Estante (Excerto)	123
Apêndice H – Combinações de contentores – Largura da Estante.....	124
Apêndice I – Cenário 1: Redução do volume ocupado	125
Apêndice J – Cenário 2: Organização por código da referência	127
Apêndice K – Cenário 3: Combinações de dois contentores.....	129
Apêndice L – Cenário 4: Combinações de dois contentores iguais (cor efetiva dos contentores).131	
Apêndice M – Instruções de trabalho	133
ANEXO A - Pedido de orçamentação	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Espiral do ciclo investigação-ação (Coghlan & Brannick, 2005)	3
Figura 2 - Esterilizador horizontal e vertical (PROHS, 2021)	5
Figura 3 - Organigrama da PROHS (PROHS, 2021)	6
Figura 4 - Cinco Princípios do <i>Lean</i> (Elaboração Própria).....	12
Figura 5 – Modelo 4P’s da Toyota (Liker, 2004)	13
Figura 6 - Ações associadas a cada passo do ciclo PDCA (adaptado de (Chakraborty, 2016)).	15
Figura 7 - Organização de ferramentas com base na Gestão Visual (FastCap, 2021).....	17
Figura 8 - Sistema com <i>kanban</i> de produção (adaptado de (Kumar & Panneerselvam, 2007)).	19
Figura 9 - Sistema com <i>kanban</i> de produção e transporte, adaptado de Kumar & Panneerselvam, (2007).	20
Figura 10 – Raciocínio associado ao dimensionamento do <i>buffer</i> (Elaboração Própria).....	21
Figura 11 – Métodos de abastecimento dos bordos de linha (Coimbra, 2013).	24
Figura 12 - Sistema de aprovisionamento <i>milk-run</i> (adaptado de (Droste & Deuse, 2012))	27
Figura 13 - <i>Layout</i> do chão de fábrica	31
Figura 14 – Secção de corte e quinagem (Elaboração Própria).....	32
Figura 15 - Secção de Serralharia (Elaboração Própria).....	32
Figura 16 - Secção de Polimento interno (Elaboração Própria).....	33
Figura 17 - Secção de Montagem de Chapa Fina (Elaboração Própria)	33
Figura 18 - Secção de Maquinagem (Elaboração Própria)	33
Figura 19 - Secção de Montagem Elétrica e Pneumática (Elaboração Própria)	34
Figura 20 - Secção de Ensaios (Elaboração Própria)	34
Figura 21 - Árvore do produto para Esterilizador Horizontal em Inox (Elaboração Própria)	36
Figura 22 - Diagrama de Fluxo do Fabrico de Esterilizadores (Elaboração Própria)	37
Figura 23 - Venda de Esterilizadores Horizontais (2019 a 2021) (Elaboração Própria)	39
Figura 24 - Bordos de Linha (Secção de Serralharia) (Elaboração Própria).....	40
Figura 25 - Local de armazenamento (Interface) (Elaboração Própria)	42
Figura 26 - Matriz de Prioridades CEB para os problemas identificados (Elaboração Própria).....	44
Figura 27 - Representação da interligação entre os Problemas 1 e 2 (Elaboração Própria)	44
Figura 28 - Excerto da lista de componentes presentes nos bordos de linha (Elaboração Própria)	46
Figura 29 - Procedimento de reabastecimento de material (Elaboração Própria).....	47
Figura 30 Reabastecimento uma vez por semana (n=1) (Elaboração Própria)	48
Figura 31 - Esquema "Pior Cenário" com um reabastecimento por semana (Elaboração Própria)	48
Figura 32 - Produtos fabricados na secção de Maquinagem (Elaboração Própria).....	51
Figura 33 - Dados do Cenário 1 (Elaboração Própria)	52
Figura 34 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (Cenário 1) (Elaboração Própria) ...	53
Figura 35 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 1) (Elaboração Própria).....	53
Figura 36 - Sistema de Reabastecimento no Interface e Bordo de Linha (Cenário 1) (Elaboração Própria).....	54
Figura 37 - Descrição Cenário 1.1 (Elaboração Própria).....	55
Figura 38 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (Cenário 1.1) (Elaboração Própria)	56
Figura 39 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 1.1) (Elaboração Própria).....	56
Figura 40 - Reabastecimento duas vezes por semana (n=2) (Elaboração Própria)	57

Figura 41 - Dados do Cenário 2 (Elaboração Própria).....	58
Figura 42 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (Cenário 2) (Elaboração Própria) ...	58
Figura 43 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 2) (Elaboração Própria).....	59
Figura 44 - Descrição Cenário 2.1 (Elaboração Própria).....	60
Figura 45 - Descrição Cenário 2.2 (Elaboração Própria).....	61
Figura 46 - Descrição Cenário 2.3 (Elaboração Própria).....	61
Figura 47 - Descrição Cenário 2.4 (Elaboração Própria).....	63
Figura 48 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (1 unidade/Est.) (Elaboração Própria)	63
Figura 49 - Sistema de Reabastecimento no Interface (1 unidade/Est.) (Elaboração Própria)	64
Figura 50 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	64
Figura 51 - Sistema de Reabastecimento no Interface (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	65
Figura 52 - Resumo Cenários 1.1 e 2.4 (Elaboração Própria)	65
Figura 53 - Análise Geral dos Cenários (1 unidade/esterilizador) (Elaboração Própria).....	66
Figura 54 - Valores de <i>stock</i> no Interface (Elaboração Própria)	66
Figura 55 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (1 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	67
Figura 56 - Análise Geral dos Cenários (4 unidades/esterilizador) (Elaboração Própria)	67
Figura 57 - Sistema de Reabastecimento nos Interface (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	68
Figura 58 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	68
Figura 59 - Tempo de produção das referências internas (Elaboração Própria).....	70
Figura 60 – Resultados da análise de capacidade da Secção de Maquinagem (Elaboração Própria)	70
Figura 61 - Etiquetas de componente de fabrico interno (Elaboração Própria)	71
Figura 62 - Componentes de fabrico interno no Interface (1ª prateleira) (Elaboração Própria)	72
Figura 63 – Tempo entre abastecimentos de componentes externos aos bordos de linha (Elaboração Própria).....	74
Figura 64 – Abastecimento semanal de Bordos de Linha - Referências Externas (Elaboração Própria)	74
Figura 65 - Quantidade reabastecida semanalmente para duas referências diferentes (Elaboração Própria).....	75
Figura 66 - Dados para cálculo do Ponto de Encomenda (Elaboração Própria)	77
Figura 67 - Tipo e quantidade total de contentores necessários (Elaboração Própria).....	77
Figura 68 - Primeira estante do Interface (Elaboração Própria).....	78
Figura 69 – Dimensões da 1ª estante do Interface - vista frontal (esquerda) e vista de cima (direita) (Elaboração Própria)	79
Figura 70 - Ilustração das combinações de contentores na estante (Elaboração Própria).....	80
Figura 71 - Contentores associados ao Ponto de Encomenda (Exemplo) (Elaboração Própria)	80
Figura 72 - Ilustração das combinações consideradas para o Cenário 1 (Elaboração Própria).....	81
Figura 73 - Possibilidades de abastecimento para cada combinação (Vista de cima) (Elaboração Própria).....	81
Figura 74 – Armazenamento de referências de fabrico interno (Vista lateral) (Elaboração Própria)	82

Figura 75 - Resultados do Cenário 1 (Elaboração Própria).....	82
Figura 76 - Vantagens e desvantagens do Cenário 1 (Elaboração Própria)	83
Figura 77 - Resultados do Cenário 2 (Elaboração Própria).....	84
Figura 78 - Vantagens e desvantagens do Cenário 2 (Elaboração Própria)	85
Figura 79 - Resultados do Cenário 3 (Elaboração Própria).....	86
Figura 80 - Vantagens e desvantagens do Cenário 3 (Elaboração Própria)	86
Figura 81 - Disposição final das referências nas estantes (Cenário 4) (Elaboração Própria)	87
Figura 82 - Resultados do Cenário 4 (Elaboração Própria).....	88
Figura 83 - Vantagens e desvantagens do Cenário 4 (Elaboração Própria)	88
Figura 84 - Etiqueta de componente de fabrico Externo (Elaboração Própria)	89
Figura 85 - Caixa <i>kanban</i> "COMPRAS" (Elaboração Própria).....	90
Figura 86 - Caixa <i>kanban</i> para "Receção de Mercadoria" (Elaboração Própria)	90
Figura 87 - <i>Kanban</i> para referências externas (Elaboração Própria)	91
Figura 88 - Material armazenado fora das Estantes (Elaboração Própria)	92
Figura 89 - Contentores com excesso de material (Elaboração Própria).....	92
Figura 90 - 1ª Estante do Interface (esquerda) e nova estante (direita) (Elaboração Própria).....	93
Figura 91 - Estantes no Interface após processo de implementação (Elaboração Própria).....	94
Figura 92 – Aspeto final da 1ª Estante e 4ª estante do Interface (Elaboração Própria)	94
Figura 93 - Interface antes (esquerda) e depois (direita) da fase de implementação (Elaboração Própria).....	95
Figura 94 - Resumo de cenários com reabastecimento semanal (Elaboração Própria)	97
Figura 95 - Resumo de cenários baseados no reabastecimento duas vezes por semana (Elaboração Própria).....	98
Figura 96 - Sistema de Reabastecimento - Bordos de Linha (1 unidade/Est. e 4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)	100
Figura 97 - Sistema de Reabastecimento - Interface (1 unidade/Est. e 4 unidades/Est.) (Elaboração Própria).....	100
Figura 98 – Resultados do sistema de abastecimento para referências externas (Elaboração Própria)	101
Figura 99 - Análise distâncias percorridas atualmente (Elaboração Própria)	102
Figura 100 - Análise de distâncias percorridas nos cenários dimensionados (Elaboração Própria)	102
Figura 101 - Resultados dos cenários - reorganização do Interface (Elaboração Própria)	104

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno (Sivaraman et al., 2020)	11
Tabela 2 - Fases de implementação da metodologia 5S (Imai, 2012; Liker, 2004).....	15
Tabela 3 - Produtos Fabricados na PROHS (Elaboração Própria)	34
Tabela 4 - Produtos comercializados pela PROHS (Elaboração Própria).....	35
Tabela 5 - Problemas identificados na PROHS (Elaboração Própria)	43
Tabela 6 - Propostas de solução para os problemas detetados (Elaboração Própria)	43
Tabela 7 - <i>Stock</i> médio no Cenário 1.1 e Cenário 2.4 (Elaboração Própria).....	69
Tabela 8 – Vantagens do Cenário 2.4 (Elaboração Própria)	70
Tabela 9 - Dimensões dos contentores disponíveis (Elaboração Própria)	79
Tabela 10 - Número de referências nas prateleiras em estudo (Elaboração Própria).....	91
Tabela 11 - Vantagens do Cenário 2.4 (comparação com cenário 1.1) (Elaboração Própria).....	99
Tabela 12 - Resultados do Cenário 2.4 (Elaboração Própria)	99

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

AIMMAP	Associação Dos Industriais Metalúrgicos Metalomecânicos E Afins De Portugal
BL	Bordo de Linha
CEB	Custo, Esforço e Benefício
ERP	Enterprise Resource Planning
FIFO	First In First Out
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	Just-In-Time
OF	Ordem de Fabrico
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
PE	Ponto de Encomenda
PT	Posto de Trabalho
ROP	Reorder Point
TPS	Toyota Production System
WIP	Work-in-progress

Lista de Símbolos

%	Percentagem
α	Fator de Segurança

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é efetuada uma breve contextualização dos conteúdos abordados ao longo da dissertação, sendo apresentado o propósito do trabalho e os objetivos que se pretendem alcançar. Primeiramente, descreve-se o âmbito do desenvolvimento do trabalho, assim como uma visão geral do estado atual do setor de atuação. Do mesmo modo, descrevem-se as principais dificuldades apresentadas pela empresa, associadas aos processos de logística interna, permitindo definir os objetivos do projeto. De seguida, é abordada a metodologia utilizada para a elaboração do relatório, descrevendo a forma como serão tomadas ações de modo a atingir os objetivos pretendidos. Por último, é realizada uma apresentação da empresa, seguindo-se a descrição da estrutura da dissertação.

1.1. Problema De Investigação, Enquadramento e Pertinência

No atual panorama competitivo em que as empresas operam, verifica-se uma constante necessidade de adaptação ao crescente nível de exigência da procura, adicionando novos níveis de complexidade para satisfazer as especificidades individuais de cada cliente (Packowski, 2013). Do mesmo modo, é crucial que as organizações detenham a capacidade de lidar com a volatilidade dos mercados e a variabilidade associada não só aos seus processos internos, mas também externamente ao nível das cadeias de abastecimento (Germain et al., 2008).

De acordo com Larguesa (2020), o setor da Metalurgia e da Metalomecânica tem um enorme impacto a nível nacional, sendo o setor português com maior contribuição para as exportações. Nos últimos anos, tem vindo a registar novos recordes em termos de valor absoluto de vendas ao exterior, sendo que em 2017 consolidou o valor de 16,4 mil milhões de euros, estando presente em 202 mercados. O principal mercado é a União Europeia com 77 por cento do valor das exportações, destacando-se a importância da Espanha (23%), Alemanha (16%), França (15%), Reino Unido (8%) e Itália (3%) (AICEP, 2018). Em 2019, registando um total de 15 mil empresas e empregando cerca de 250 mil pessoas, o setor atingiu um novo recorde de vendas no total de 19,59 mil milhões de euros.

O setor tem sido alvo de flutuações consecutivas nos últimos anos, reflexo das consequências da pandemia associadas à Covid-19 e da incerteza criada pela recente saída do Reino Unido da União Europeia ("Brexit"), justificando-se um decréscimo de 12,7% no valor das exportações entre 2019 e 2020, para o valor de 17,1 mil milhões de euros (Agência Lusa, 2021). De salientar que se tem verificado uma recuperação surpreendente na segunda metade de 2020, sendo que a mesma fonte afirma que "a partir de agosto [o setor] conseguiu recuperar para terreno positivo, tendo registado depois disso três dos melhores cinco meses de sempre nas exportações, sendo um destes o melhor mês de sempre (outubro de 2020)" (Agência Lusa, 2021, para. 5).

Neste contexto, surge o atual projeto de estágio na empresa PROHS S.A., uma PME que atua no sector metalomecânico, mais concretamente no desenvolvimento e fabrico de equipamento hospitalar, laboratorial e veterinário, focada na área da desinfeção e esterilização (PROHS, 2021). Atualmente, a empresa apresenta dificuldades em estabelecer um fluxo produtivo contínuo devido a irregularidades que advêm da inexistência de métodos sistematizados para proceder ao reabastecimento dos bordos de linha e do material de *picking* manual. Como

consequência, é possível constatar a falta de material nos postos de trabalho e, em certos casos, rutura efetiva de *stock* em armazém, resultando em atrasos na entrega de encomendas, assim como desperdícios de movimentação por parte dos colaboradores devido a deslocamentos repetitivos e muitas vezes desnecessários. Estes problemas são bastante comuns nas indústrias de fabrico, verificando-se melhorias com a implementação de metodologias *Lean* na utilização de ferramentas como *kanban*, *standard work*, sistemas *pull*, 5S e sistemas *milk-run* (Caballero-Barrera et al., 2019; Mukhopadhyay & Shanker, 2005; Papalexi et al., 2016).

A empresa produz segundo uma estratégia de *Make-to-Order*, caracterizada pelo reduzido volume e elevada variabilidade de procura (King, 2019), situação que se torna mais complexa devido à enorme variedade de equipamentos que a empresa comercializa e à dificuldade em realizar previsões de procura, resultando numa falta de sincronismo entre a produção e o *stock* presente nos bordos de linha. Atualmente, estes encontram-se dimensionados de forma estática para um número fixo de equipamentos, podendo não se ajustar ao que se encontra em fabrico no momento. A evolução da procura para novos mercados de diferentes setores tem aumentado a complexidade de estabelecer uma configuração *standard* de material nestes locais.

Adicionalmente, a disseminação do coronavírus tem criado impactos acentuados nas cadeias de abastecimento a nível global (Ivanov, 2020; Queiroz et al., 2020), obrigando à paragem de linhas produtivas devido à rutura de matéria-prima, especialmente semicondutores. Simultaneamente, esta situação tem contribuído para um agravamento nos processos de gestão logística na empresa, tornando necessário um aumento considerável do valor de *stocks*.

A literatura sobre os casos de sucesso da implementação de ferramentas *Lean* é extensa, demonstrando a sua capacidade de impactar diretamente indicadores financeiros e operacionais, associados à qualidade, produtividade, redução de *stocks*, *lead time* e *cycle time* (Belekoukias et al., 2014; Fullerton & Wempe, 2009; Hofer et al., 2012; Shah & Ward, 2003; Valente et al., 2019). No entanto, verifica-se uma escassez de informação no que diz respeito à implementação destas ferramentas no contexto de PMEs do setor da metalomecânica. Neste sentido, pretende-se que o presente trabalho demonstre o potencial e aplicabilidade de metodologias *Lean* neste setor, assim como de ferramentas de melhoria contínua, através dos resultados obtidos como resposta aos problemas apresentados na PROHS.

1.2. Questão e Objetivos de Investigação

Considerando o problema de investigação apresentado, o foco do presente trabalho é a melhoria da intralogística da PROHS, associada ao fluxo de materiais e bens que suportam as operações no interior da empresa, envolvendo diversos processos como armazenagem, controlo de *stocks*, automação e sistemas de informação (Burganova et al., 2021). Deste modo, formula-se a seguinte questão de investigação: Como é que a implementação de estratégias de reabastecimento, ferramentas de melhoria contínua e *Lean* contribui para assegurar o reaprovisionamento sistemático dos bordos de linha (BL) e ajustar o *stock* às necessidades da procura?

Com o intuito de dar resposta à questão de investigação, define-se o objetivo geral: melhorar os processos de logística interna associados ao dimensionamento e reabastecimento dos bordos de linha.

Os objetivos específicos que promovem a concretização do objetivo global são os seguintes:

- Avaliar o estado atual dos bordos de linha (BL) e processos associados ao respetivo reabastecimento;
- Estudar as necessidades de componentes nos BL;
- Implementar alterações nos BL, de acordo com o dimensionamento efetuado no estudo de necessidades;
- Estudar o processo de reabastecimento e selecionar ferramentas *Lean* adequadas para a sua implementação;
- Utilizar ferramentas de gestão visual, de modo a auxiliar os colaboradores na identificação da localização de material no armazém e detetar a necessidade de realizar encomendas;
- Avaliar os resultados obtidos, verificando se o dimensionamento dos BL e respetivo aprovisionamento apresentam as melhorias esperadas.

1.3. Opções Metodológicas

Para a seleção da metodologia que servirá de suporte à dissertação é necessário ter em conta o contexto prático do projeto, envolvendo a melhoria dos processos de intralogística, através de iterações consecutivas de investigação e sucessiva implementação de ações.

Sendo assim, optou-se pela investigação-ação, que consiste numa metodologia que recorre à recolha sistemática de dados, sejam quantitativos, qualitativos ou ambos, de modo a abordar um assunto prático e específico, com o propósito de obter uma solução para o problema e implementar alterações com base nas descobertas efetuadas (Creswell, 2012).

Coghlan e Brannick (2005) propuseram um modelo de investigação-ação iterativo, que compreende um passo preliminar no qual se intenciona compreender o contexto e propósito do projeto, seguido de quatro fases, nomeadamente, diagnóstico, planeamento da ação, implementação da ação e avaliação da ação. Estes passos constituem um ciclo que se repete continuamente e de forma iterativa, sendo que cada projeto de investigação-ação compreende múltiplos ciclos ocorrendo em simultâneo, tal como pode ser visto na Figura 1.

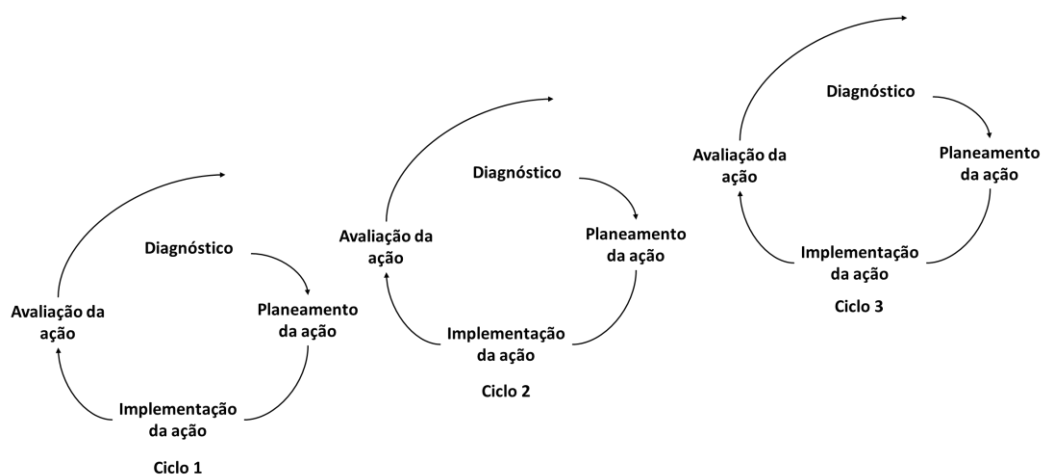


Figura 1 - Espiral do ciclo investigação-ação (Coghlan & Brannick, 2005)

A escolha da investigação-ação como metodologia de suporte à dissertação deve-se à sua adequação ao carácter prático do projeto. Em primeiro lugar, a investigação-ação tem como ideia central a utilização de uma abordagem científica para estudar a resolução de problemas de carácter organizacional ou social, juntamente com os intervenientes que experienciam os problemas diretamente (Coughlan & Coughlan, 2002). Adicionalmente, a metodologia apresenta um carácter colaborativo, sendo que os membros do sistema são participantes ativos no estudo, contribuindo no processo de aprendizagem e implementação de mudanças (Schmuck, 2009). Por último, consiste num método de investigação em simultâneo com a ação, com o objetivo de tornar as ações mais eficazes à medida que se desenvolve conhecimento científico em paralelo.

Deste modo, começa-se pela identificação dos problemas que estão na base da dissertação, como o dimensionamento dos bordos de linha de forma desajustada à procura atual e a falta de processos de abastecimento *standard* para assegurar as necessidades dos postos de trabalho. No primeiro caso, percorrendo os quatro passos da metodologia para cada problema, começa-se por realizar um **diagnóstico** ao estado atual, permitindo compreender quais os componentes presentes nos bordos de linha e em que quantidades, sendo de seguida averiguado se existem produtos que têm registado ruturas de *stock* frequentes. No **planeamento da ação** procede-se a definir as ferramentas que serão utilizadas para reduzir o número de ruturas e, se for o caso, reduzir a variedade de componentes presentes nos bordos de linha, devido à sua diminuta utilização não justificar a ocupação constante de espaço nos BL. No passo seguinte efetua-se a **implementação** das medidas estudadas, sendo posteriormente realizada uma **avaliação** aos resultados obtidos. As ações que obtiverem melhorias são standardizadas, sendo que as restantes devem ser revistas e, se necessário, deve-se retroceder e aperfeiçoar o planeamento no ciclo seguinte.

No caso do processo de reabastecimento o procedimento é semelhante, começando por se verificar os métodos utilizados atualmente. Dada a falta de organização, procede-se ao estudo das rotas a realizar e à respetiva periodicidade, assim como à definição do sistema responsável pela sinalização do material, e respetivas quantidades, que deve ser abastecido em cada percurso. O próximo passo do ciclo consiste na implementação das ações associadas à fase de planeamento, sendo depois necessário realizar um acompanhamento detalhado de modo a verificar se as alterações realizadas ao sistema de abastecimento de materiais produzem os resultados esperados.

1.4. Apresentação da Empresa

Neste subcapítulo procede-se a uma breve apresentação da empresa, com o propósito de fornecer contextualização sobre a atividade da organização que permitiu desenvolver a presente dissertação.

A PROHS é uma empresa especializada na área de desinfeção e esterilização, dedicando-se ao desenvolvimento e fabrico de equipamento hospitalar e laboratorial. Fundada em 2000, como resultado de um processo estratégico de modernização e renovação de imagem da JSM – José dos Santos Monteiro Lda., a empresa adotou o objetivo de iniciar uma nova estratégia de expansão para o mercado internacional (PROHS, 2021).

Assim, em 2004 começou por marcar presença na Feira Internacional de Luanda, demonstrando o seu interesse em investir nos países pertencentes aos PALOP, com principal ênfase em Angola e Moçambique. O próximo marco no processo de internacionalização foi a sua

participação na maior feira mundial do sector da saúde, MEDICA em Dusseldorf, permitindo uma maior exposição da marca e a aquisição de clientes provenientes de novos mercados. Atualmente, aliada a mais de 50 anos de experiência acumulada, a rede de distribuição da PROHS compreende mais de 50 países, englobando parceiros locais nos 5 continentes. Com o crescimento adquirido ao longo dos anos, a empresa necessitou de investir em instalações de maior dimensão em 2008, possibilitando a modernização do espaço de trabalho e adequando-o às necessidades de procura emergente. Estas instalações encontram-se na Zona Industrial da Maia, onde se realiza o presente projeto de estágio.

A vantagem competitiva da empresa reside na sua flexibilidade perante as exigências dos clientes, oferecendo uma gama de produtos bastante variada e personalizável. Para além da variedade de oferta relativamente aos equipamentos que comercializa, existe também uma grande variedade de componentes que podem ser alterados, sejam por questões de preferência de material utilizado, dimensão ou funcionalidade. Estes fatores permitem atrair uma quota de mercado que valoriza este tipo de especialização, às custas de uma maior complexidade na gestão e conseqüente fabrico destes artigos.

Em termos de estratégia de produção, considera-se ser do tipo *Make-to-Order*, tendo em conta a elevada variedade de oferta e reduzido volume de produção que a caracteriza, levando a empresa a produzir apenas quando são efetuadas encomendas. O principal foco da PROHS incide no fabrico de esterilizadores horizontais e verticais, presentes na Figura 2, tendo em conta que constituem os produtos com maior contribuição financeira para a organização.



Figura 2 - Esterilizador horizontal e vertical (PROHS, 2021)

A empresa dispõe de técnicos especializados que acompanham os projetos desde a fase de conceção até à sua conclusão, fornecendo soluções completas e devidamente testadas. Na prestação deste serviço, a empresa comercializa outros produtos como máquinas de lavar e desinfetar instrumentos, geradores a vapor, cestos e bancadas de trabalho, entre outros artigos. De seguida, na Figura 3 apresenta-se o organograma da empresa, de modo a permitir uma melhor compreensão da respetiva estrutura organizacional.

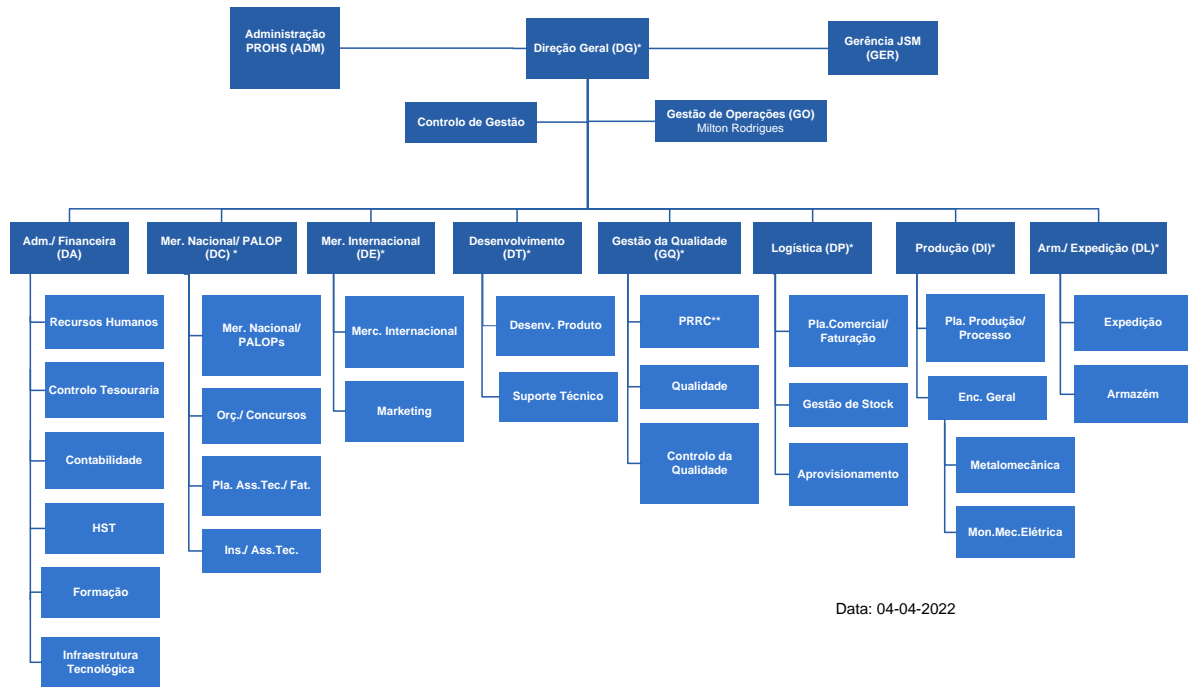


Figura 3 - Organograma da PROHS (PROHS, 2021)

1.5. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em oito capítulos, sendo que o primeiro começa com uma introdução ao tema do projeto, através da descrição do setor de atuação e contextualização das problemáticas experienciadas pela empresa. Posteriormente, serão também apresentados os objetivos de investigação e realizada uma descrição da metodologia escolhida para o desenvolvimento da dissertação, terminando com uma breve apresentação da empresa.

No segundo capítulo, será realizada uma exposição teórica dos temas mais relevantes para o projeto. Sendo assim, descreve-se a evolução dos sistemas de produção, seguida da apresentação de um conjunto de técnicas e ferramentas da metodologia *Lean* associadas à temática abordada.

No terceiro capítulo começa-se por estudar o processo de fabrico, no sentido de compreender as operações necessárias para realizar a produção de esterilizadores, assim como o fluxo de materiais aos postos de trabalho, responsáveis por auxiliar as atividades primárias de fabrico.

No quarto capítulo realiza-se um mapeamento do estado atual, com o objetivo de identificar os principais problemas na empresa, enquadrados no âmbito da dissertação, e avaliar a sua prioridade. Neste sentido, será possível intervir nos que apresentam uma maior urgência, sendo realizada uma proposta de solução para cada problema. Neste capítulo também se formula o raciocínio que servirá de base para o desenvolvimento do sistema de abastecimento dos bordos de linha.

No quinto capítulo são apresentadas as sucessivas iterações que permitem definir um sistema de reaprovisionamento adequado para as referências de fabrico interno, assim como o respetivo processo de implementação.

No sexto capítulo procede-se à definição do método de reaprovisionamento dos bordos de linha para referências adquiridas externamente. Após a seleção do cenário mais adequado, define-se um critério de organização do Interface, permitindo efetuar a atribuição de uma posição específica de armazenamento para cada referência. Do mesmo modo, é definido um Ponto de Encomenda e explicado o seu funcionamento, em conjunto com a utilização de *kanbans*, sendo posteriormente explicado o processo de implementação.

No sétimo capítulo realiza-se uma apresentação sucinta dos resultados, permitindo compreender o impacto associado às soluções desenvolvidas. Do mesmo modo, demonstram-se as vantagens obtidas em relação ao estado atual da empresa.

Por fim, é efetuada uma conclusão que permite uma análise crítica dos resultados obtidos em cada umas das soluções desenvolvidas, demonstrando como foi possível ultrapassar as dificuldades experienciadas e dar resposta aos problemas identificados. Além disso, abordaram-se alguns tópicos para trabalhos futuros, de maneira a dar continuidade ao trabalho desenvolvido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma exposição teórica da literatura relativa aos conceitos de maior relevância no âmbito da dissertação, servindo de suporte à componente prática do projeto. Sendo assim, começa-se por realizar uma contextualização relativamente à evolução dos sistemas de produção, permitindo compreender os principais eventos responsáveis pelo desenvolvimento da filosofia *Lean*. De seguida, apresentam-se os elementos fundamentais do *Lean*, constituídos pelas técnicas e ferramentas que servem de base à sua implementação. A ferramenta *kanban* é analisada devido ao seu elevado contributo na melhoria do fluxo produtivo e redução de *work-in-progress* no sistema. As tarefas que constituem a logística interna, ou intralogística, são abordadas, juntamente com alguns conceitos associados à sua gestão e consequente melhoria, como a utilização de bordos de linha, supermercados e sistemas *milk-run*, sendo concluído o capítulo com uma revisão sobre abordagens de diversos autores que desenvolveram soluções para dar resposta aos desafios presentes na adoção de sistemas de abastecimento interno.

2.1. Evolução dos Sistemas de Produção

No início do século 20, Henry Ford tornou-se responsável por uma mudança significativamente disruptiva na indústria, introduzindo assim um novo sistema de produção, denominado produção em massa. Para isso, desenvolveu linhas de montagem que incorporavam correias transportadoras, de modo que o trabalho se deslocasse até ao trabalhador, e não o contrário, respeitando assim o que denominou de dois princípios básicos de eficiência dos movimentos: nenhum trabalho deve forçar o colaborador a dar mais do que um passo numa direção ou à necessidade de se dobrar (Levinson et al., 2013). Simultaneamente, Ford contratou Frederick Taylor que procedeu à subdivisão do trabalho em elementos *standard*, sendo estes realizados de forma repetitiva e por trabalhadores altamente especializados nas tarefas, seguindo os princípios da Teoria de Administração Científica (Tomac et al., 2019). Com estas implementações e sucessivas melhorias, foi possível reduzir o tempo de produção de um automóvel de 12 horas e 28 minutos para 1 hora e 33 minutos. O modelo responsável pelo sucesso impressionante da empresa foi o Model T, denominado por Henry Ford como o “carro universal”, sendo que no final de 1913 a sua popularidade permitiu que metade dos carros produzidos nos Estados Unidos pertencessem à Ford (Hindle, 2008).

Segundo Womack (1990), o segredo para a produção em massa destes veículos assentava na permutabilidade de componentes e na simplicidade com que se realizava a sua montagem. Apesar do sucesso no desenvolvimento do sistema de produção em massa, a insistência de Henry Ford em manter a uniformidade dos componentes do Model T, impedindo a existência de diversidade, foi um dos principais motivos que levaram à perda de competitividade e, consequentemente, à decisão de descontinuar a produção do Model T, em 1927.

A próxima revolução nos sistemas de produção viria a acontecer apenas nos anos 50, depois da segunda guerra mundial, com a criação do Toyota Production System. Após visitarem os Estados Unidos e observarem o sistema de produção em massa da Ford, os líderes da Toyota verificaram a existência de enormes desperdícios, associados em grande parte à metodologia recompensar manter os seus colaboradores permanentemente ocupados e promover a produção incessante de produtos, mesmo que possuíssem qualidade inferior.

Apesar da redução de custos unitários, as condições de negócio da Ford eram completamente diferentes da Toyota, recorrendo a economias de escala e grandes equipamentos para produzir o máximo número de peças possível, sendo o mercado pós-guerra japonês de muito menor dimensão e inadequado para a aplicação dos mesmos princípios (Liker, 2004). Adicionalmente, o Japão sofria de uma falta de recursos naturais, necessitando de importar grande parte dos seus materiais, o que levou a adquirirem uma enorme capacidade de tirar o máximo proveito dos recursos escassos que possuíam. Por este motivo, os líderes da Toyota desenvolveram o que viria a ser conhecido como Toyota Production System, uma filosofia com o principal objetivo de reduzir todos os desperdícios, de modo a estabelecer os métodos mais eficientes de produção e obter o melhor rendimento possível das capacidades dos seus recursos humanos (Sugimori et al., 1977). A redução de custos através da eliminação de desperdícios era conseguida, essencialmente, com práticas desenvolvidas por Taiichi Ohno como a autonomia, que intencionava introduzir mecanismos nos equipamentos que previnem a continuação da produção em caso de ocorrência de defeitos, e a produção *just-in-time* (JIT), que pretendia assegurar o fluxo dos processos, através do abastecimento de componentes à linha de montagem apenas no momento e nas quantidades em que seriam necessários (Ohno, 1988). No entanto, apenas no início dos anos 70 é que o sistema começou a ganhar notoriedade, quando a Toyota prosperava e mantinha a sua rentabilidade durante um período de recessão vivida no Japão, causada pela crise petrolífera, que levou as empresas a enfrentarem sérias dificuldades para manter a sua atividade.

Segundo Lander e Liker (2007), um novo paradigma nos sistemas de produção viria a acontecer apenas no início da década de 90, com a introdução ao mercado ocidental do termo “Lean” no livro “The Machine that Changed the World”, baseando-se nas práticas do modelo TPS. A produção é denominada *Lean Manufacturing* visto que, de acordo com Womack et al. (1990, p. 13), “it uses less of everything compared with mass production – half the human effort in the factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time”. Esta transição nos sistemas de produção advém de uma mudança de mentalidades, visto que enquanto a produção em massa permitia a existência de um determinado número de defeitos e *stocks* elevados para a obtenção de custos unitários mais reduzidos, o *Lean* promove a melhoria contínua tendo como meta final a perfeição, obtendo zero defeitos, zero inventários e uma vasta oferta de produtos.

2.2. Fundamentos do *Lean*

O *Lean* consiste numa abordagem de longo prazo que visa a eliminação de desperdícios e ineficiências de forma sistemática, de modo a estabelecer um fluxo contínuo nos processos e acrescentar valor para o cliente (Yamamoto et al., 2019). De acordo com Shah e Ward (2003), o *Lean Manufacturing* envolve uma elevada variedade de práticas de gestão que funcionam como um sistema integrado, incluindo *just-in-time*, sistemas de qualidade, equipas de trabalho, células flexíveis de fabrico e a gestão de fornecedores. Assim, é destacado que o elemento que lhe confere o seu verdadeiro impacto reside na forma sinérgica como as práticas se complementam, formando um sistema capaz de produzir de acordo com o ritmo da procura e minimizando a criação de desperdícios. Womack et al. (2007) reforça a ideia de que a aplicação individual de ferramentas é um dos principais erros na implementação de *Lean* nas organizações, sendo necessária uma aplicação holística e integrada das suas práticas.

Considerando o ênfase dado à eliminação de *Muda*, palavra japonesa para desperdício, na Tabela 1 começa-se por apresentar os sete tipos de desperdício identificados por Taiichi Ohno, um dos principais responsáveis no desenvolvimento do *Toyota Production System*.

Tabela 1 – Sete desperdícios identificados por Taiichi Ohno (Sivaraman et al., 2020)

Desperdício	Descrição
Sobreprodução	Representa a produção acima da quantidade requisitada pelo cliente ou antes da data necessária, ocupando espaço desnecessariamente e aumentando o risco de obsolescência. Possui um elevado impacto visto dar origem a muitos dos restantes desperdícios.
Transportes	Relacionado com todas as deslocações, visto serem atividades que não acrescentam valor para o produto e, portanto, devem ser eliminadas. A inadequação do espaço de trabalho ao processo é um dos principais responsáveis.
Stock	Excesso de inventário, como matéria-prima, <i>work-in-progress</i> (WIP) ou produto acabado, constituindo custos financeiros “presos” no chão de fábrica, elevada ocupação de espaço e aumento no número de defeitos.
Defeitos	Produtos não conformes, originando atrasos, aumentos nos custos de produção, consumo excessivo de matéria-prima e de recursos humanos, contribuindo para os restantes desperdícios.
Movimentações	Engloba todas os movimentos desnecessários dos colaboradores que não acrescentem valor ao produto, como procura por ferramentas ou deslocamentos na execução de tarefas devido ao incorreto dimensionamento dos postos de trabalho.
Sobre processamento	Consiste na realização de tarefas que o cliente não percebe como valor acrescentado, como a realização de processos complexos aplicados a produtos de menor exigência. Resulta diversas vezes de falta de <i>standardização</i> de operações.
Tempo de Espera	Representa todos os desperdícios de tempo no processo laboral, como <i>bottlenecks</i> nos equipamentos ou balanceamento inadequado dos postos de trabalho, impedindo o fluxo contínuo de produção e reduzindo a eficiência dos postos de trabalho.

De acordo com Womack e Jones (2003), o *Lean Thinking* constitui uma forma eficaz de eliminar os diversos tipos de *Muda*, permitindo definir a melhor sequência de ações que promove a aquisição de valor, efetuando atividades de forma contínua e aumentando consecutivamente a sua eficácia. Assim, os autores descrevem que a implementação da metodologia tem por base a aplicação de cinco princípios:

- 1) **Especificação de valor** - apenas pode ser definido pelo cliente final, correspondendo às suas expectativas em termos de preço, qualidade e entrega no momento especificado;
- 2) **Identificação da cadeia de valor** – determinar todos os intervenientes que estabelecem o fluxo de valor, seja a montante ou a jusante, de modo a promover produtos ou serviços que satisfaçam as necessidades do mercado com o mínimo de desperdício possível;
- 3) **Criação de fluxo** - Estabelecer um fluxo contínuo de todas as atividades que acrescentam valor, realizando uma transição do raciocínio de produção em lotes elevados, que implicam tempos de espera extensos, para uma produção em menores quantidades, resultando numa redução do *lead time* e conferindo flexibilidade aos sistemas de produção;

- 4) **Permitir que o cliente “puxe” valor da fonte** – um sistema de fabrico *pull* que apenas produza de acordo com encomendas efetivas de clientes, permitindo reduzir drasticamente o tempo entre a produção e entrega, assim como a necessidade de inventários e a velocidade de retorno de investimento;
- 5) **Procura incessante da perfeição** – implementação sistemática de melhorias com vista a reduzir o esforço, tempo, espaço, custo e erros presentes em todas as atividades que visam fornecer o máximo de valor para o cliente. Esta mensagem pode ser descrita através das palavras de Henry Ford:

Negócios que crescem por desenvolvimento e melhoria não morrem. Mas quando um negócio deixa de ser criativo, quando acredita que atingiu a perfeição e não precisa de fazer nada além de produzir - nenhuma melhoria, nenhum desenvolvimento - está condenado. (Ford News, 1922, como citado em Forbes, 2015)

Na Figura 4 encontram-se presentes algumas características adicionais, associadas aos cinco princípios do *Lean*.

Especificação de valor	Fundamental no reconhecimento das características valorizadas pelo cliente, permitindo detetar processos ou materiais desnecessários e passíveis de serem removidos.
Identificação da cadeia de valor	Demonstra a importância do Lean Thinking, reforçando a perspetiva da metodologia ser aplicada como um sistema integrado, de modo que todos os elementos da cadeia de valor beneficiem de vantagens competitivas em vez de uma visão reducionista, centrada apenas na melhoria local.
Criação de Fluxo	Influência de Taiichi Ohno e Shigeo Shingo no desenvolvimento de técnicas de rápida adaptação de ferramentas e redução de tempos de setup (SMED) foi particularmente importante para impor um fluxo contínuo no fabrico de pequenos lote.
Cliente “puxa” a procura	Utilização de produção “pull” para assegurar a produção e abastecimento de produtos apenas quando requisitado pelo cliente, reduzindo significativamente a dependência por métodos de previsão para despoletar os processos de fabrico.
Procura pela perfeição	Permite um aumento da visibilidade ao longo da cadeia de valor, sendo esta transparência fundamental para eliminar atividades sem valor presentes nos diversos links da cadeia, desde operadores, clientes, fornecedores e outras entidades externas à organização.

Figura 4 - Cinco Princípios do *Lean* (Elaboração Própria)

A evolução do *Lean* permitiu expandir a aplicação dos seus princípios para além do chão de fábrica e da simples utilização das suas técnicas e ferramentas, tornando-se uma filosofia de gestão que coloca ênfase na redução sistemática de custos e eliminação de todas as fontes de variabilidade (Smart, 2013).

Dada a abrangência associada à sua aplicação, verificam-se algumas diferenças na sua descrição por parte de diversos autores. De um ponto de vista prático, Arlbjörn e Freytag (2013) sugerem a divisão de *Lean* em três níveis, sendo o primeiro nível referente ao nível operacional de aplicação de técnicas e ferramentas *Lean*. No segundo nível, encontram-se os cinco princípios anteriormente referidos que constituem o centro da *Lean production*, estabelecendo passos sequenciais que auxiliam e permitem manter o foco ao longo da implementação. Por último, o terceiro nível evidencia os elementos fundamentais da metodologia, focada na redução de desperdícios e, simultaneamente, acrescentando valor para o cliente.

Do ponto de vista organizacional, Liker (2004) apresenta o modelo 4P, afirmando que a maioria das organizações se encontra na fase de aplicar as ferramentas e técnicas do *Lean*, singularmente, correspondendo ao que denomina nível de Processos, e que sem a adoção dos restantes 3Ps a melhoria de *performance* encontra-se consideravelmente limitada. O modelo encontra-se descrito na Figura 5, juntamente com os 14 princípios que guiam a Toyota na sua cultura de constante melhoria de qualidade e eficiência.

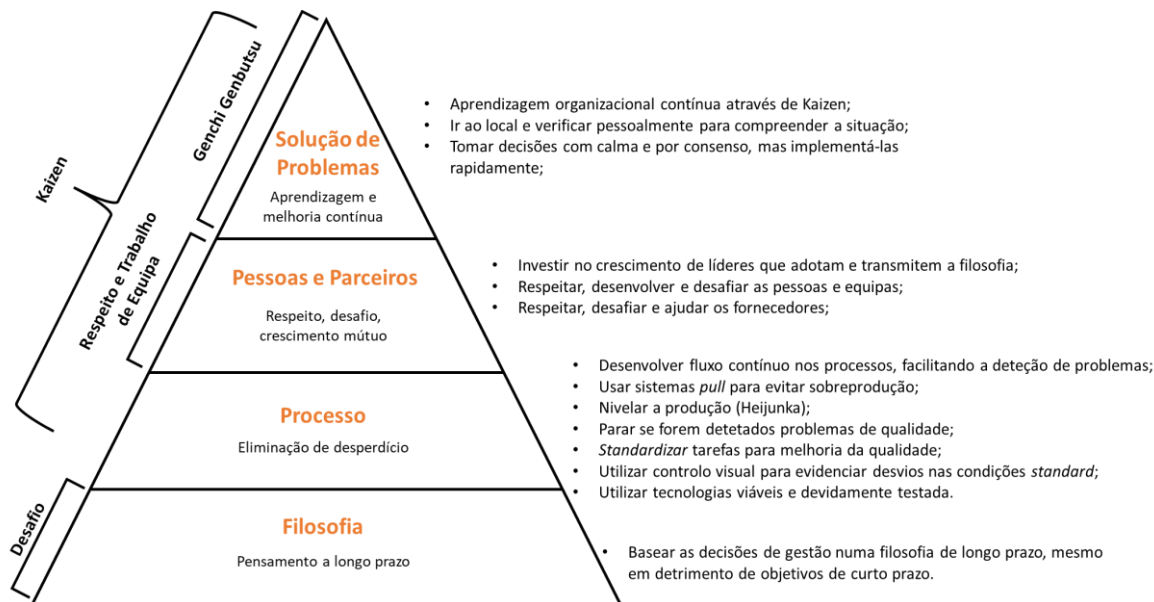


Figura 5 – Modelo 4P's da Toyota (Liker, 2004)

Nos subcapítulos seguintes serão apresentadas as ferramentas *Lean* mais relevantes para o desenvolvimento da presente dissertação, assim como alguns conceitos que suportam a sua aplicação.

2.2.1. Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que se traduz em “kai”, que significa mudar, e “zen”, que significa para melhor, traduzindo-se assim no conceito de melhoria contínua. De acordo com Imai (2012), a filosofia *kaizen* assume-se como uma forma de viver focada na melhoria contínua em todos os contextos, seja pessoal, social ou profissional, tendo maior aplicação no ambiente de trabalho. Adicionalmente, apesar das melhorias serem pequenas e incrementais, o seu efeito cumulativo é responsável por mudanças drásticas ao longo do tempo, tratando-se de uma abordagem de baixo custo e de baixo risco.

Liker (2004) afirma que o verdadeiro valor de *kaizen* reside na criação de uma cultura que promove a aprendizagem contínua e um ambiente que não só aceite, mas que efetivamente recompense a mudança. Desta forma, *kaizen* reforça a importância dos contributos individuais dos colaboradores, dando maior importância às suas opiniões e considerando as suas capacidades individuais, motivando-os a tomar ações que melhorem as suas condições de trabalho e que permitam obter melhores resultados para a organização.

Para a implementação de *kaizen* com sucesso, Coimbra (2013) afirma que as organizações necessitam de desenvolver um compromisso com um conjunto de princípios:

- **Qualidade em primeiro lugar** – associado à política de “zero defeitos”, estabelece cada posto de trabalho como fornecedor e o posto seguinte como cliente, com o intuito de assegurar que nenhum posto permite que produtos com defeito sejam entregues no processo seguinte;
- **Orientação para o *gemba*** (chão de fábrica) – referindo-se à necessidade de observar efetivamente a realização dos processos, de modo a adquirir um conhecimento com base na realidade dos processos;
- **Eliminação de desperdícios** – associados à eliminação dos 3M’s, nomeadamente Mura (desperdícios), Muda (variabilidade) e Muri (sobrecarga), que resultam em perdas na forma de tempo, movimento e subaproveitamento de recursos materiais e humanos;
- **Desenvolvimento de pessoas** – fundamentalmente associado ao desenvolvimento de práticas de trabalho em equipa que resultem na adoção de hábitos e cultura capazes de promover melhorias na qualidade, custos e capacidade de acrescentar valor para o cliente;
- **Gestão visual** – foca-se na utilização de elementos visuais para transmitir, de forma simples e intuitiva, os passos necessários para a realização de determinada tarefa, seguindo um procedimento *standard*;
- **Processos e resultados** – destaca a importância que deve ser dada aos processos, devendo estar devidamente organizados e sob controlo, visto que constituem a base que permite atingir os resultados pretendidos;
- **Pensamento associado ao fluxo *Pull*** – organização da produção de modo a fabricar as encomendas de clientes apenas no momento e quantidade que satisfaz as suas necessidades, evitando o tradicional sistema dependente de previsões e que recorre à produção de lotes elevados, resultando na acumulação de *stock* e filas de *work-in-progress*.

2.2.2. PDCA

O ciclo PDCA, também denominado por Ciclo de Deming, consiste numa ferramenta eficaz na adoção de medidas e consequente avaliação de resultados, com o intuito de estabelecer um conjunto de passos sistematizado que permite assegurar a obtenção de melhorias. A implementação deste processo de melhoria contínua nas organizações compreende a realização dos seguintes passos (Rother, 2010):

- **Plan** – definição objetiva do problema em estudo, assim como dos objetivos esperados. Analisar informação relevante na compreensão das causas do problema;
- **Do** – implementação de ações de melhoria, tendo em conta a priorização de problemas identificados anteriormente;
- **Check** – Avaliar os resultados obtidos com as ações tomadas e compará-los com os objetivos definidos;
- **Act** – *standardizar* os processos que apresentaram melhorias e efetuar medidas corretivas para assegurar que o planeado está de acordo com o executado. Recomeçar o ciclo PDCA.

As ações que devem ser tomadas em cada um dos passos apresentados podem ser consultadas na Figura 6.

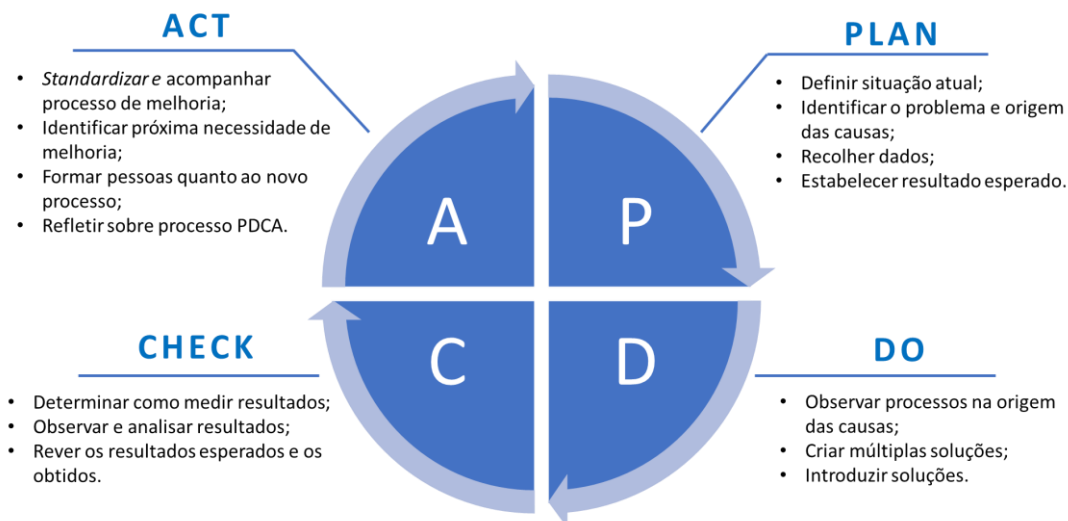


Figura 6 - Ações associadas a cada passo do ciclo PDCA (adaptado de (Chakraborty, 2016)).

2.2.3. 5S

De acordo com Imai (2012), um dos primeiros passos na adoção de *kaizen* consiste na implementação de 5S, de forma a dar resposta às questões “Será que tudo o que é preciso no chão de fábrica se encontra presente?” e “Será que precisamos de tudo o que se encontra presente no chão de fábrica?”. A necessidade de proceder à melhoria contínua provém de uma resposta negativa a qualquer uma destas questões. Sendo assim, os 5S consistem num conjunto de passos, utilizados no contexto do chão de fábrica, que devem ser realizados sistematicamente com o intuito de otimizar os espaços de trabalho, contribuindo com melhorias ao nível de segurança, qualidade dos produtos e eficiência. O nome da ferramenta está associado à primeira letra de cada um dos passos que a compõe, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 - Fases de implementação da metodologia 5S (Imai, 2012; Liker, 2004).

Passo	Descrição
Seiri	Significa organização e consiste na triagem de objetos necessários e desnecessários do posto de trabalho.
Seiton	Traduz-se em arrumação, assegurando que existe um lugar específico para cada ferramenta ou equipamento. Assegura condições <i>standard</i> para o posto, minimizando os movimentos do colaborador.
Seiso	Significa limpeza e contribui para a manutenção das boas condições no posto de trabalho. Funciona como forma de inspeção, evidenciando anomalias nas condições <i>standard</i> .
Seiketsu	Significa padronização e engloba a prática contínua e supervisão das 3 fases anteriores.
Shitsuke	Significa disciplina e implica manter e cumprir as fases anteriores, consistindo num processo sistemático de melhoria contínua.

Atualmente, com a crescente preocupação pelas condições dos colaboradores, é frequentemente abordado um passo adicional associado à segurança, sendo por isso também denominada como metodologia 6S. Esta última fase é essencial para estabelecer ambientes de

trabalho seguros, que permitem que os trabalhadores efetuem as suas tarefas em condições normais e convenientes às suas funções. Esta fase pressupõe a realização das fases anteriores, de modo a assegurar que possíveis causas de risco foram eliminadas através da eliminação de materiais desnecessários nos postos de trabalho, arrumação do material presente e limpeza dos mesmos (Jiménez et al., 2019).

A utilização sistemática desta ferramenta serve também de base à implementação de gestão visual, visto que, com a organização dos postos de trabalho e arrumação dos materiais, existe uma maior transparência na elaboração dos processos que auxilia na deteção de erros.

2.2.4. Gestão Visual

A gestão visual possui um papel importante na transmissão de informação no chão de fábrica, tendo como objetivo guiar os colaboradores, auxiliar na padronização de tarefas e contribuir para a melhoria de produtividade, através da implementação de sistemas visuais simples e intuitivos que promovam a segurança e a eliminação de desperdícios nos postos de trabalho. Juntamente com a aplicação de métodos de trabalho padronizado (*standard work*), permite transmitir aos colaboradores as melhores práticas sobre a realização de tarefas previamente estudadas, de modo a reduzir a incidência de erros por falta de experiência ou variabilidade na sua execução. Uma forma eficaz de gestão visual consiste em utilizar os hábitos e reações psicológicas das pessoas a determinadas cores, utilizando como referência as luzes de semáforo, de maneira a que todos os intervenientes possuam o mesmo entendimento e interpretação do problema (Hao et al., 2014).

De acordo com Galsworth (2017), um posto de trabalho que adote devidamente a gestão visual é um posto que tem controlo próprio em termos de se regulamentar e melhorar, possuindo a capacidade de desempenhar a sua função de forma eficaz e no momento necessário, visto que tem ao seu dispor toda a informação visual que necessita. Assim, será possível obter melhorias cruciais em termos de *performance*, segurança, qualidade, fluxo produtivo e, conseqüentemente, do *lead time*.

A gestão visual recorre a dispositivos ou mecanismos que influenciam, direcionam, limitam e/ou controlam o comportamento com base na sua capacidade de fornecer informação fundamental instantaneamente, sem a necessidade de comunicação verbal (Galsworth, 2011). Deste modo, é tão importante o conteúdo da informação, como a sua apresentação de forma elucidativa e intuitiva.

A sua implementação pode ser efetuada de acordo com diversos formatos, como é o caso de ilustrações com fotos e esquemas, gráficos, marcações no chão ou sistemas luminosos como Andon. Na Figura 7 encontra-se um exemplo de gestão visual, utilizando espuma *kaizen* para organizar e criar uma localização específica para cada material, removendo movimentações desnecessárias e desperdícios provocados para encontrar ferramentas.

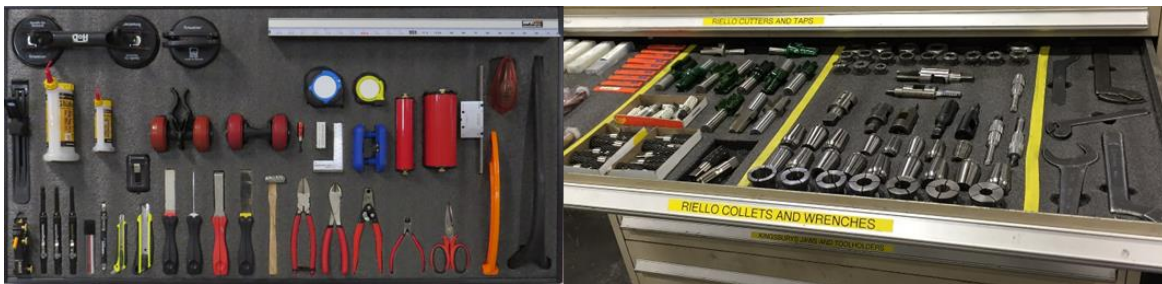


Figura 7 - Organização de ferramentas com base na Gestão Visual (FastCap, 2021)

2.2.5. Standard Work

Standard work é uma das ferramentas fundamentais do TPS, sendo responsável por estabelecer padrões que representam os melhores métodos de trabalho conhecidos até ao momento (Coimbra, 2013).

Assim, dada a incessante procura pela perfeição no âmbito da filosofia *Lean*, o *standard work* assume o papel de garantir que as constantes melhorias obtidas continuam a ser aplicadas de forma sistemática e sustentável, assegurando melhores resultados ao nível de qualidade, custos e capacidade.

O *standard work* adquiriu notoriedade com o sistema de produção da Toyota, que aplicava os seus princípios com o intuito de criar fluxos produtivos contínuos e com reduzida variabilidade, através do estudo e redução dos movimentos efetuados pelos colaboradores. Sendo assim, Coimbra (2013) e Imai (2012) afirmam que existem três elementos principais que constituem o *standard work*:

- **Sequência de trabalho** – representa a ordem pela qual as tarefas devem ser realizadas de forma a reduzir as paragens e estabelecer um fluxo de produção contínuo;
- **Tempo de ciclo** – associado ao tempo de fabrico de uma peça, correspondendo à soma total dos tempos de processamento de cada operação na linha de produção;
- **Nível de WIP** – refere-se à quantidade de peças presente entre operações de diferentes postos de trabalho, necessária para o operador completar o seu ciclo de trabalho sem interrupções.

Cada posto de trabalho deve apresentar *worksheets* nas quais se encontram presentes os valores estabelecidos para estes elementos, devendo também estar presente um conjunto de ações a realizar caso situações de variabilidade ocorram (Imai, 2012).

Em resumo, *standard work* permite a realização de processos de uma forma consistente e com uma duração definida, de modo a reduzir ou eliminar a influência da variabilidade e permitir aumentar a eficiência e o *throughput* dos postos de trabalho (Lu & Yang, 2014).

2.3. Kanban

O sistema *kanban* consiste numa ferramenta que suporta o controlo visual da produção, através da utilização de cartões que contêm informação utilizada para regular o fluxo de inventário e materiais (Lin et al., 2013). O sistema *kanban* mais reconhecido e utilizado foi desenvolvido pela Toyota, mais

concretamente, por Taiichi Ohno, tendo como principais objetivos estabelecer um fluxo produtivo estável e eliminar a sobreprodução (Ohno, 1988).

Nos sistemas de produção tradicional, o método de fabrico mais comum consiste no sistema de produção *push*, que recorre a previsões da procura para permitir calcular as necessidades de fabrico e efetuar o lançamento de encomendas. Este aspeto diverge consideravelmente do método associado à utilização de *kanbans* visto que, ao utilizar um sistema de produção *pull*, elimina-se a dependência por previsões tendo em conta que são utilizados valores de procura efetiva para efetuar o controlo da produção (Takahashi et al., 2005). De acordo com Hopp e Spearman (2011), uma distinção fundamental entre os sistemas de produção *push* e os sistemas *pull* é que os sistemas *push* controlam o *throughput* e observam o WIP, enquanto que sistemas *pull* controlam o WIP e observam o *throughput*.

A utilização de *kanbans* encontra-se associada ao sistema de produção *just-in-time*, constituindo um dos principais elementos que suporta a sua filosofia que pretende atingir a eliminação de defeitos, filas de espera, necessidade de inventários, paragens de produção, entre outros aspetos que impedem um fluxo produtivo contínuo e eficiente (Kumar & Panneerselvam, 2007). Adicionalmente, através da sua implementação, pretende-se assegurar o abastecimento, unicamente, dos materiais necessários, na quantidade certa, local certo e no momento certo, permitindo introduzir estabilidade e previsibilidade no sistema de modo a dar resposta às mudanças nos mercados (Takahashi & Nakamura, 2002).

O sistema *kanban* pode ser melhor entendido através da análise das seis regras seguintes (Monden, 2012; Ohno, 1988; Thurer et al., 2017):

- 1) O processo a jusante (seguinte) vai ao processo a montante (anterior) retirar produtos;
- 2) O processo anterior só produz a quantidade retirada pelo processo seguinte. No entanto, deve possuir algum excesso de capacidade, para lidar com a variabilidade no processo seguinte, sem afetar os restantes processos. O nivelamento da produção (*heijunka*) é utilizado nestas situações;
- 3) Não é possível retirar produtos ou iniciar o seu fabrico sem a presença de *kanban*;
- 4) Todos os produtos têm de possuir um *kanban*, sendo este passo responsável por prevenir a sobreprodução. Apenas quando um produto é utilizado pelo processo a jusante, é que existe um *kanban* livre, que permitirá emitir uma ordem de produção para o posto anterior;
- 5) O número de defeitos tem de ser zero;
- 6) O número de *kanbans* deve ser reduzido continuamente, de modo a reduzir a quantidade de WIP. Ter em atenção que uma quantidade reduzida de *kanbans* pode levar a roturas, sendo que esta fase deve ser sistematicamente analisada para avaliar o seu impacto no fluxo de produção.

No contexto da logística interna, os tipos de *kanban* mais utilizados são o *kanban* de transporte (KT) e *kanban* de produção (KP). O *kanban* de produção autoriza o fabrico de produtos nas quantidades indicadas, enquanto o *kanban* de transporte permite o fluxo de produtos entre operações (Lin et al., 2013). O sistema de utilização de dois cartões é utilizado quando se verifica um afastamento físico moderado entre postos de trabalho, caso contrário, é possível a utilização apenas do *kanban* de produção.

2.3.1. Sistema Kanban de Produção

No sistema *kanban* que utiliza apenas um tipo de cartão, dada a reduzida distância entre postos consecutivos, utiliza-se apenas um *buffer* de material entre os postos, que servirá tanto como *outbound buffer* da estação de trabalho j , como *inbound buffer* da estação $j+1$ (Berkley, 1992). Neste sistema considera-se que o abastecimento é realizado instantaneamente, visto que assim que se termina o fabrico do produto, este é transportado para o *buffer*. Este sistema de cartão único encontra-se presente na Figura 8.

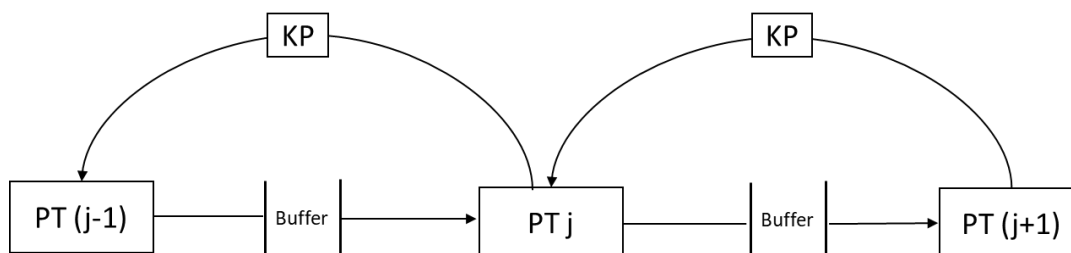


Figura 8 - Sistema com *kanban* de produção (adaptado de (Kumar & Panneerselvam, 2007)).

Nestes casos, utiliza-se frequentemente o contentor vazio como *kanban*, de modo a sinalizar ao posto anterior a necessidade de produção para satisfazer as necessidades do posto seguinte.

Dado que um dos principais interesses na implementação de *kanbans* reside na sua capacidade de controlar o WIP, um conceito importante refere-se ao “bloqueio” da linha ou *blocking*. Considera-se que uma estação está “bloqueada”, quando o número de contentores presentes no *buffer* que a sucede é igual à capacidade desse *buffer*. Nesta situação, a estação j tem de permanecer parada (*idle*), até que a estação $(j+1)$ remova um contentor do *buffer*, libertando um *kanban* de produção a sinalizar ao posto j para reestabelecer a quantidade presente nesse local (Berkley, 1992).

2.3.2. Sistema de Kanban de Produção e Transporte

O sistema que utiliza os dois tipos de cartão *kanban*, associados à produção e ao transporte, é usado em situações nas quais se verifica uma elevada distância entre postos de trabalho ou elevado peso relativo ao material que é necessário movimentar. Neste caso, o sistema de abastecimento deixa de ser considerado instantâneo, dado que não seria razoável realizar o transporte imediato dos produtos logo que efetuado o seu fabrico. Assim, a solução consiste no abastecimento periódico, sendo necessária a existência de um *output buffer* do posto de trabalho j , e um *input buffer* do posto de trabalho $(j+1)$. Deste modo, quando necessário o material é recolhido do *output buffer* e, posteriormente, reabastecido no *input buffer* (Berkley, 1992). A representação do funcionamento deste sistema *kanban* encontra-se presente na Figura 9, sendo realizado de acordo com os passos seguintes (Kumar & Panneerselvam, 2007; Monden, 2012):

- 1) O contentor vazio no *input buffer* do posto $(j+1)$ é transportado para o *output buffer* do posto j , juntamente com um *kanban* de transporte proveniente do quadro KT;

- 2) No *output buffer* do posto j , já se encontra em *stock* um contentor com o material pedido, acoplado do respetivo *kanban* de produção (KP). Deste modo, esse *kanban* de produção é retirado e colocado no quadro de produção, sendo substituído pelo *kanban* de transporte que se encontrava no contentor vazio;
- 3) O contentor com o material requisitado é “puxado” para o *input buffer* do posto $(j+1)$, juntamente com o *kanban* de transporte colocado, satisfazendo a procura;
- 4) Entretanto, no posto j o *kanban* de produção é retirado do quadro, o que acontece entre períodos de tempo definidos ou quando se acumula um determinado número de *kanbans*, começando a produção desse material;
- 5) Quando terminar a sua produção, o contentor cheio é colocado no *output buffer*, juntamente com o *kanban* de produção, restabelecendo o *stock* e permitindo que seja novamente recolhido pelo processo seguinte quando necessário.

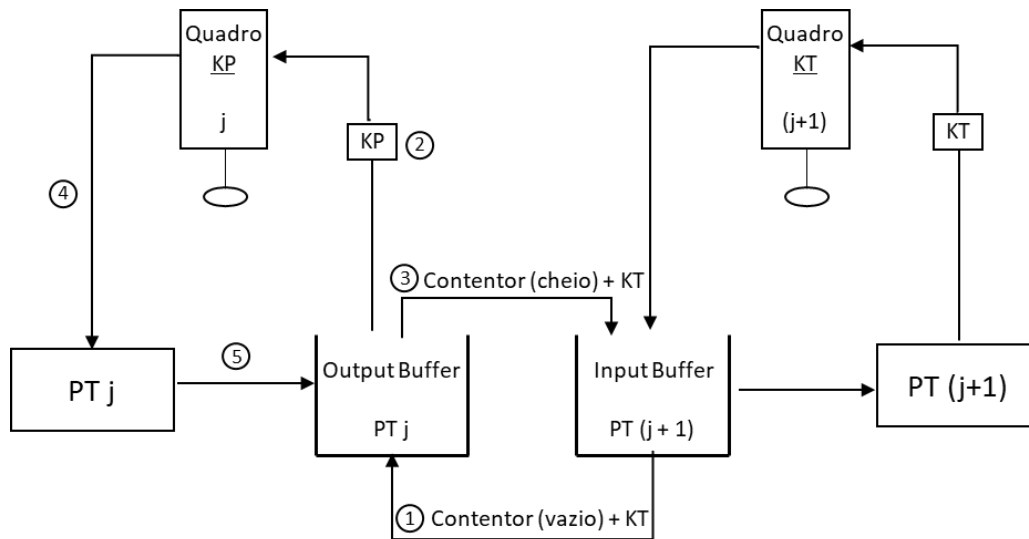


Figura 9 - Sistema com *kanban* de produção e transporte, adaptado de Kumar & Panneerselvam, (2007).

2.3.3. Número de Kanbans no Sistema

A definição do número de *kanbans* deve ser uma das primeiras decisões a efetuar durante o processo de implementação de um sistema *kanban*, dado o seu impacto nas quantidades de *work-in-progress* e no *lead time* associado aos processos fabríco (Chan, 2001). Diversos autores concordam com a utilização da fórmula da Toyota, descrita pela Equação 1, para o cálculo do número de *kanbans* que devem ser considerados para o sistema (Chan, 2001; Co & Sharafali, 1997; Kumar & Panneerselvam, 2007; Monden, 2012).

$$n = \frac{\bar{D}(t_e + t_p)(1 + \alpha)}{C} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

n – Número de *kanbans*;

D – Procura média diária (unidades / dia);

t_e – Tempo de espera (unidade de tempo);

t_p – Tempo de processamento (unidade de tempo);

C – Capacidade do contentor (unidades);

α – Fator de segurança (percentagem).

Os termos $(t_e + t_p)$ na fórmula dizem respeito ao intervalo de tempo entre abastecimentos ou *lead time*, sendo que o termo $\bar{D}(t_e + t_p)/C$ permite calcular o número de contentores responsável por assegurar que existe material necessário no posto de trabalho até que seja realizado o próximo reaprovisionamento. Relativamente ao *lead time* e de acordo com a metodologia *pull*, salienta-se que o material consumido entre o período t e $t+1$ só será restabelecido no período $t+2$. Isto acontece visto que, no período $t+1$ recolhem-se os *kanbans* relativos ao consumo entre t e $t+1$, sendo depois efetuado o reabastecimento desses componentes em $t+2$, na rota seguinte. Deste modo, o material presente no *buffer* deverá ser suficiente para dois períodos de reabastecimento, ou seja, $2 * t$. Na Figura 10 encontra-se ilustrado o raciocínio apresentado.

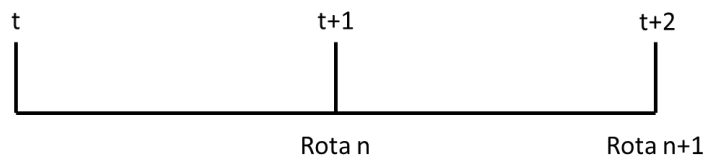


Figura 10 – Raciocínio associado ao dimensionamento do *buffer* (Elaboração Própria)

A utilização de um fator de segurança serve como *buffer*, fornecendo proteção contra variabilidade presente na procura e no processo de abastecimento. O seu valor depende da política da organização, constituindo um valor variável, sendo que quanto maior a variabilidade destes elementos, maior será este fator (Kumar & Panneerselvam, 2007). O número de *kanbans* n está relacionado com os inventários, sendo que à medida que n aumenta, o valor de *stock* também aumenta. A dificuldade reside em estabelecer um valor adequado de n , de modo a assegurar que não é demasiado reduzido, levando a roturas de *stock* e paragens de produção, nem demasiado elevado, resultando na formação de filas devido a acumulação de *stock*. De acordo com os autores Kumar e Panneerselvam (2007), os indicadores de *performance* mais utilizados são o valor médio de *WIP*, o tempo médio de fluxo, o *throughput* cumulativo médio, que corresponde ao rácio entre a procura satisfeita e a procura total, e um valor de antecipação (*earliness*) ponderado associado a cada trabalho.

2.3.4. Alternativas ao Sistema de Kanban Tradicional

A implementação de *Kanbans* como mecanismo de controlo de fluxo de materiais é utilizado em larga escala, devido aos benefícios comprovados na redução considerável de inventários através da sua aplicação na Toyota. No entanto, o sistema de *kanban* tradicional apresenta limitações, não sendo adequado em situações nas quais se verifique valores de procura imprevisíveis, tempos de processamento instáveis, operações não *standardizadas*, tempos de *setup* longos, elevada variedade de produtos e incertezas nos abastecimentos de matéria-prima (Junior & Filho, 2010). Por este motivo, várias técnicas e alternativas têm sido desenvolvidas, com o intuito de adaptar a aplicação desta metodologia a novas áreas e permitir obter benefícios semelhantes.

O sistema *adaptive kanban* permite alterar o número de *kanbans* que são libertados entre diferentes estágios da produção, através de um controlo entre o inventário e o *backlog* de encomendas, de maneira a adaptar-se a alterações nos mercados e flutuações nos valores de procura (Sivakumar & Shahabudeen, 2008). Tardif e Maaseidvaag (2001) desenvolveram uma abordagem ao sistema *adaptive kanban*, utilizando os valores de procura, *stock* e pedidos em *backlog* para definir e ajustar o número de *kanbans* presentes no sistema, de acordo com as necessidades. De salientar que se mantém a existência de um limite máximo, de modo a restringir a quantidade de WIP presente. Comparando com o sistema tradicional, após desenvolver dois cenários de procura instável através de simulação baseada em eventos, os autores verificaram melhorias nos resultados no valor de 22,27% no primeiro caso e 8,87% no segundo caso, representando este último um cenário mais pessimista em termos de flutuação da procura.

Acrescentando ao trabalho de Tardif e Maaseidvaag (2001), os autores Marand et al. (2013) propuseram um sistema que permite não só ajustar o número de *kanbans* no sistema, mas também ajustar a capacidade de produção em relação à quantidade de inventário e *backorders*. A *performance* do sistema obteve melhorias adicionais, no valor de 6,9% e 10,7% nos cenários estudados.

Takahashi e Nakamura (2002) propuseram um sistema *kanban* descentralizado reativo, que adequa a dimensão dos *buffers* de acordo com os valores de procura de postos a jusante. O modelo decompõe o sistema produtivo de acordo com os seus postos de trabalho, de modo a analisar cada processo singularmente, realizando simulações para avaliar o sistema perante cenários de procura incerta. Este sistema controla o inventário em cada posto de forma independente, permitindo manter valores reduzidos de WIP e reduzindo o tempo de espera associado ao fabrico dos produtos. Os resultados obtidos permitiram demonstrar melhorias face a variações imprevistas na procura, indicando que a utilização de um sistema *kanban* descentralizado permite um maior controlo e, consequentemente, menores quantidades de WIP no sistema.

2.3.5. Sistema Dois Contentores (Two-Bin System)

A utilização do sistema *kanban* de dois contentores deve-se à sua simplicidade de efetuar o controlo de material, sendo especialmente adequado para componentes que apresentam uma dimensão e custos reduzidos (Gross & McInnis, 2003). Uma abordagem ao processo de implementação consiste na utilização da classificação ABC, também conhecida como teorema de Pareto, de modo a identificar os produtos que têm maior contributo financeiro para organização. A utilização deste teorema demonstra que, na maioria dos casos, um pequeno número de variáveis é responsável por uma grande percentagem dos resultados (Nisonger, 2008). No presente contexto significa que um pequeno número de referências é responsável por uma grande parte dos custos, sendo nestas situações aconselhada a utilização de sistemas de gestão mais robustos. Para a restante maioria das referências, o método de gestão adequado consiste no sistema de dois contentores.

Tal como o nome indica, o sistema recorre à utilização de dois contentores, sendo que o contentor presente no posto de trabalho deve ter uma dimensão suficientemente reduzida de modo a permitir posicionar-se num local de fácil acesso, mas com a capacidade para minimizar a frequência de reabastecimentos. Quanto ao contentor presente no armazém, e dado que este tipo de componentes é frequentemente encomendado em grandes quantidades, a sua dimensão tende a ser consideravelmente superior. Este contentor no armazém necessita de conter material para

assegurar o tempo de reaprovisionamento, que compreende o tempo entre encomendas efetuadas ao fornecedor, acrescido do tempo de trânsito para transportar os materiais. Quando o contentor presente no posto é enviado para o armazém, procede-se a repor o *stock* e a colocá-lo novamente na produção. Quando o contentor do armazém atinge o ponto de encomenda previamente definido (*reorder point*), as necessidades de encomenda são enviadas ao fornecedor.

2.4. Logística interna

A logística interna consiste na organização, controlo, implementação e otimização de fluxos materiais e de informação no interior de uma organização, sendo as suas principais funções o armazenamento, *picking* e abastecimento de componentes necessários à produção (Schmidtke et al., 2018). A realização destas tarefas é essencial na criação de valor, contribuindo para maximizar a eficiência e produtividade dos postos de trabalho através do abastecimento sistemático de produtos, assegurando que não se verificam interrupções dos processos produtivos (Burganova et al., 2021).

Os métodos tradicionais de gestão da logística interna realizam os processos de uma forma independente da produção, focando-se em aspetos que contribuem para melhorias na sua área, sendo que muitas vezes não se traduzem em melhorias no sistema global. Deste modo, Coimbra (2013) destaca alguns destes aspetos tais como a minimização do número de transportes, resultando em grandes quantidades abastecidas em cada rota, minimização do espaço ocupado em zonas de *stock* nos postos de trabalho, traduzindo-se no armazenamento de paletes em altura e a utilização de empilhadores para lidar com contentores de elevadas dimensões. Adicionalmente, o abastecimento dos componentes em embalagens indevidas, provenientes do fornecedor, resulta em desperdícios de tempo nos postos de trabalho para realizar o seu processamento e consequente descarte do material desnecessário como cartão e plástico.

Sendo assim, Coimbra (2013) considera que a logística interna deve integrar o planeamento da produção nas suas funções, de maneira a reduzir os desperdícios gerados devido à sua gestão independente. Assim, apresenta alguns princípios que devem ser tidos em conta para melhorar o fluxo dos processos logísticos:

- Efetuar abastecimento com contentores de dimensão adequada, maximizando a eficiência e flexibilidade das linhas;
- Organizar áreas de *picking* para abastecer o material de forma frequente e eficiente;
- Adequar o equipamento de transporte ao material que será abastecido;
- Negociar com fornecedores a entrega de material nos contentores apropriados, reduzindo a necessidade de processamento e permitindo o aprovisionamento do material nas condições adequadas para uso na produção.

Nos subcapítulos seguintes são apresentados alguns conceitos que são aplicados na gestão da intralogística, de modo a eliminar desperdícios associados ao abastecimento de material aos postos de trabalho e promover um fluxo contínuo de produção.

2.4.1. Bordo de Linha

O bordo de linha consiste numa localização física de inventário presente nos postos de trabalho, constituída essencialmente por contentores de pequenas dimensões, de modo a permitir o

abastecimento de material aos colaboradores de forma acessível e em pouco tempo. A sua utilização está intrinsecamente ligada à aplicação de *standard work*, sendo que a presença de materiais nas proximidades dos postos de trabalho permite minimizar as movimentações dos trabalhadores e estabelecer métodos *standard* de efetuar os processos de forma eficiente. A sua conceção envolve o dimensionamento, especificação da localização e seleção dos materiais que devem estar presentes nas proximidades de cada posto, de maneira a assegurar o fluxo ininterrupto dos processos responsáveis por acrescentar valor aos produtos. Uma conceção adequada envolve os seguintes passos (Coimbra, 2013):

- A localização do material deve minimizar os movimentos dos operadores;
- Os contentores e a localização do material devem reduzir os deslocamentos dos trabalhadores responsáveis pela logística de abastecimento;
- O tempo necessário para a mudança de material entre produtos diferentes deve ser perto de zero;
- As decisões de reabastecimento devem ser intuitivas e instantâneas.

Deste modo, o mesmo autor constata que o *design* de um bordo de linha é um dos pontos mais importantes na produção de fluxo e define os requisitos associados ao sistema de logística interno.

A utilização de pequenos contentores nestas localizações tem a vantagem de facilitar o acesso a uma maior diversidade de material nas proximidades dos trabalhadores, devido à sua reduzida ocupação de espaço, diminuindo o esforço associado ao alcance dos mesmos.

No que diz respeito à localização destes bordos de linha existem duas abordagens comuns, nomeadamente, abastecimento frontal ou pela retaguarda, como descrito na Figura 11.

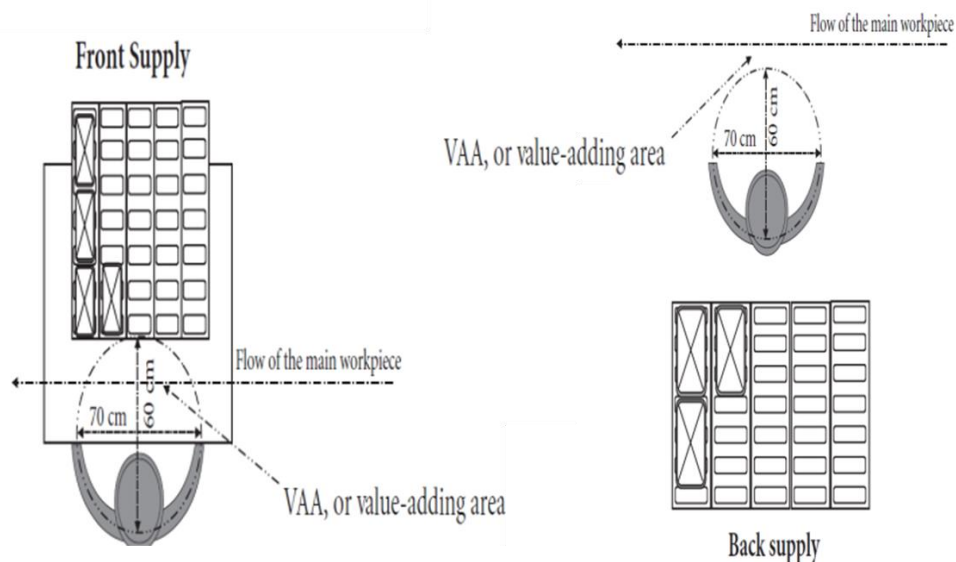


Figura 11 – Métodos de abastecimento dos bordos de linha (Coimbra, 2013).

O abastecimento frontal é o método mais utilizado, dado que permite ter um acesso mais prático, e uma melhor gestão visual do material presente no bordo de linha. As prateleiras poderão ser dinâmicas, permitindo adotar o critério FIFO (*First In First Out*), de modo que o operador

logístico consiga abastecer as estantes pela parte de trás, permitindo que elas fluam até à parte da frente.

O abastecimento pela retaguarda do operador é frequentemente utilizado, quando a dimensão do produto é relativamente elevada, dificultando a colocação do bordo de linha na parte frontal, correspondente à área de valor acrescentado. No entanto, verificam-se maiores esforços em termos de movimentações nesta situação, dado que o operador tem de efetuar uma rotação, alcançar o material e repetir a rotação sempre que seja necessário utilizar um material diferente.

2.4.2. Supermercado

Os supermercados consistem em áreas logísticas descentralizadas, localizadas estrategicamente perto dos postos de trabalho, servindo como pontos de armazenamento intermédio de componentes e subconjuntos de montagem necessários para a produção (Faccio et al., 2013).

O conceito de supermercado desenvolveu-se devido à necessidade de assegurar o abastecimento de componentes aos postos de trabalho de forma eficiente e flexível, garantindo um fluxo contínuo do processo de produção e reduzindo os tempos de espera associados ao reaprovisionamento de material. Este aspeto adquire particular importância em indústrias que realizam produções de uma grande diversidade de modelos, devido à constante necessidade de efetuar o fornecimento de material adequado à produção a cada momento. Os supermercados utilizam, tipicamente, sistemas de reabastecimento sistemático por *kanbans*, através da utilização de veículos adaptados à carga transportada como comboios logísticos, sendo os operadores responsáveis pelo processo de abastecimento conhecidos por *mizusumashi*. A utilização de *kanbans* torna o processo mais intuitivo, visto permitir identificar visualmente quais os produtos que são efetivamente necessários abastecer, em vez de depender de valores de procura que podem apresentar uma elevada variabilidade.

A utilização de supermercados reduz a necessidade de grandes quantidades de inventário nas zonas de trabalho, que representam custos adicionais em termos de *stock* e contribuem para a obstrução do processo produtivo (Emde & Boysen, 2012). De acordo com a abordagem *just-in-time*, cada vez se verifica um maior número de fabricantes a adotar este conceito de supermercado, de maneira a permitir o abastecimento de lotes frequentes e de quantidade reduzida, reduzindo o *stock* nos postos de trabalho e as distâncias percorridas entre armazéns centrais e a área de produção (Faccio et al., 2013).

De acordo com Emde et al. (2012), a implementação de supermercados apresenta quatro problemas interligados, que envolvem os sistemas de abastecimento *milk-runs*, mais concretamente:

- Planeamento da localização ou *localization planning* - decisão sobre a quantidade e localização de supermercados, concretizando quais os postos de trabalhos que devem abastecer;
- Roteamento ou *routing* – determinar o número de veículos por supermercado e as rotas a efetuar;
- Agendamento ou *scheduling* – definir os horários de entrega de cada veículo, identificando o número de *milk-runs* necessário;
- Carregamento ou *loading* – definir tipos e quantidades de peças que devem ser transportadas em cada rota, de modo a minimizar inventários nos postos de trabalho e roturas.

A conceção destes supermercados deve ser efetuada de modo que os componentes se encontrem acessíveis, sendo os contentores previamente processados de maneira a evitar perdas de tempos com a procura ou manuseamento desnecessário por parte dos colaboradores. Deste modo, são frequentemente utilizados equipamentos de armazenamento específicos nestas localizações, tais como *flow racks*, que permitem obter uma maior produtividade através da redução de movimentos do operador.

2.4.3. Mizusumashi / In-Plant Milk-Run

Nos sistemas de produção *Lean*, o transporte interno de materiais é frequentemente assegurado por sistemas *milk-run*. Estes sistemas são baseados em rotas previamente definidas e efetuadas de forma cíclica, de maneira a realizar a entrega de componentes em contentores de dimensão reduzida pelo chão de fábrica, de acordo com as necessidades de cada estação de trabalho (Bozer & Ciernoczolowski, 2013). Os abastecimentos são realizados de forma frequente e coletiva, permitindo o transporte de diversos tipos de materiais provenientes de uma área de armazenamento central ou supermercado para diversos locais de produção. A implementação destes sistemas visa a redução da influência da variabilidade, redução de *lead times* e a presença de níveis de inventário reduzidos nos postos de trabalho (Klenk et al., 2015). O termo japonês *mizusumashi* refere-se aos operadores logísticos responsáveis pela realização destas tarefas.

De acordo com Marchwinski et al. (2008), existem dois métodos primários para realizar o transporte de materiais, tempo fixo e quantidades variáveis ou tempo variável e quantidades fixas. No primeiro caso, o responsável pelo abastecimento logístico realiza uma rota *standard* pelas instalações em intervalos de tempos exatos, efetuando a entrega dos materiais necessários e recolhendo cartões *kanban* responsáveis por sinalizar o material a entregar na rota seguinte. Este sistema é utilizado em operações de montagem que necessitam de elevada quantidade de componentes em diferentes pontos da linha.

O aprovisionamento de quantidades fixas em períodos de tempo variáveis depende de sinais provenientes de postos a jusante, que são emitidos ao atingir níveis de *stock* predeterminados ou quantidades de *kanban* previamente definidas. Este tipo de sistema encontra-se associado a produções em lotes, com elevados tempos de *setup*, resultando em tempos de abastecimento infrequentes. Nestes sistemas é menos comum a utilização de *mizusumashi*, dado que as rotas seriam constantemente alteradas de acordo com as necessidades dos postos de trabalho (Marchwinski et al., 2008).

Os processos de reabastecimento podem ser efetuados por diversos meios de transporte, sendo o comboio logístico o mais utilizado, também conhecido como comboios *tugger*, considerado por Harris et al. (2003) como o método mais eficaz quando existe uma distância considerável do armazém até aos postos de trabalho e se verifique um elevado volume de peças a transportar. Na Figura 12 encontra-se representado o esquema de aprovisionamento básico do sistema *milk-run*.

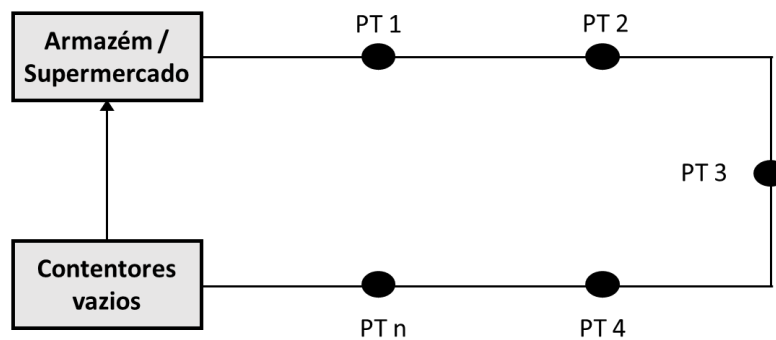


Figura 12 - Sistema de provisão *milk-run* (adaptado de (Droste & Deuse, 2012))

O comboio logístico desloca-se a cada posto de trabalho para abastecer o material necessário e recolher os *kanbans*, frequentemente na forma de contentores vazios, que indicam o material a repor na rota seguinte. De seguida, retorna ao armazém ou supermercado, procedendo a preencher os contentores com material de modo a efetuar o reabastecimento dos postos de trabalho na rota seguinte.

Os principais desafios na implementação de sistemas *milk-run* eficazes consistem na definição de rotas (*routing*) e, conseqüentemente, dos intervalos de tempo entre cada percurso (*scheduling*). Para estabelecer estes dois elementos, é necessário ter em conta um conjunto de fatores como o *layout* das instalações, a procura em cada posto de trabalho e as variações no número de contentores por percurso que são frequentemente dependentes do planeamento da produção e de padrões de procura imprevisíveis (Klenk et al., 2015).

2.5. Implementação de Sistemas Milk-Run

Neste último subcapítulo considera-se pertinente apresentar uma breve revisão da literatura atual no âmbito das temáticas abordadas, com o objetivo de dar resposta a problemas de dimensionamento de supermercados e aos desafios referidos na implementação de sistemas *milk-run*, como os problemas de *routing*, *scheduling* e *loading*.

Urru et al. (2018) estudou o planeamento e dimensionamento de um sistema de transporte *milk-run*, de modo a verificar o impacto de três métodos diferentes de despoletar o processo de reabastecimento, focando-se no fluxo de materiais e de informação. O trabalho teve como base o método *standardizado*, desenvolvido pela *Association of German Engineers*, adaptando-o à metodologia *pull* e considerando o processo de *picking* desacoplado, ou seja, enquanto se efetuam os percursos de abastecimento existe outro operador responsável pelo processo de *picking*.

O primeiro cenário utiliza o sistema *kanban* e avalia a pior situação possível, que acontece quando um contentor vazio (*kanban*) fica disponível imediatamente depois do operador logístico passar nesse posto na rota t . Assim, esse *kanban* apenas será registado na rota $t+1$ e reabastecido na rota $t+2$. No segundo cenário, com a utilização do *e-kanban*, o operador logístico realiza um *scan* do código de barras presente nos *kanbans* dos contentores vazios e recolhe-os, abastecendo de seguida o material no respetivo posto. Assim, o tempo associado ao registo do pedido é consideravelmente reduzido, permitindo que o operador de *picking* separe o material enquanto o abastecimento está a ser realizado. No terceiro cenário, o processo é independente do operador logístico, sendo os colaboradores dos postos responsáveis por pressionar o botão adequado assim

que um contentor fique vazio, sendo transmitida essa informação instantaneamente ao supermercado. Deste modo, mesmo que o operador logístico já tenha passado nesse posto na sua rota, o pedido poderá ser separado a tempo de entregar na rota seguinte, ao contrário dos cenários anteriores que teria de esperar pela próxima rota para ser registrado.

Em cada um dos cenários, foram utilizados diferentes valores de *throughput*, mantendo os restantes parâmetros iguais, demonstrando que a variação do *throughput* da linha não afeta o dimensionamento do *buffer* na abordagem *push* da *Association of German Engineers*, comprovando a inflexibilidade deste sistema relativamente a alterações no valor da procura. Nos restantes cenários que adotaram a metodologia *pull*, verifica-se que são bastante mais reativos aos valores dinâmicos de procura, diminuindo o número de roturas e material obsoleto à medida que se usavam métodos que reduzem o tempo de transmissão de informação, verificando-se, no entanto, um ligeiro aumento no espaço necessário nos *buffers*.

A utilização de heurísticas é bastante comum para identificar soluções para problemas relacionados com sistemas *milk-run*, como demonstrado por Zhou e Zhu (2020) com a utilização dos algoritmos *Immune clonal selection*, *Neighborhood search* e *Simulated Annealing* para definir os horários adequados à realização de percursos do operador logístico (*scheduling*) e a quantidade transportada em cada percurso (*loading*), de modo a reduzir o inventário nos postos de trabalho. Alnahhal e Noche (2015) desenvolveram um algoritmo genético para definir a localização de supermercados de maneira a minimizar o número de transportes, as distâncias percorridas e o custo associado ao inventário no sistema. Vilda et al. (2020) definiram um modelo matemático que permitiu relacionar a carga de trabalho do *mizusumashi* (soma do tempo de caminhar, manusear material e conduzir veículo), com o tempo entre rotas de reabastecimento, permitindo estudar o impacto de diferentes períodos de reabastecimento na dimensão da área designada para inventário nos postos de trabalho ou nos bordos de linha. Sendo assim, verificou-se que uma redução no tempo entre percursos permitiu reduzir o número de localizações necessárias nos postos de trabalho, reduzindo, simultaneamente, a área necessária para *stocks*. Adicionalmente, constatou-se que se o principal custo se encontrar associado ao operador logístico, deve ser utilizado o valor ótimo correspondente ao tempo entre rotas, visto que aumenta o número de localizações no posto, mas reduz o número de *mizusumashis* necessários. Contrariamente, se o principal custo se encontrar associado à área de inventário dos postos, deverá ser utilizado um tempo entre aprovisionamentos mais reduzido, visto que a carga de trabalho do operador aumenta ligeiramente, mas permite a redução de localizações nos postos de trabalho.

Recentemente, tentativas de digitalizar sistemas *milk-run* têm sido feitas com o intuito de lidar com tendências atuais e desafios associados à elevada variedade e complexidade de produtos e ao seu reduzido ciclo de vida, obrigando a uma constante adaptação e flexibilidade dos sistemas produtivos. Neste sentido, Gotthardt et al. (2019) introduzem um sistema digitalizado de *milk-run* na LEAD Factory, um ambiente industrial utilizado para desenvolver tecnologia *state-of-the-art*.

Neste sistema, quando uma caixa com componentes é consumida, coloca-se por baixo da estação de trabalho, existindo uma antena que ao receber o sinal do *chip* RFID, presente em todas as caixas, envia informação instantaneamente a indicar o material e a respetiva posição a abastecer na próxima rota *milk-run*. Assim, a encomenda gerada irá ser visualizada num monitor, sendo de seguida indicado ao operador o material a recolher com recurso a um sistema luminoso *pick-by-light*, reduzindo os tempos associados ao *picking*. De seguida, a rota mais adequada é obtida a partir

do algoritmo de Dijkstra, que consiste num algoritmo para encontrar o caminho mais curto entre nodos num grafo, podendo ser aplicado em casos como na definição do trajeto que *robots* têm de percorrer para alcançar o seu destino no mínimo tempo possível, como acontece com Li (2021).

Antes da implementação do sistema apresentado, o operador efetuava rotas periódicas e, caso encontrasse caixas vazias, retornava ao armazém para recolher material e reabastecer os postos. A digitalização do sistema permitiu melhorias da *performance* visto que as rotas passaram a efetuar-se apenas quando existem encomendas efetivas, em vez de se realizarem periodicamente. Adicionalmente, a encomenda começa a ser separada assim que é efetuado o pedido. Por último, não se efetuam percursos sem material, sendo o tempo de entrega reduzido a metade, visto que as caixas não têm de ser recolhidas vazias do posto antes de fazer o *picking*. Sendo assim, verificou-se uma redução de, aproximadamente, 55% no tempo de abastecimento.

3. CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE

Neste capítulo será realizada uma descrição do processo produtivo da empresa, permitindo compreender as diversas fases que o constituem. Assim, começa por se expor o *layout* das instalações, seguido de uma breve apresentação das secções responsáveis pelas operações de fabrico.

Posteriormente, são apresentados os produtos que a empresa comercializa, com ênfase nos esterilizadores horizontais, tendo em conta que possuem um maior contributo para a atividade da empresa. Nesta fase, será possível constatar a enorme diversidade de referências associada a estes equipamentos.

3.1. Descrição do Processo Produtivo

O sistema de produção da PROHS constitui, essencialmente, uma linha de fabrico, sendo que os postos de trabalho se encontram dispostos de forma a permitir o fluxo sequencial de materiais e operações. O processo de fabrico é constituído por seis operações que se encontram divididas em secções funcionais, mais concretamente, corte e quinagem (secção A), serralharia (Secção B e C), polimento (Secção D), zona de montagem de chapa fina (Secção D), montagem elétrica/pneumática e ensaios (secção E). De salientar que, as secções montagem de chapa fina, montagem elétrica/pneumática e ensaios apresentam mais do que um posto de trabalho em paralelo sendo que, apesar da disposição sequencial das secções, passam de uma linha de fabrico para uma disposição do tipo *job shop* ou implantação por processo. O *layout* das instalações pode ser consultado na Figura 13.

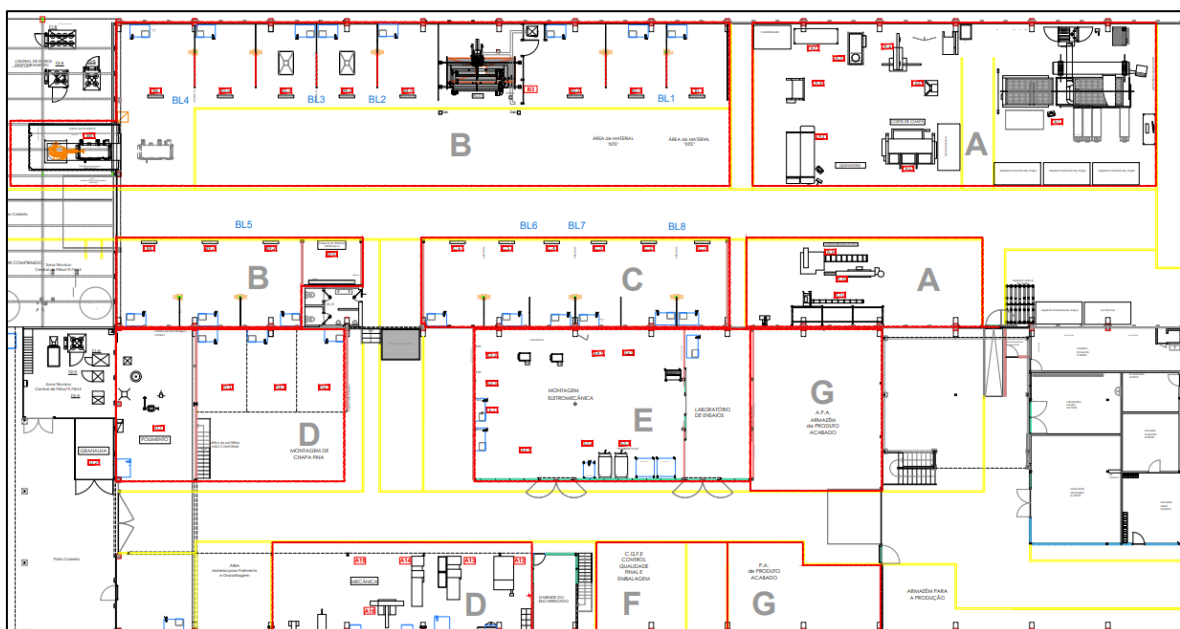


Figura 13 - *Layout* do chão de fábrica

Após a confirmação da encomenda e libertação das respetivas ordens de fabrico, procede-se ao processamento das matérias-primas em inox na secção de corte e quinagem, que se encontram sob a forma de chapa, barra, varão ou tubo. A secção responsável por estas operações encontra-se parcialmente representada na Figura 14.



Figura 14 – Secção de corte e quinagem (Elaboração Própria)

De seguida, o material avança para a secção de serralharia, que se encontra parcialmente representada na Figura 15, sendo realizadas as operações de soldadura que permitem a agregação dos materiais obtidos nos processos anteriores. Esta secção é constituída por 14 postos de trabalho, cada um deles operados por um colaborador, sendo que no quarto posto se encontra um *robot* que realiza a soldadura em menos tempo e que confere maior qualidade, do que acontece quando se realiza o mesmo processo manualmente. Este *robot* encontra-se presente no lado direito da Figura 15.



Figura 15 - Secção de Serralharia (Elaboração Própria)

Na secção de polimento procede-se a efetuar um acabamento superficial no interior do corpo soldado, com o principal objetivo de lhe conferir uma superfície lisa e melhor aspeto. Esta secção é fechada, tendo em conta que o processo implica a libertação de poeiras. A empresa disponibiliza dois tipos diferentes de acabamento nesta categoria, nomeadamente, polimento e granelhagem. A primeira alternativa constitui um processo manual, exigindo períodos de tempo extensos para completar a tarefa. No caso da granelhagem, este processo é efetuado num posto concebido especificamente para este efeito, consistindo na projeção de microesferas de vidro contra a superfície que irá sofrer tratamento. Na Figura 16 encontra-se presente a secção de polimento interno.



Figura 16 - Secção de Polimento interno (Elaboração Própria)

Na secção de montagem de chapa fina, presente na Figura 17, procede-se à colocação do corpo soldado num cavalete, com o objetivo de conferir a altura pretendida e permitir que, posteriormente, sejam colocados os componentes necessários na parte inferior. De seguida, efetua-se a colocação de um revestimento, neste caso lã de rocha, que tem como principal objetivo oferecer isolamento térmico ao corpo do esterilizador e, simultaneamente, reduzir a temperatura das superfícies externas, que se encontram em contacto com os utilizadores.



Figura 17 - Secção de Montagem de Chapa Fina (Elaboração Própria)

Adicionalmente, perto da secção de montagem de chapa fina encontra-se a secção de Maquinagem (Figura 18), na qual se realizam operações recorrendo a equipamentos como torno e fresadora para proceder ao fabrico interno de produtos que auxiliam as operações de produção, tais como casquilhos e batentes.



Figura 18 - Secção de Maquinagem (Elaboração Própria)

Na secção de montagem elétrica e pneumática, presente na Figura 19, são acoplados todos os componentes pertencentes à parte elétrica e mecânica que constituem o produto final a entregar ao cliente. Os componentes presentes nesta secção são provenientes, essencialmente, de fornecedores externos, ao contrário do que acontece na secção de serralharia.



Figura 19 - Secção de Montagem Elétrica e Pneumática (Elaboração Própria)

Na última secção realizam-se os ensaios finais, essencialmente, de cariz elétrico e de estanquicidade (Figura 20), de modo a garantir a verificação das condições ideais dos equipamentos produzidos e assegurar a sua qualidade final.



Figura 20 - Secção de Ensaios (Elaboração Própria)

Depois de efetuados os testes, os equipamentos encontram-se em condições de serem embalados, de modo a procederem para o armazém de produto acabado. Neste local, os equipamentos aguardam até à data combinada para a sua expedição.

3.2. Produtos

A PROHS foca-se principalmente no fabrico de dois tipos de esterilizadores, horizontais e verticais, comercializando, no entanto, uma grande diversidade de acessórios e equipamentos complementares, como é o caso de máquinas de selar, compressores e cestos de carga.

Na Tabela 3 encontram-se os produtos que são fabricados na empresa, constando na Tabela 4 os produtos que são adquiridos externamente, tendo como objetivo providenciar soluções mais completas que visam dar resposta às necessidades do cliente.

Tabela 3 - Produtos Fabricados na PROHS (Elaboração Própria)

Material de Esterilização	
Esterilizador Horizontal	Esterilizador Vertical
Carro para Plataforma de Carga	Plataforma de Carga de Esterilizador
Coletores	Depósitos
Gerador de Vapor	

Tabela 4 - Produtos comercializados pela PROHS (Elaboração Própria)

Material de Esterilização	
Gerador de Vapor	Lavador Desinfetador
Vidoário	Baias de Lavagens
Estufas	
Material Hospitalar	
Degraus	Suportes
Mesas	<i>Rack</i> Mural
Bancadas	Armários
Carros	Bancos Vestiários
Estantes	
Acessórios Hospitalares	
Máquina de Selar	Fita e Canetas
Cestos	Papel e Gráficos
Juntas	Impressoras
Vedantes	Descalcificador
Frascos	Compressor
Tabuleiros	
Componentes Torno Mecânico	
Casquilhos / Bucins	Racord / Ponteiras
Castanhas	Tacos / Tampas
Batente	Porca

No que diz respeito aos esterilizadores, existe um elevado número de referências que variam essencialmente pela sua capacidade e volume. Esta diversidade de modelos que a empresa dispõe está intimamente relacionada com a sua vantagem competitiva, que reside na vasta flexibilidade e especialização de soluções que oferece. No caso do esterilizador horizontal, por exemplo, verifica-se que pode ser fabricado em inox, latão ou misto, pode ser de uma ou duas portas, ter como destino hospital (PN) ou laboratório (PL), possuir um determinado volume, existindo dez possibilidades disponíveis e cada uma delas ser *Full Jacket* (FJ) ou *Partial Jacket* (PJ). Na Figura 21 encontra-se um esquema representativo de uma árvore de produto, no qual se encontram presentes os modelos *standard* associados, apenas, aos esterilizadores do tipo horizontal e fabricados em inox, de modo a demonstrar a elevada variedade de oferta deste equipamento e facilitar a compreensão do esquema.

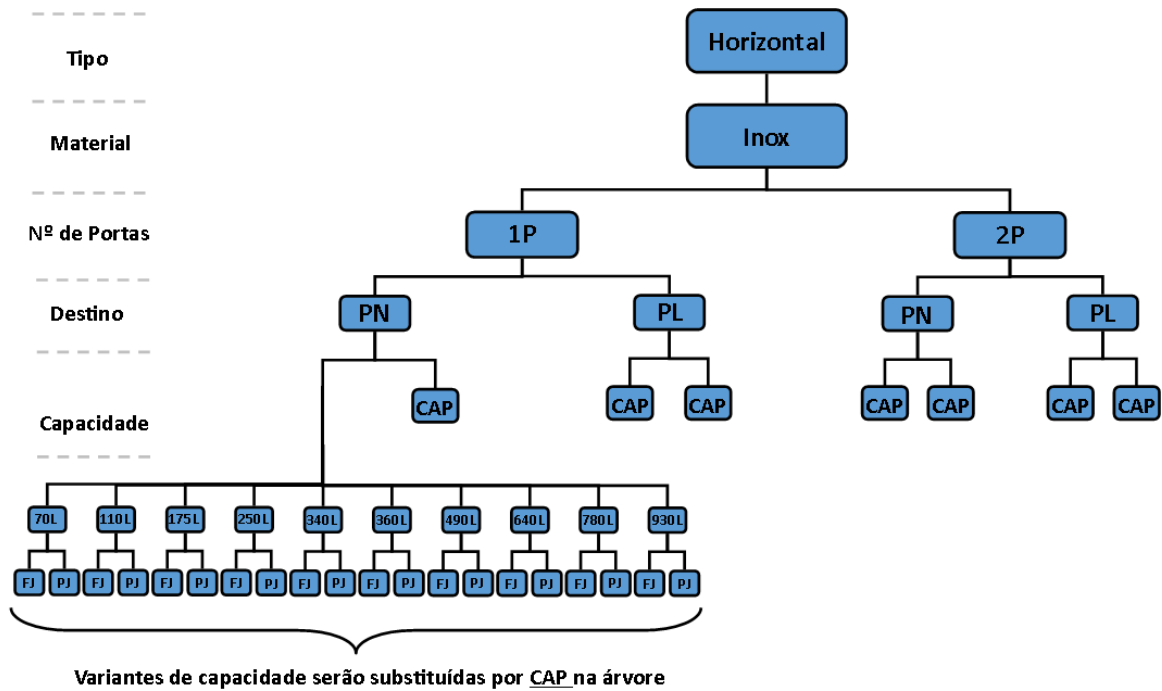


Figura 21 - Árvore do produto para Esterilizador Horizontal em Inox (Elaboração Própria)

De salientar que a imagem não reflete muitos aspetos da personalização que ainda é permitida para cada modelo, providenciando a possibilidade de opções como arrefecimento acelerado ou alteração de componentes específicos. Para além disso, em situações especiais, a empresa poderá ainda realizar alterações no método de fabrico, como é o caso de produzir um volume diferente dos que se encontram disponíveis.

Uma visão mais geral dos modelos standard disponibilizados pela empresa pode ser obtida no Apêndice A, estando refletidos no esquema todos os modelos de esterilizador horizontal fabricados. Do mesmo modo, no Apêndice B, encontram-se representadas as possibilidades disponíveis, no que diz respeito a esterilizadores do tipo vertical.

Apesar do elevado número de alternativas disponíveis, ao qual se associa uma maior dificuldade de gestão, verifica-se que as operações necessárias para o fabrico destes equipamentos são bastante semelhantes, mesmo no caso de serem do tipo vertical ou horizontal. De seguida, apresenta-se o diagrama de fluxo que descreve a sequência de operações necessárias para obter o produto final.

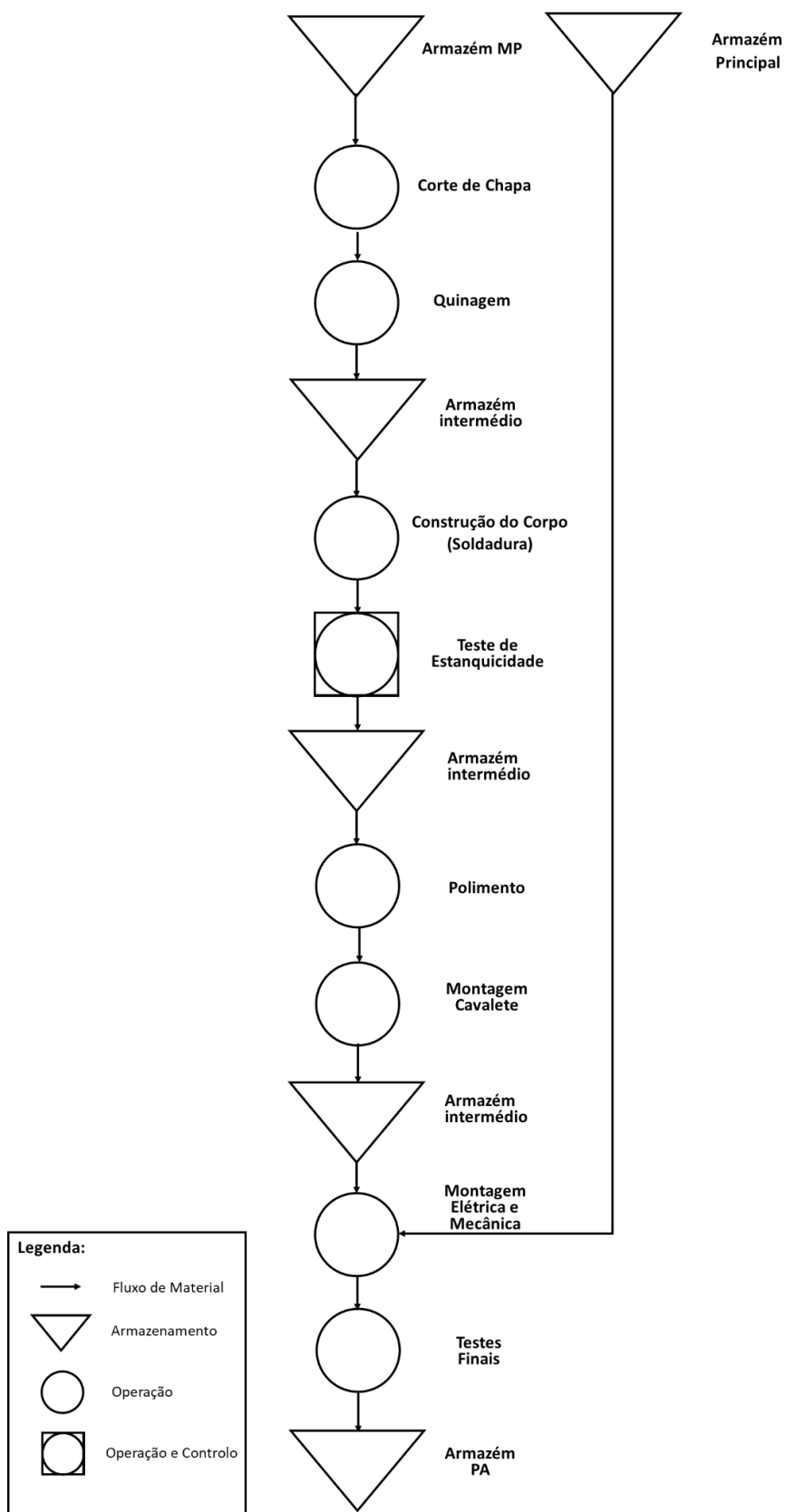


Figura 22 - Diagrama de Fluxo do Fabrico de Esterilizadores (Elaboração Própria)

É importante realçar que, a operação de construção do corpo envolve diversas fases de soldadura, responsáveis por uma grande parte do tempo de produção de cada equipamento, sendo a sua representação simplificada no diagrama apresentado.

4. LOGÍSTICA INTERNA DA PROHS

A logística interna constitui o principal foco do projeto, tendo em conta as diversas ineficiências e oportunidades de melhoria que foram referidas pela empresa e detetadas na fase preliminar do trabalho. Sendo assim, de acordo com a metodologia de investigação-ação escolhida para a realização do projeto, começou por se efetuar um Diagnóstico da situação inicial da empresa através de visitas ao chão de fábrica e de reuniões de curta duração com responsáveis de diferentes departamentos/secções, permitindo obter uma perspetiva do panorama geral dos processos produtivos e logísticos da empresa. De seguida, procede-se com a fase de Planeamento da Ação, na qual são identificados os principais problemas da empresa no âmbito do fluxo de materiais e processos de logística interna, permitindo concretizar um conjunto de soluções que serão desenvolvidos ao longo da dissertação.

4.1. Diagnóstico

Atualmente, verifica-se que os postos de trabalho que necessitam de componentes de pequena dimensão e elevada rotatividade, possuem bordos de linha adjacentes ao seu posto, de modo a facultar estes elementos de forma rápida e acessível. Dado o método de satisfação da procura, *Make-to-Order*, que se caracteriza pela produção mediante pedidos de compra efetivos, aliado a padrões de procura imensamente irregulares, verifica-se uma elevada complexidade na realização de um dimensionamento destes bordos de linha adequado às necessidades futuras de procura. De salientar que o perfil irregular da procura impossibilita a realização de previsões fidedignas, constituindo uma das dificuldades sistemáticas que a PROHS enfrenta, tendo em conta que os seus produtos não apresentam qualquer tipo de sazonalidade ou fator direto que permita inferir projeções futuras. Este aspeto torna-se evidente ao observar a variabilidade associada às vendas nos últimos três anos, como se demonstra na Figura 23. Um exemplo é o esterilizador horizontal PJ 350L, sendo registadas três vendas deste equipamento em 2019 e 25 unidades vendidas em 2021.

Esterilizadores	2019	2020	2021
70L	2	1	1
110L	12	6	10
PJ 150L	1	2	1
175L	16	7	9
PJ 190L	3	3	2
250L	25	31	13
PJ 325L	1	4	3
340L	8	8	4
PJ 350L	3	7	25
360L	17	12	15
PJ 460L	14	8	15
490L	7	11	9
PJ 600L	2	10	8
610L - 640L	8	9	8
740L - 780L	1	4	1
PJ 880L	0	1	1
930L	0	1	4
Total	120	125	129

Figura 23 - Venda de Esterilizadores Horizontais (2019 a 2021) (Elaboração Própria)

Deste modo, a empresa não recorre a previsões para efetuar o seu planeamento, encontrando-se totalmente dependente das negociações de encomendas efetivas para obter conhecimento da procura real. Sendo assim, os bordos de linha encontram-se dimensionados de forma estática, de modo a permitir dar resposta à produção de um número fixo de esterilizadores. As secções que possuem bordos de linha são a Serralharia, zona de Montagem de Chapa Fina e a secção de Montagem Elétrica, sendo possível observar um exemplo na Figura 24.



Figura 24 - Bordos de Linha (Secção de Serralharia) (Elaboração Própria)

No que diz respeito ao processo de abastecimento, ao contrário do que acontece no presente, verifica-se que existia um operador de armazém responsável por percorrer os postos de trabalho, de modo a recolher os contentores vazios presentes em cada local e proceder ao seu reaprovisionamento. Este processo operava de acordo com o sistema de dois contentores (*two-bin system*), no sentido que um contentor vazio deve estar deitado, sinalizando a necessidade de reabastecimento. Esta tarefa seria realizada sem a existência de um período de tempo fixo entre abastecimentos, tendo como objetivo reduzir as consequências associadas a ruturas de componentes.

Atualmente, devido à recente substituição do colaborador de armazém e consequente perda de determinadas rotinas, o novo colaborador realiza apenas o *picking* e abastecimento de material proveniente, exclusivamente, do armazém. No entanto, dado que as secções de serralharia e montagem de chapa fina apresentam um elevado consumo de componentes que se encontram presentes num local diferente de armazenamento, próximo da zona de maquinaria, verifica-se que os bordos de linha nestas secções apresentam um elevado número de contentores vazios e, em certos casos, a incorrer em situação de rutura. Tendo em conta esta falta de reaprovisionamento standardizado nestas secções, o trabalhador de cada posto é responsável por efetuar a gestão das necessidades de cada componente, de modo a antecipar se o *stock* no posto é suficiente para a produção atual. Caso seja necessária uma maior quantidade do que a presente no posto, alerta o chefe de secção para transmitir a necessidade de produção à zona de maquinaria, sendo normalmente necessário que o colaborador saia do seu posto e se desloque para efetuar a recolha do material, assim que este se encontre disponível. Esta situação ocorre com alguma frequência, sendo que as deslocações dos vários colaboradores constituem perdas de tempo desnecessárias e provocam a interrupção do processo de fabrico.

Dada a dificuldade em estabelecer fluxos logísticos que assegurem o abastecimento sistemático dos postos de trabalho, constatam-se os seguintes problemas:

- 1) Rutura de material e consequente deslocação dos operadores ao armazém ou ao local de armazenamento próximo da zona de maquinaria, para recolher os componentes necessários para as encomendas em curso, caso se encontrem disponíveis;
- 2) Paragem do processo de fabrico devido à falta de material, sendo forçada a alteração do equipamento que está a ser processado para que o posto não fique parado;
- 3) Necessidade de controlo de *stock* por parte do colaborador do posto, retirando foco na produção e aumentando a possibilidade de atrasos na deteção de faltas de material;
- 4) Recolha apenas dos componentes necessários para satisfazer a encomenda em fabrico, não repondo o *stock* do posto, que continua em situação de rutura;

De salientar que a necessidade de alterar o equipamento em produção implica, frequentemente, repetir o *setup* inicial para retornar ao seu processamento, incorrendo em perdas de tempo adicionais.

Após abordar os colaboradores no chão de fábrica, foi possível constatar que o *feedback* obtido se demonstrou unânime nesta matéria, sendo que as principais queixas se encontram refletidas nos tópicos mencionados.

No que diz respeito aos locais de armazenamento, seja nos bordos de linha ou no armazém, os componentes encontram-se armazenados em posições que variam com pouca frequência. No entanto, existem situações nas quais se altera a localização dos contentores de determinado componente, especialmente nos BL para facilitar o seu acesso durante a construção de equipamentos. Nestes casos, em que não existe uma posição específica e codificada para armazenar os materiais, verifica-se que mesmo trabalhadores experientes têm a necessidade de incorrer em perdas de tempo para procurar os componentes que precisam. A existência de um sistema visual formal, capaz de atribuir uma posição específica para cada componente, iria facilitar consideravelmente a tarefa de identificar a localização dos artigos durante o processo de *picking* e de reaprovisionamento, permitindo que qualquer colaborador consiga efetuar a tarefa. Este aspeto demonstra-se particularmente relevante dado que, recentemente, se verificou a substituição do responsável de armazém, sendo possível que um colaborador menos experiente assumira estas funções, com um risco reduzido de se verificarem erros ou tempos de *picking* e reabastecimento consideravelmente mais extensos. Além disso, seria uma mais-valia para os colaboradores que possam necessitar de componentes de outros postos de trabalho ou diretamente do armazém, que rapidamente conseguiriam localizar o material.

Adicionalmente, verificou-se que o armazenamento de componentes produzidos na zona de maquinaria ocorre sem qualquer tipo de organização, sendo preenchidas aleatoriamente as posições que se encontrem livres nas respetivas estantes, independentemente do tipo de componente, prioridade ou posto que irá abastecer. Como consequência, quando se pretende reabastecer os postos de trabalho, é necessário pesquisar as posições deste local de armazenamento, denominado internamente como Interface, de modo a confirmar se o produto se encontra disponível. Caso isso não se verifique, procede-se a requisitar a sua produção ao responsável do posto. A reorganização do Interface iria facilitar, consideravelmente, o processo de recolha e reabastecimento de material, dada a redução do tempo e esforço necessário para

localizar os componentes pretendidos. De salientar, que o Interface constitui o principal local de armazenamento de componentes para as secções de Serralharia, podendo ser observado na Figura 25.



Figura 25 - Local de armazenamento (Interface) (Elaboração Própria)

Sendo assim, constata-se que o método atual de abastecimento aos postos de trabalho é desorganizado, demonstrando a falta de métodos standardizados que permitam:

- assegurar o reaprovisionamento sistemático de componentes aos bordos de linha, reduzindo/eliminando a ocorrência de ruturas;
- reduzir ou eliminar os tempos de deslocamento dos colaboradores para recolha de material, melhorando a eficiência dos processos;
- reduzir os tempos associados a paragens do processo de fabrico, que promovem atrasos e interrupções no fluxo produtivo;
- identificar intuitivamente a posição de cada componente nos bordos de linha e no Interface, de modo a facilitar o processo de reaprovisionamento do operador logístico e diminuir o tempo de procura por componentes.

Além destes constrangimentos que afetam diretamente o fluxo de materiais no chão de fábrica e a capacidade de estabelecer um processo de fabrico contínuo, identificaram-se outros problemas que, direta ou indiretamente, têm impacto sobre os processos logísticos da empresa. Um destes problemas está relacionado com os componentes presentes em cada encomenda apenas serem registados como consumidos quando se realiza o processo de expedição, devido à forma como foi desenvolvido o sistema ERP implementado recentemente na empresa. Este aspeto contribui para que os valores de inventário se encontrem desfasados com o consumo real, podendo originar rutura de componentes externos, dado que as quantidades em armazém são inferiores às que se encontram registadas no sistema.

4.2. Planeamento da Ação

Com a realização do mapeamento da situação atual, identificaram-se um conjunto de problemas e oportunidades de melhoria associados aos processos de logística interna da empresa. Tal como referido, algumas das consequências traduzem-se em ruturas de material nos postos de trabalho,

interrupções no processo de fabrico e atrasos na satisfação de encomendas, reduzindo o nível de serviço e aproveitamento da capacidade produtiva dos colaboradores. Adicionalmente, constatam-se dificuldades ao nível dos sistemas de informação, verificando-se discrepâncias nos inventários que prejudicam diretamente o planeamento da produção, podendo resultar na falta de componentes indispensáveis. Esta situação tem-se demonstrado mais crítica perante a instabilidade das cadeias de abastecimento, devido à atual pandemia de covid-19 que resulta na falta de componentes indispensáveis.

Sendo assim, na Tabela 5 encontram-se os principais problemas detetados que afetam os processos de logística interna.

Tabela 5 - Problemas identificados na PROHS (Elaboração Própria)

Problema	Descrição do Problema
(1)	Dimensionamento dos bordos de linha desajustado às necessidades atuais de produção;
(2)	Inexistência de sistema de reaprovisionamento sistemático e standardizado aos postos de trabalho;
(3)	Inexistência de sistema visual e codificado que permita a identificação da posição específica dos componentes nos locais de armazenamento;
(4)	Desorganização no Interface, visto que o material é colocado nas posições que se encontram livres no momento, não existindo critério para efetuar o armazenamento ou encomenda;
(5)	Desfasamento de <i>stocks</i> , dado que componentes são registados como consumidos apenas na fase de expedição.

De seguida, com o objetivo de se efetuar um planeamento de ações que visam a mitigação das consequências associadas aos problemas identificados, procedeu-se com a concretização de possíveis soluções, tal como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Propostas de solução para os problemas detetados (Elaboração Própria)

Problema	Proposta de Solução
(1)	Estudar estratégias de dimensionamento que minimizem a possibilidade de rutura, funcionando em conjunto com o sistema de reabastecimento dos bordos de linha;
(2)	Definir rotas e período de tempo entre abastecimentos;
(3)	Criar sistema visual no Interface que permita o conhecimento da posição específica dos componentes de forma simples e intuitiva;
(4)	Definir critérios de organização que facilitem a identificação da posição de cada referência, tendo em conta aspetos como a dimensão dos contentores e das estantes e as quantidades de <i>stock</i> de cada artigo.
(5)	Análise do método de registo de entrada/saída de material no ERP da empresa e avaliação de ações de melhoria, como o desenvolvimento de subconjuntos dos esterilizadores para registar o consumo à medida que se produz (atualmente, todo o material consumido é registado em simultâneo, apenas no momento de expedição);

Depois de delinear quais os principais problemas responsáveis por criar entropia nos processos produtivos e logísticos da empresa, torna-se necessário definir um sistema de prioridades que permita estabelecer aqueles que devem ser alvo de maior atenção. Sendo assim, utilizou-se a Matriz de Prioridades de Custo, Esforço e Benefício (CEB), de maneira a ter em conta estas três dimensões na concretização dos problemas que maior impacto teriam, caso fossem efetuadas melhorias. Na Figura 26 encontra-se presente a matriz de prioridades mencionada.

Processos	Priorização			Resultado		Critérios de Priorização			
	Problemas	C	E	B	Peso (CxExB)	% Criticidade	Custo	Esforço	Benefício
1	9	7	9	567	32,6%		Muito Baixo	Muito Baixo	Muito Alto
2	9	7	9	567	32,6%		Baixo	Baixo	Alto
3	7	5	7	245	14,1%		Médio	Médio	Médio
4	9	5	7	315	18,1%		Alto	Alto	Baixo
5	5	1	9	45	2,6%		Muito Alto	Muito Alto	Muito Baixo

Custo	Esforço	Benefício	
Menor Melhor	Menor Melhor	Maior Melhor	9
			7
			5
			3
			1

Criticidade: ■ Baixa ■ Média ■ Elevada

Figura 26 - Matriz de Prioridades CEB para os problemas identificados (Elaboração Própria)

Deste modo, a ordem de prioridades dos problemas identificados é a seguinte ordem de prioridade: 1 – 2 – 4 – 3 – 5.

Após a realização da matriz de prioridades, efetuou-se uma reunião com o diretor de operações, no sentido de validar os resultados obtidos e assegurar que a sequência de prioridades corresponde às expectativas da empresa, em termos da relevância dada a cada problema. Sendo assim, depois de obtida a aprovação, decidiu-se que seria importante focar a atenção na secção de Serralharia, tendo em conta que apresenta a maior necessidade de melhorias, no âmbito da logística interna.

De salientar que a empresa subcontratou os serviços de consultores *Lean* que integraram a equipa de melhoria contínua da PROHS, sendo realizada uma reunião semanal de acompanhamento do projeto, juntamente com responsáveis de outros departamentos, para assegurar que as ações planeadas estão de acordo com os objetivos da empresa.

Assim, começa-se por dar resposta aos Problemas 1 e 2, associados ao dimensionamento inadequado dos bordos de linha e à falta de um sistema de reaprovisionamento sistemático de componentes aos postos de trabalho, dado que revelaram ser os mais críticos. A resolução destes problemas será efetuada em simultâneo, tendo em conta que se encontram interligados, sendo que o número de vezes que é efetuado o reabastecimento irá influenciar a quantidade necessária nos bordos de linha. A Figura 27 reflete as duas dimensões que serão analisadas para solucionar os problemas mencionados.



Figura 27 - Representação da interligação entre os Problemas 1 e 2 (Elaboração Própria)

É importante realçar a necessidade de abordar as referências fabricadas internamente em separado das que são adquiridas a fornecedores externos, dado que os critérios a ter em conta são diferentes. Por exemplo, nas referências fabricadas na empresa, é necessário verificar se a secção de maquinaria tem capacidade para produzir a quantidade dimensionada.

Para a implementação das soluções mencionadas, destaca-se a necessidade de efetuar um registo e análise crítica dos produtos que se encontram, atualmente, presentes nos bordos de linha. De seguida, será necessário realizar um estudo que permita compreender as quantidades que

devem estar presentes, de modo a garantir a satisfação das necessidades atuais dos postos, tendo em conta aspetos como a elevada variabilidade associada à procura, a capacidade limitada de produção interna de componentes e o *lead time* de fornecedores.

Após a realização das tarefas mencionadas, encontram-se reunidas as condições necessárias para se proceder com a resolução do Problema 4, relacionado com a desorganização atual do Interface e consequente necessidade de definir critérios para efetuar o armazenamento dos componentes nesse local. Por último, após efetuar a alocação de cada referência a uma localização no Interface, é possível proceder com a elaboração de etiquetas, nas quais deverá constar um novo campo que identifique a sua posição específica, de modo a dar resposta ao Problema 3 e desenvolver um sistema visual que auxilie na localização destes artigos.

4.3. Recolha e Processamento de Dados

No que diz respeito ao dimensionamento dos bordos de linha, é necessário começar por compreender quais os componentes que se encontram nestes locais e se a sua presença é efetivamente necessária. Assim, dado não existir esta informação no formato digital, procede-se a efetuar o registo, manualmente, de todos os componentes presentes em cada um dos oito locais de armazenamento da secção de Serralharia. Durante este processo de recolha dos dados nos bordos de linha, foi possível constatar alguns problemas, dos quais de destacam os seguintes:

- 1) Códigos de componentes desatualizados, não estando de acordo com a nomenclatura atual;
- 2) Incoerências na informação das etiquetas, tal como a existência de etiquetas sem quantidade por caixa ou sem material a que se destina, produtos com o mesmo código, mas designações diferentes e produtos com o mesmo nome, mas com códigos diferentes;
- 3) Componentes sem etiqueta devido à sua perda durante o transporte e manuseamento dos contentores, sendo que os colaboradores apenas reconhecem os produtos devido à sua experiência;
- 4) Contentores do mesmo componente podem encontrar-se em locais diferentes do bordo de linha, visto que por vezes se desloca o contentor para mais próximo do posto para facilitar a sua utilização, mas depois não se repõe na sua posição original. Em determinadas situações, os contentores chegam mesmo a ser encontrados em bordos de linha diferentes;
- 5) Componentes sem código interno, dificultando a sua gestão e pedido de fabrico, dado que não existe uma designação padrão que permita especificar em concreto o produto.

A presença de códigos desatualizados e produtos sem etiqueta dificultaram, consideravelmente, a recolha de informação sobre os produtos, visto que não era possível confirmar no ERP da empresa a que produto é que esses códigos estavam associados. Deste modo, tornou-se necessário fotografar todos os componentes que possuíam códigos desatualizados, permitindo, posteriormente, obter a sua identificação correta com o auxílio do departamento de investigação e desenvolvimento.

Para além de efetuar este registo, procedeu-se à elaboração de um *template* (Apêndice C) que permite aos colaboradores destacar componentes que, dada a sua importância e elevada utilização, deveriam constar nestes bordos de linha. Por outro lado, o documento permite também o registo de componentes obsoletos nestes locais, não sendo utilizados atualmente na produção, motivo pelo qual devem ser removidos.

Depois do registo de todos os componentes nos bordos de linha e da atualização dos respetivos códigos, segue-se a recolha de um conjunto de listas técnicas no sentido de criar uma base de dados que contenha uma amostra representativa dos diversos componentes utilizados na produção de esterilizadores horizontais, assim como das quantidades utilizadas. Tendo em conta que os esterilizadores horizontais são o equipamento de maior importância e contribuição financeira para a empresa, estes serão o principal foco do atual estudo e consequente dimensionamento. Deste modo, através das funcionalidades da ferramenta Excel, e em conjunto com a implementação de código VBA, foi possível realizar o processamento dos dados, com o objetivo de extrair a informação mais relevante. Tendo em conta que o dimensionamento dos bordos de linha está a ser realizado de modo a garantir que não se verificam ruturas, procedeu-se ao cruzamento de dados presentes nas listas técnicas, permitindo obter para cada componente a quantidade máxima em que é utilizado e concretizar quais os esterilizadores que utilizam esse componente nessa quantidade. Adicionalmente, será também indicado em que bordo de linha este produto se encontra presente. Um exemplo dos resultados obtidos com este tratamento de dados pode ser visto na Figura 28.

Esterilizadores Horizontais					
Código 1	Código 2	Descrição	QT (Max)	Esterilizador	BL
AC31038	TM39066	Anilha Fixação Cavalete 40x5mm	4	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	3;5
AC33025	AC33025	Casquilho Sext. M-M 1_2'	32	490-FJ;	7
AC33086	AC33086	Casquilho Sext. Red. 1_2' 3_8' MM	4	490-FJ;780-FJ;	7
AC33258	TM39067	Conj. Afinador da Corrediça da Porta Lateral	16	460-PJ;	
AC33293	NA	Castanha Inox 1" M P/ Colectores Est. Horizontal	1	PJ;	7
AC33294	AC33294	Castanha Inox 3_8" M P_Colectores	3	110-FJ;175-FJ;	6
AC33305	AC33305	Castanha Femea 1' 15 mm boca lobo	3	640-FJ;780-FJ;	6
AC33306	AC33306	Castanha Macho 1' 22 mm Boca Lobo	1	110-FJ;175-FJ;	6
AC33307	TM32031	Castanha Femea 1_2' 15 mm (pousar)	16	640-FJ;780-FJ;	7
AC33308	TM32011	Castanha 3_4' P_ G.V.	3	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	6
AC33312	TM32001	Castanhas Inox 1/2' F (bengalas)	9	460-PJ;	2
AC33315	NA	Castanha 3/8" 15mm	1	110-FJ;175-FJ;FJ ;	7
AC33323	TM32033	Castanha 1' F 15mm (pousar)	1	250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	7
AC33324	TM32004	Castanha Inox 3/8" F	2	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC33325	TM32013	Castanha 1.1_4' F 15mm (pousar)	1	250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	6
AC33326	TM32019	Castanha Inox 1/2' 75mm	4	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC33327	TM32023	Castanha Inox 1.4404 (316L) 1/2" 50mm	2	460-PJ;	2
AC33328	TM32026	Castanhas Inox 1' x 110mm (esgoto)	3	640-FJ;780-FJ;930-FJ;	1;2
AC33329	TM32048	Castanha Inox Tapada 32x80mm 1 Furo	3	460-PJ;	1
AC33330	NA	Casquilho do braço Dobradiça Premium	8	PJ;	7
AC33336	TM34007	Racord Inox 1/2'	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	1
AC33337	TM34011	Racord Inox 1"	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	1
AC33338	TM34016	Racord 1/2"*100 Inox 316L (1.4404)	1	460-PJ;	2
AC33339	TM34017	Racord 1"*100 Inox 316L (1.4404)	1	460-PJ;	2

Figura 28 - Excerto da lista de componentes presentes nos bordos de linha (Elaboração Própria)

De salientar que a existência das colunas “Código 1” e “Código 2” deve-se ao facto de ser necessária a existência de códigos diferentes, para as situações em que o produto é fabricado internamente ou adquirido externamente. As referências que iniciam com a designação “AC” são adquiridos externamente, enquanto as referências iniciadas por “TM” são produzidas na empresa, na maioria das situações.

4.4. Método de Reabastecimento – Bordos de Linha

Tendo em conta a elevada variabilidade associada aos diversos equipamentos que são fabricados na PROHS, é necessário definir um método que permita concretizar as quantidades de cada componente que devem constar nos bordos de linha. Sendo assim, tendo por base os valores de

vendas dos últimos anos, constata-se que o maior valor ocorre em 2021, no qual se regista a comercialização de 129 esterilizadores horizontais (Figura 23). Dado que a empresa opera durante 48 semanas anualmente, este valor máximo de procura corresponde a uma produção semanal de, aproximadamente, 2,7 esterilizadores. É importante referir que este valor é considerado o limite da capacidade produtiva, justificado pelo facto de a empresa não conseguir ultrapassar este valor de equipamentos produzidos, sendo obrigada a rejeitar as restantes encomendas. Tendo em consideração estes fatores, e com o intuito de prevenir a ocorrência de rutura de material nestes locais, considerou-se que o dimensionamento deve ser efetuado de modo a dar resposta a uma procura de três esterilizadores semanais, permitindo absorver algum aumento da procura de componentes que se verifique em momentos específicos, representando um fator de segurança de 11%, aproximadamente. Deste modo, existe uma margem de segurança relativamente à capacidade produtiva e procura total por estes equipamentos, presente nos dados históricos. Adicionalmente, ao dimensionar desta forma para todos os componentes, considera-se uma perspetiva pessimista na qual se assume que os três esterilizadores produzidos por semana consomem material correspondente às mesmas referências, situação que é incomum na empresa.

O reaprovisionamento será implementado seguindo os princípios de funcionamento do sistema de dois contentores (*2-bin system*), segundo o qual apenas contentores vazios serão reabastecidos em cada percurso. Para além disso, serão estudadas variantes que consideram o reabastecimento dos bordos de linha uma ou duas vezes por semana. De salientar que a análise de reabastecimento diário também foi analisada, no entanto, devido à natureza da estratégia de produção da empresa ser do tipo *make-to-order*, verifica-se que o volume de procura de componentes não justifica esta frequência de abastecimento.

Para efetuar um dimensionamento adequado, torna-se necessário contemplar o que pode ser considerado como o pior cenário possível, de modo a prevenir a falta de *stock* nos BL. Esta situação ocorre quando o operador logístico visita um determinado bordo de linha e verifica que existe um contentor cheio de material e outro contentor com algum material, podendo ser apenas uma unidade. Tendo em conta que nenhum dos contentores se encontra vazio, o operador continua a sua rota sem reabastecer esse bordo de linha. Esta situação encontra-se representada a vermelho no primeiro exemplo da Figura 29, para uma interpretação mais intuitiva.

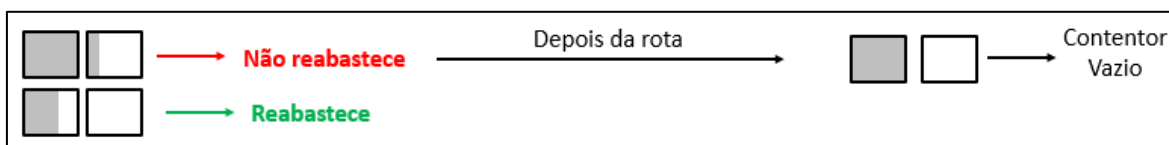


Figura 29 - Procedimento de reabastecimento de material (Elaboração Própria)

Imediatamente após esta visita, constata-se que a unidade no primeiro contentor é consumida deixando-o vazio (“rutura”), ficando apenas o segundo contentor cheio no BL. No entanto, dado que o operador logístico já passou nesse local, não irá ocorrer reabastecimento, sendo que o único material existente nesse BL encontra-se no contentor cheio, que terá de ser suficiente até ao próximo reabastecimento. Sendo assim, a quantidade por contentor será equivalente à capacidade, que representa a procura durante o *lead time* (LT) entre rotas, acrescido de um *stock* de segurança. Considerando a possibilidade de o processo de reaprovisionamento ocorrer uma vez por semana (Figura 30), ao qual se encontra associado um *lead time* de cinco dias, verifica-se que cada contentor terá de conter material equivalente a três esterilizadores.

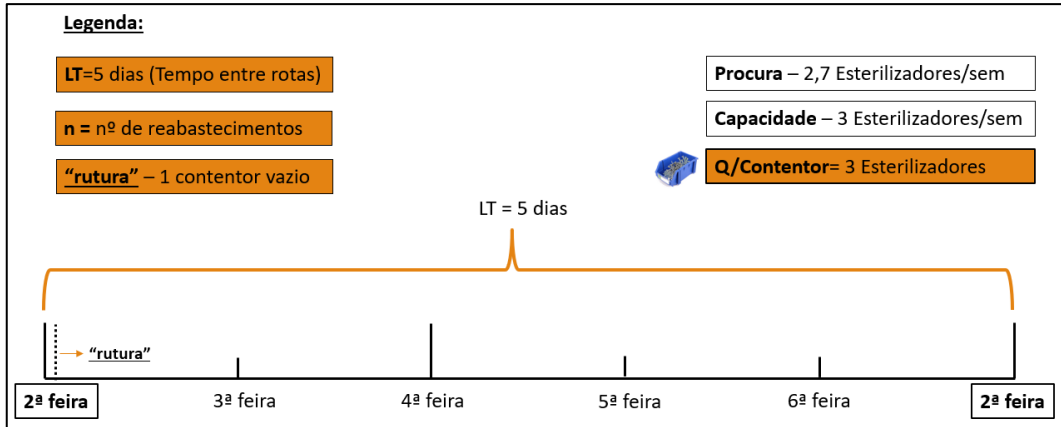


Figura 30 Reabastecimento uma vez por semana (n=1) (Elaboração Própria)

Com base na explicação anterior, resulta que a quantidade total de material (Q) no bordo de linha, presente nos dois contentores, é dada pela seguinte equação:

$$Q = 2 * D_{LT} + SS \tag{Equação 2}$$

Deste modo assegura-se que, na pior situação, cada contentor possui material para satisfazer a procura durante o *lead time* (D_{LT}), sendo acrescido uma quantidade como *stock* de segurança (SS). Neste caso, o *stock* de segurança corresponde ao excesso de capacidade, em relação à procura estimada, ou seja, equivalente a 0,3 esterilizadores ou 0,6 dias. De salientar que, dado que a procura estimada para uma semana é de 2,7 esterilizadores, significa que os três esterilizadores dimensionados asseguram a existência de material para 5,6 dias. Na Figura 31 encontra-se uma representação do pior cenário para o exemplo mencionado, segundo o qual se verifica a ocorrência de reabastecimentos à segunda-feira, ou seja, uma vez por semana.

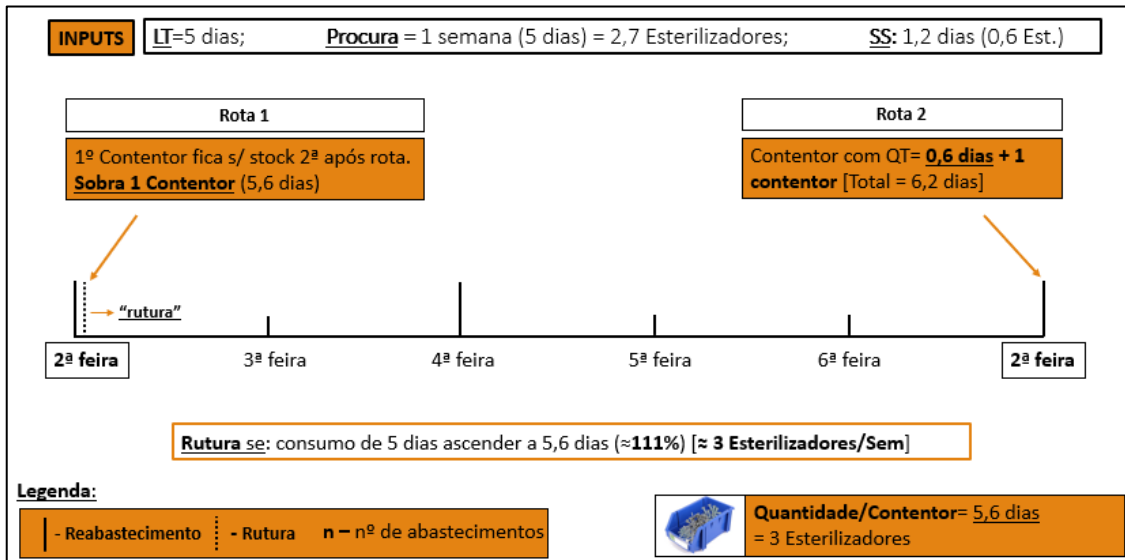


Figura 31 - Esquema "Pior Cenário" com um reabastecimento por semana (Elaboração Própria)

Sendo assim, de acordo com o raciocínio elaborado, é possível verificar que na Rota 2 o valor de *stock* seria de 0,6 dias, equivalente ao *stock* de segurança, representando a quantidade mínima dimensionada. Dado que essa quantidade corresponde a menos de um contentor, significa que será necessário abastecer o bordo de linha com um contentor adicional, perfazendo um total de 6,2 dias de inventário. Nesta situação, verifica-se que a capacidade do sistema dimensionado permite

absorver um aumento no valor da procura de, aproximadamente, 11% em relação ao valor de referência estipulado, tal como referido anteriormente.

Com a realização destes cenários, tornou-se possível definir o método que servirá de base para compreender as quantidades de cada componente que devem estar presentes nos bordos de linha, de modo a satisfazer as necessidades de procura atual nos postos de trabalho. No entanto, constata-se que existem outros fatores que limitam a implementação direta deste cenário, e que diferem para os produtos de fabrico interno ou adquiridos externamente.

No caso de fabrico interno de componentes, mais concretamente no posto de Maquinagem, é necessário ter em conta que a secção não apresenta capacidade para dar resposta à procura atual. Por este motivo, verifica-se que uma crescente variedade de referências têm sido adquiridas através de fornecedores externos, no sentido de colmatar esta lacuna e prevenir interrupções no fluxo produtivo devido a ruturas de material. Deste modo, salienta-se a necessidade de contemplar os seguintes fatores:

- Número de reabastecimentos semanal;
- Quantidade a produzir de cada componente;
- Tempo entre o pedido de produção e consumo dos componentes;
- Dimensão dos componentes;
- Volume dos contentores;
- Quantidade variável que cada esterilizador consome de determinada referência.

Com base nestes fatores, é possível concretizar a quantidade de *stock* responsável por despoletar o pedido de fabrico à maquinagem, para cada componente.

No que diz respeito aos produtos adquiridos externamente, os principais aspetos a ter em conta no processo de dimensionamento são os seguintes:

- Número de reabastecimentos semanal;
- Número de contentores necessário;
- Volume dos contentores;
- Dimensão dos componentes;
- Método de organização de componentes (quantidades consideravelmente superiores aos componentes internos);
- Quantidade variável que cada esterilizador consome de determinada referência.

De salientar que as quantidades encomendadas têm sofrido aumentos recentes, dado o incumprimento de prazos que se tem verificado por parte dos fornecedores devido à falta de componentes críticos na produção. Considerando os fatores mencionados, verifica-se que será necessário estipular um ponto de encomenda para cada componente, de modo a sinalizar a necessidade de efetuar uma encomenda ao fornecedor e prevenir a ocorrência de ruturas.

De seguida serão abordados os principais cenários estudados, responsáveis pelo desenvolvimento de um sistema capaz de integrar o dimensionamento dos bordos de linha, o dimensionamento do Interface e o sistema de reaprovisionamento, de modo a prevenir ruturas e permitir um fluxo de material contínuo.

5. COMPONENTES DE FABRICO INTERNO – PRIMEIRA ITERAÇÃO

No presente capítulo será abordado o estudo realizado para o abastecimento de bordos de linha, relativo às referências fabricadas internamente na empresa. Tal como descrito anteriormente, é necessário contemplar um conjunto de fatores distintos para estas referências, comparativamente com as referências adquiridas externamente, motivando a realização do seu estudo em capítulos diferentes.

Sendo assim, será apresentado o processo iterativo de desenvolvimento de cenários, tendo como principal objetivo a concretização dos valores mais adequados para as variáveis de estudo, atendendo aos requisitos impostos pela empresa.

5.1. Desenvolvimento e Análise de Cenários

Para se dar início ao estudo, começa-se por recorrer à base de dados previamente elaborada, com o intuito de compreender quais seriam as referências a analisar e a respetiva informação. As referências em estudo, fabricadas internamente e associadas à produção de esterilizadores horizontais na secção de Serralharia, encontram-se presentes na Figura 32.

Tabela Final - Componentes que devem estar presentes nos BL					
Desenho	Código	Descrição	QT (Max)	Esterilizador	BL
TM32002	TM32002	Castanhas Inox 1" F	1	490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
TM32003	TM32003	Castanha Inox 3/4 F	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;	2
TM32024	NA	Castanha Inox 1/2"*115mm	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;460-PJ;	2
TM32025	NA	Castanha Inox 3/4"*115mm	1	460-PJ;	2
TM32032	TM32032	Castanha 3/4 15mm	1	110-FJ;175-FJ;	6
TM32043	NA	Castanha Inox 3/4"*50mm	1	460-PJ;	2
TM32054	NA	Castanha para Olhal Inox M20	4	FJ/PJ;	2
TM32057	TM32057	Castanha 1" M 80mm Para Coletor	1	640-FJ;780-FJ;	6
TM39084	NA	Suporte Apoio da Porta Série50 Premium	4	PJ;	5

Figura 32 - Produtos fabricados na secção de Maquinagem (Elaboração Própria)

De salientar que, como pode ser observado na Figura 32, as referências são consumidas em quantidades diferentes por equipamento, podendo ser de uma ou quatro unidades por cada esterilizador. Este aspeto implica um dimensionamento próprio para cada uma destas variantes, tendo em conta que terá impacto em aspetos que serão posteriormente abordados.

Durante esta fase, tornou-se necessário ter em conta alguns requisitos da empresa, que incidiam essencialmente nos seguintes aspetos:

- Tempo entre o pedido e a conclusão da produção deve ter em conta a capacidade da Maquinagem, visto que também realiza muitos processos secundários de auxílio à produção;
- Quantidade produzida entre referências deve ser aproximadamente constante, no sentido de facilitar o planeamento da Maquinagem e evitar longos períodos de espera para a produção dos restantes componentes;
- Número de reabastecimentos por semana deve ser reduzido, preferencialmente apenas uma vez, tendo em conta que não existe um operador logístico específico, afeto a estas tarefas atualmente.

De realçar que a preferência pela realização de reabastecimentos pouco frequentes (semanais) deve-se à empresa planear, numa primeira fase, recorrer a um dos atuais colaboradores para realizar o reabastecimento dos bordos de linha, implicando a necessidade de abandonar as suas funções na produção, temporariamente.

Sendo assim, e com base no “Pior Cenário” anteriormente explicado, procedeu-se com a elaboração de cenários nos quais o processo de reabastecimento se realiza uma vez por semana.

Com base nos requisitos da empresa, assim como no raciocínio descrito no subcapítulo 4.4 que sustenta o desenvolvimento do método de reabastecimento aos bordos de linha, procedeu-se à elaboração de cenários com vista a averiguar quais os valores das variáveis de estudo mais adequados à situação atual da empresa. Estas variáveis dizem respeito à quantidade presente em cada contentor do bordo de linha, quantidade presente por contentor no Interface, número de contentores vazios no Interface responsável por despoletar pedidos de produção e período de tempo entre reabastecimentos. De seguida, apresentam-se os cenários mencionados.

Cenário 1 - Original (n=1)

Tal como referido na Figura 30, cada contentor deverá conter material para abastecer o BL até ao próximo reabastecimento (*lead time* de cinco dias), acrescido de um *stock* de segurança, o que equivale ao valor da capacidade, ou seja, três esterilizadores por semana. Este valor corresponde a 5,6 dias, tendo em conta o valor de procura definido de 2,7 esterilizadores por semana. Adicionalmente, com base nos requisitos da empresa, estabeleceu-se que o Interface deve ter o dobro da quantidade presente nos bordos de linha. Deste modo, o cenário obtido pode ser observado na Figura 33, sendo que as quantidades apresentadas correspondem ao número de esterilizadores dimensionado.

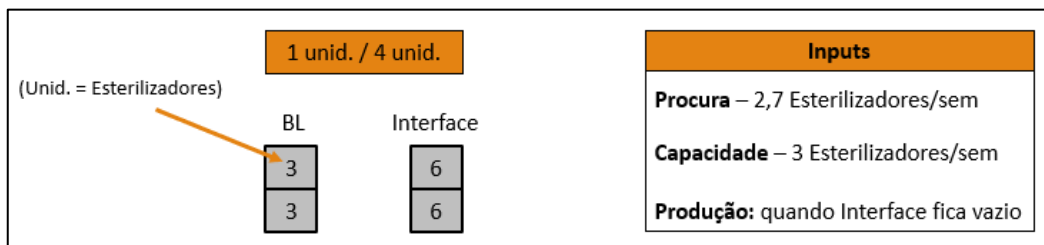


Figura 33 - Dados do Cenário 1 (Elaboração Própria)

Neste caso, tendo em conta que o contentor tem material para, aproximadamente, 5,6 dias, verifica-se a necessidade de reabastecer os bordos de linha cerca uma vez por semana, tal como pode ser confirmado na Figura 34.

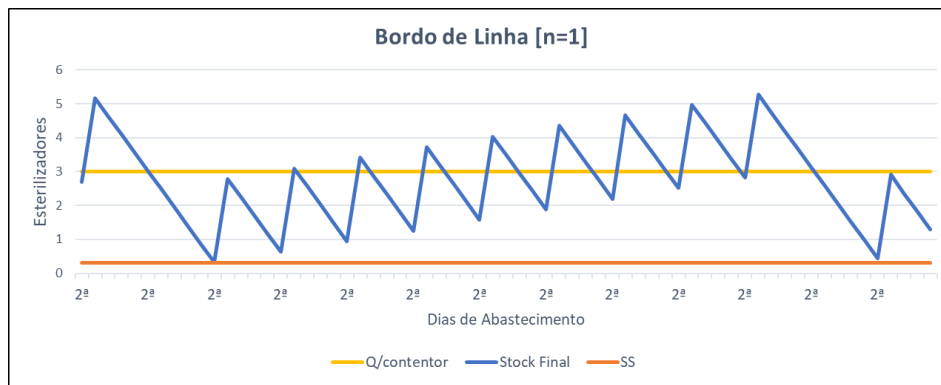


Figura 34 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (Cenário 1) (Elaboração Própria)

De salientar que em cada reaprovisionamento se abastece um excedente de material equivalente a cerca de 0,6 dias (*stock* de segurança), motivo pelo qual, ao fim de algum tempo, verifica-se uma semana na qual não é necessário ocorrer abastecimento, dado que nessa segunda-feira o posto tem mais do que um contentor com material.

No que diz respeito ao Interface, verifica-se que este possui dois contentores, com material para 12 esterilizadores no total. Assim, quando o operador logístico retira o último contentor do Interface com o objetivo de reabastecer o bordo de linha, é libertado o pedido de produção à maquinaria, de maneira a repor na totalidade o material no Interface. Tendo em conta que as referências podem ser de uma ou quatro unidades por esterilizador, e se vai produzir para 12 esterilizadores, a quantidade de produção varia entre 12 a 48 unidades, dependendo do produto fabricado. Adicionalmente, visto que o próximo pedido de material para os bordos de linha ocorre, no mínimo, após uma semana, esse corresponde ao tempo que a secção de Maquinagem possui para realizar a produção, desde que é efetuado o pedido. No entanto, dado que se produz material para 12 esterilizadores, equivalente a quatro vezes o *lead time*, significa que apenas terá de produzir a cada quatro semanas, aproximadamente, como pode ser visto na Figura 35.

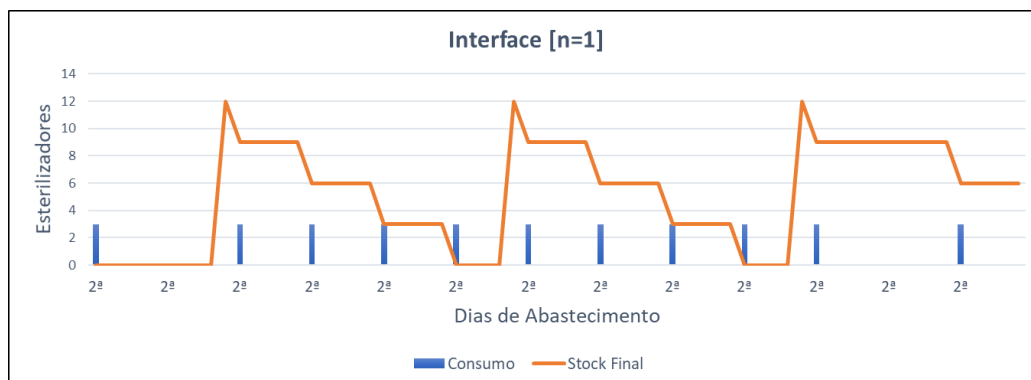


Figura 35 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 1) (Elaboração Própria)

De salientar que a produção de material está planeada de modo que no dia anterior à necessidade do componente, que ocorre à sexta-feira, o material deverá estar pronto, de maneira a assegurar que se encontra disponível para o reabastecimento de segunda-feira ao início do dia.

A título de exemplo, a Figura 36 demonstra a dinâmica entre os reabastecimentos semanais para os bordos de linha e a necessidade de produção da secção de Maquinagem para repor o Interface a cada quatro semanas, aproximadamente.

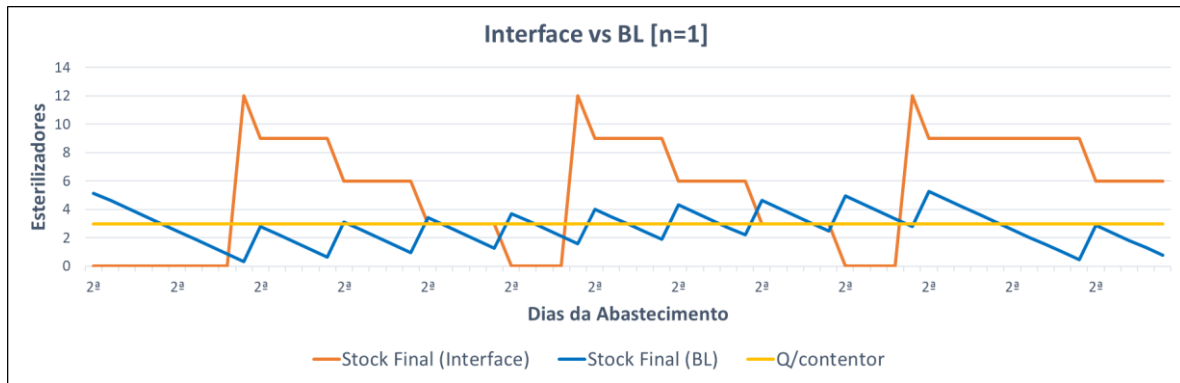


Figura 36 - Sistema de Reabastecimento no Interface e Bordo de Linha (Cenário 1) (Elaboração Própria)

Em resumo, constata-se que o cenário apresentado tem os seguintes *outputs*:

- Quantidade de produção entre 12 e 48 unidades;
- Tempo de produção equivalente ao *lead time* (5 dias);
- Bordos de linha precisam de reabastecimento, praticamente, todas as semanas;
- Produção para reabastecer Interface a cada quatro semanas, aproximadamente.

Com base nestes resultados, verifica-se que a quantidade de produção é bastante variável, podendo dificultar o planeamento da secção de Maquinagem e a previsão do tempo de produção das referências em espera. De salientar que o tempo de produção referido durante o desenvolvimento de cenários, diz respeito ao tempo que a secção de Maquinagem tem para concluir a produção, desde o momento em que é despoletado o pedido de fabrico até que se verifique a próxima necessidade de consumo. Adicionalmente, é importante realçar que a quantidade produzida não deverá ser muito reduzida, devido aos custos que a empresa incorre, associados à realização de *setups* constantes que contribuiriam para agravar a capacidade limitada que a secção apresenta atualmente. Do mesmo modo, volumes de produção demasiado elevados podem conduzir a atrasos na produção de referências que são necessárias e que se encontram à espera de serem produzidas. Para além destes motivos, o tempo de produção de uma semana para a maquinagem poderá ser considerado reduzido, dada a carga de trabalho elevada da secção. Por este motivo, e com base no *feedback* da empresa e da equipa de melhoria contínua, procedeu-se a estudar um cenário mais adequado à situação atual da empresa, que será descrito de seguida.

Cenário 1.1 – Quantidade de Produção de 24 unidades (n=1)

Com o intuito de melhorar os resultados obtidos anteriormente, desenvolveu-se um novo cenário que permitisse estabelecer um volume de produção constante, assim como um período de tempo mais alargado entre o pedido de fabrico de componentes e a sua necessidade efetiva. Para isso, começou por se duplicar o valor presente nos contentores do bordo de linha e do Interface para seis e doze esterilizadores por contentor, respetivamente, para as referências que consomem uma unidade por esterilizador. Deste modo, e mantendo o método de despoletar a produção de componentes assim que o Interface fica sem material, resulta que a quantidade de produção será de 24 unidades, equivalente a dois contentores neste caso. Para além disso, visto que se inicia a produção quando se retira do Interface o último material presente, equivalente a seis

esterilizadores, ou seja, a um contentor do bordo de linha, significa que esta quantidade permitirá dar resposta à procura de pelo menos dez dias, sendo este o tempo mínimo de produção, como se pode observar no lado esquerdo da Figura 37.

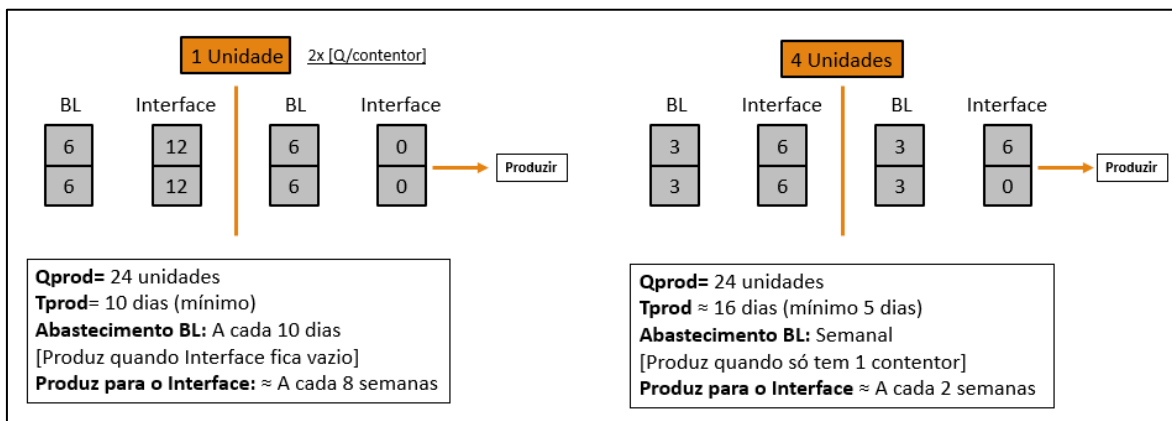


Figura 37 - Descrição Cenário 1.1 (Elaboração Própria)

No caso das referências que consomem quatro unidades por esterilizador, representado no lado direito da Figura 37, verifica-se a necessidade de adaptar o sistema de despoletar encomendas, de modo a permitir obter uma quantidade de produção de 24 unidades, tal como nas referências que consomem uma unidade. Para isso, define-se que após o consumo de apenas um contentor no Interface, que contém material para seis esterilizadores, correspondente a 24 unidades, será efetuado o pedido de produção. Esta adaptação permite não só obter a quantidade de produção pretendida, mas também estender o período entre o pedido de produção e o seu consumo para cerca de três semanas. Isto acontece visto que, quando se retirar material do Interface equivalente a três esterilizadores para o bordo de linha, e este ficar com um contentor vazio, é efetuado o pedido de produção. No entanto, o próximo reabastecimento só ocorre uma semana depois e, visto que no Interface existe um contentor de reserva com material para seis esterilizadores, equivalente a cerca de onze dias de procura, perfaz um total de 16 dias até que o pedido de produção tenha de estar, efetivamente, pronto. Realça-se que o valor mínimo de cinco dias, referido na Figura 37, representa o tempo mínimo de produção, caso se pretenda manter sempre um contentor de reserva presente no Interface.

No presente cenário, os tempos de reabastecimento das referências de uma ou quatro unidades serão diferentes, visto que a quantidade por contentor, presente no bordo de linha, também será diferente. Dado que as referências que consomem apenas uma unidade por esterilizador possuem o dobro da quantidade por contentor, verifica-se que os reabastecimentos ocorrem a cada dois *lead times*, ou seja, a cada duas semanas. No caso das referências que se gasta quatro unidades por esterilizador, tendo-se mantido a quantidade por contentor, mantém-se também o número de reabastecimentos de uma vez por semana. Na Figura 38 encontra-se uma representação visual dos acontecimentos descritos.

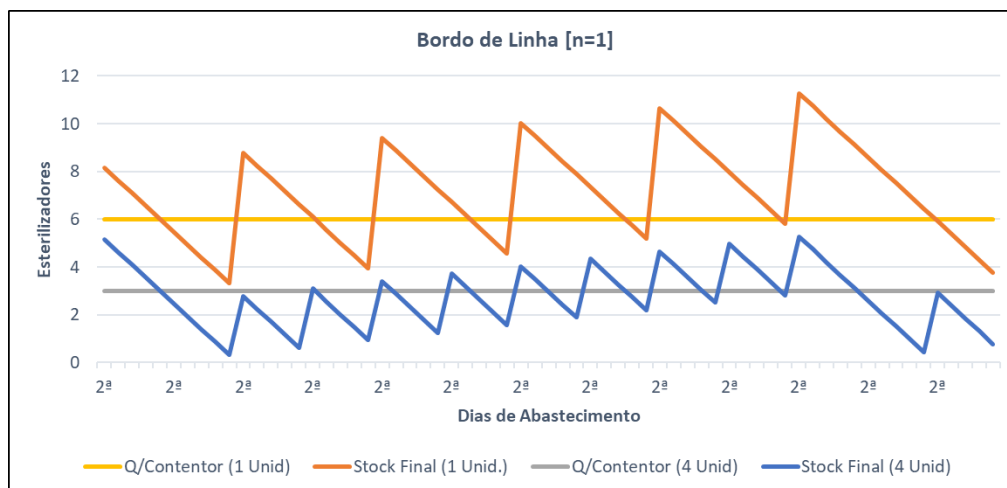


Figura 38 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (Cenário 1.1) (Elaboração Própria)

No que diz respeito ao Interface, verifica-se que as referências que gastam uma unidade por esterilizador produzem quantidade para repor o *stock* total do Interface, o que equivale a 24 esterilizadores (oito *lead times*), resultando na necessidade de produzir estas referências a cada oito semanas. No caso dos componentes que consomem quatro unidades por esterilizador, os contentores no Interface possuem capacidade para seis esterilizadores ou dois *lead times*, resultando na necessidade de produção de duas em duas semanas, de modo a manter sempre um contentor de reserva. Na Figura 39 é possível observar graficamente ambas as situações explicadas, estando também presente com uma linha descontínua a representação do contentor de reserva para as referências de quatro unidades por esterilizador.

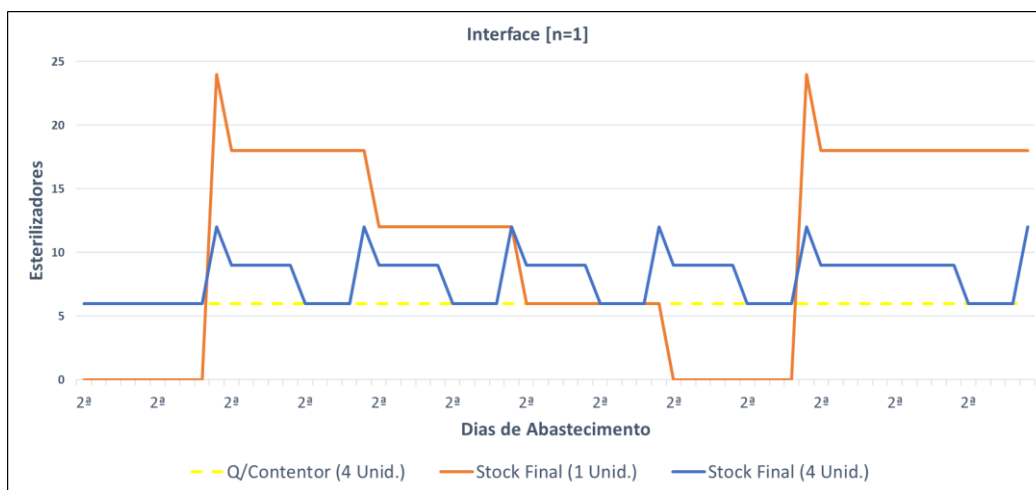


Figura 39 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 1.1) (Elaboração Própria)

Relativamente ao primeiro cenário, os ajustes às quantidades presentes nos bordos de linha e Interface e a adaptação do método responsável por despoletar a produção de componentes permitiram obter as seguintes melhorias:

- Volume de produção constante, equivalente a 24 unidades para cada referência;
- Tempo entre o pedido e a produção efetiva é superior para as referências que consomem uma unidade por esterilizador, equivalente a dez dias;

- Quantidade produzida encontra-se dentro dos limites considerados razoáveis, por parte da empresa;
- Redução da carga do operador logístico, visto que as referências que utilizam apenas uma unidade por esterilizador necessitam de reaprovisionamento apenas a cada duas semanas, reduzindo o número de referências a reabastecer em cada rota.

Durante a realização do presente estudo, foram elaborados cenários adicionais para um número de reabastecimentos por semana equivalente a um, sendo que o cenário 1.1 foi o que apresentou melhores resultados, permitindo satisfazer as expectativas da empresa. Para além destes, tornou-se necessário verificar a viabilidade de reabastecer os bordos de linha duas vezes por semana e as implicações que resultariam desta alteração, como será explicado de seguida.

Cenário 2 – Original (n=2)

O presente cenário tem por base a situação de “Pior Cenário” explicada anteriormente, aplicada a dois reabastecimentos por semana, ocorrendo à segunda-feira e à quinta-feira. Deste modo, tal como previamente referido, a quantidade por contentor terá de ser suficiente para assegurar a procura durante um *lead time*, que neste cenário corresponde a três dias, visto ser o maior período de tempo entre reabastecimentos, como pode ser observado na Figura 40.

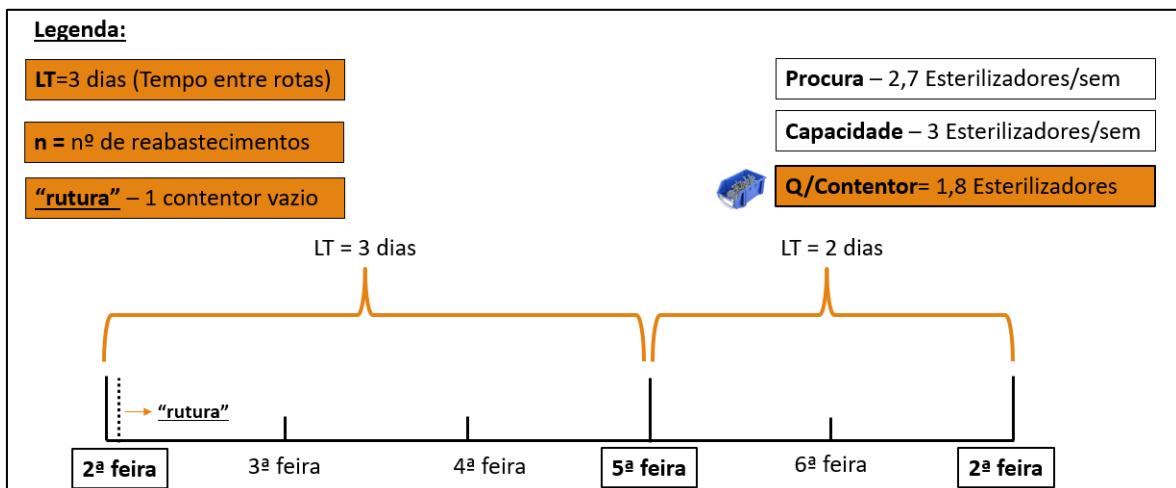


Figura 40 - Reabastecimento duas vezes por semana (n=2) (Elaboração Própria)

Assim, para uma capacidade de três esterilizadores por semana, obtém-se uma quantidade por contentor nos bordos de linha equivalente a 1,8 esterilizadores.

Seguindo os pressupostos do cenário base, verifica-se que cada contentor no bordo de linha possui quantidade suficiente até ao próximo reaprovisionamento, sendo que os contentores presentes no Interface possuem o dobro da quantidade, tal como se encontra representado na Figura 41.

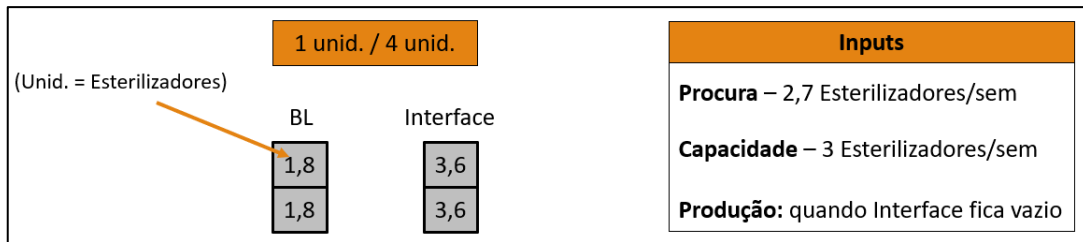


Figura 41 - Dados do Cenário 2 (Elaboração Própria)

Sendo assim, verifica-se a necessidade de realizar reaprovisionamentos três vezes seguidas, não sendo necessário abastecimento no quarto dia, tal como representado graficamente na Figura 42.

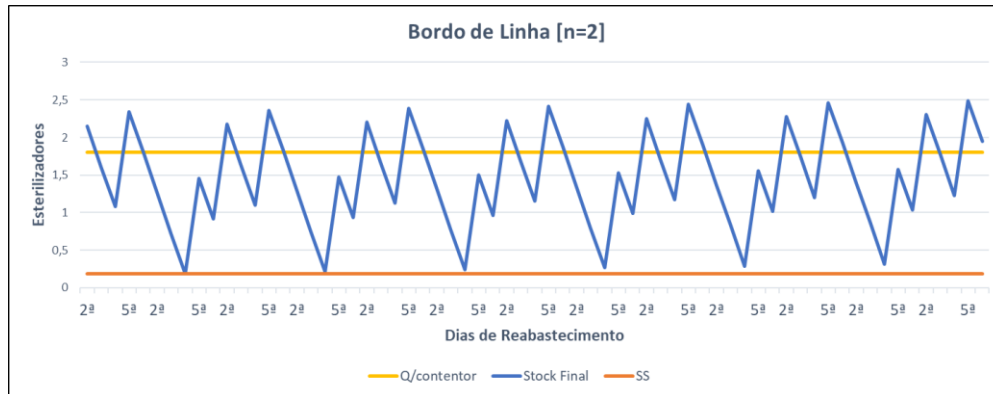


Figura 42 - Sistema de Reabastimento nos Bordos de Linha (Cenário 2) (Elaboração Própria)

Tal como acontece nos cenários anteriores, o excesso de capacidade corresponde a 11%, aproximadamente, resultando num *stock* de segurança equivalente a 0,19 esterilizadores. A redução deste valor, comparativamente com o cenário anterior, deve-se à realização de dois reabastecimentos semanais, sendo que a redução do tempo entre abastecimentos resulta na redução do *stock* de segurança, proporcionalmente.

Quanto ao Interface, constata-se que a quantidade total presente nos dois contentores corresponde a 7,2 esterilizadores. Dado que a ordem de produção é despoletada no momento em que o Interface fica sem material, é necessário produzir para repor os dois contentores, sendo que a quantidade produzida varia entre 8 a 29 unidades, dependendo se os componentes consomem uma ou quatro unidades por esterilizador, respetivamente. Depois do pedido de produção ser efetuado, verifica-se que a próxima necessidade de material ocorre três dias ou um *lead time* depois, ou seja, no próximo reabastecimento, sendo este o tempo mínimo que a Maquinagem possui para terminar a produção. No que diz respeito à quantidade produzida, esta é de 7,2 esterilizadores, equivalente a quatro contentores do bordo de linha, sendo que a produção irá ocorrer a cada 12 dias (quatro vezes o *lead time*), aproximadamente. Na Figura 43 encontram-se refletidos estes aspetos que envolvem o Interface e a sua reposição.

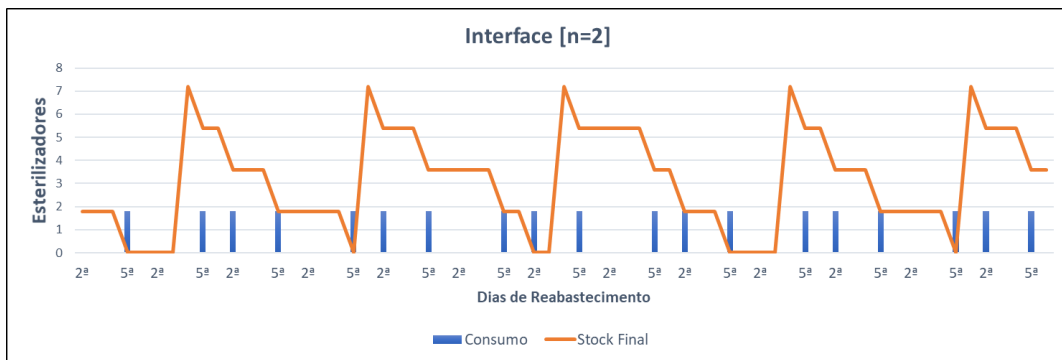


Figura 43 - Sistema de Reabastecimento no Interface (Cenário 2) (Elaboração Própria)

Sendo assim, verifica-se que o cenário descrito apresenta os resultados seguintes:

- Quantidade de produção entre 8 a 29 unidades;
- Tempo de produção equivalente ao *lead time* (3 dias), desde que se sinaliza a necessidade de fabrico;
- Bordos de linha são reabastecidos a cada três dias, aproximadamente;
- Produção para reabastecer o Interface a cada quatro *lead times* (12 dias), aproximadamente.

Os resultados obtidos demonstram alguma variabilidade indesejada, em termos do volume de produção, dificultando a gestão de pedidos efetuados na secção de Maquinagem. Adicionalmente, o aspeto mais negativo neste cenário reside no reduzido tempo de fabrico, que obriga a concluir a produção de componentes no prazo de três dias após o seu pedido, o que poderá ser difícil tendo em conta os restantes trabalhos que a secção tem de efetuar. Quanto ao reaprovisionamento dos bordos de linha, verifica-se que se encontra de acordo com os requisitos da empresa.

Influência das Variáveis de Estudo

É importante destacar que, com a realização dos cenários apresentados, obteve-se uma melhor compreensão das variáveis de estudo, e da forma como estas influenciavam os resultados obtidos, verificando-se o seguinte:

- Aumentar a quantidade por contentor nos bordos de linha permite um aumento no tempo de produção, visto que o período de tempo entre o pedido de fabrico e a próxima necessidade de material será maior;
- Aumentar a quantidade por contentor no Interface aumenta a quantidade produzida, visto que a Maquinagem produz para repor o material dimensionado nestes contentores;
- O método de reabastecer o Interface no momento em que este fica vazio, ou seja, que se consome os dois contentores, aumenta a quantidade de produção, visto que se produz para dois contentores, repondo na totalidade o Interface;
- O método de reabastecimento do Interface imediatamente no momento em que se consome apenas um contentor neste local reduz a quantidade de produção, visto que apenas se produz material para um contentor, ficando um contentor de reserva.

A partir destas variáveis de estudo, é possível adaptar os cenários de forma a ultrapassar algumas das limitações presentes nos casos anteriores. Sendo assim, será agora apresentado um

resumo dos cenários intermédios que permitiram obter o cenário mais adequado, tendo por base a realização de dois reaprovisionamentos por semana.

Cenário 2.1 – Quantidade de Produção entre 15 e 29 unidades (n=2)

Sendo assim, contemplando as limitações presentes no cenário 2, relacionadas com as quantidades variáveis de produção e com o reduzido período de tempo de produção, procedeu-se com a elaboração do cenário 2.1. Tal como se pode constatar pela Figura 44, as quantidades de material presente nos bordos de linha e no Interface apresentam o dobro do valor, no caso de serem referências que consomem uma unidade por esterilizador.

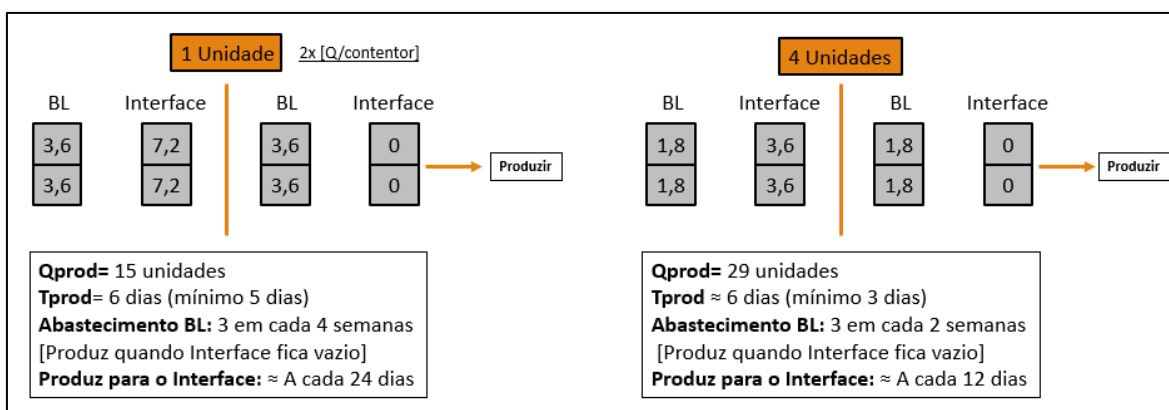


Figura 44 - Descrição Cenário 2.1 (Elaboração Própria)

Com esta alteração da quantidade de material, verifica-se uma redução da amplitude associada à quantidade de unidades produzidas, passando de um intervalo entre 8 a 29 unidades para um intervalo de 15 a 29 unidades. Adicionalmente, o tempo de produção das referências que gastam uma unidade por esterilizador duplicou para seis dias, no entanto, dado que as restantes referências mantêm um tempo de produção de três dias, não se pode considerar que as melhorias tenham sido suficientes.

De salientar que, nas figuras que descrevem os resultados de cada cenário, o tempo de produção mínimo representa sempre um múltiplo do *lead time* e contempla a existência constante de um contendor de reserva para as referências de quatro unidades por esterilizador, de modo a refletir, efetivamente, o valor mínimo do tempo disponível para realizar a produção, desde que é sinalizada a necessidade de fabrico.

Cenário 2.2 – Quantidade de Produção de 15 unidades e Aumento do Tempo de Produção (n=2)

Com o intuito de melhorar as duas limitações apresentadas, desenvolveu-se um novo cenário no qual se efetuaram duas alterações. No primeiro caso, para as referências que consomem quatro unidades por esterilizador, definiu-se que o pedido de fabrico será feito no momento em que se retire apenas um contendor do Interface. Deste modo, a Maquinagem produz apenas um contendor de cada vez, sendo nestes componentes equivalente a 15 unidades. A segunda alteração consiste em duplicar a quantidade presente no bordo de linha, para as referências mencionadas, como se pode observar na Figura 45.

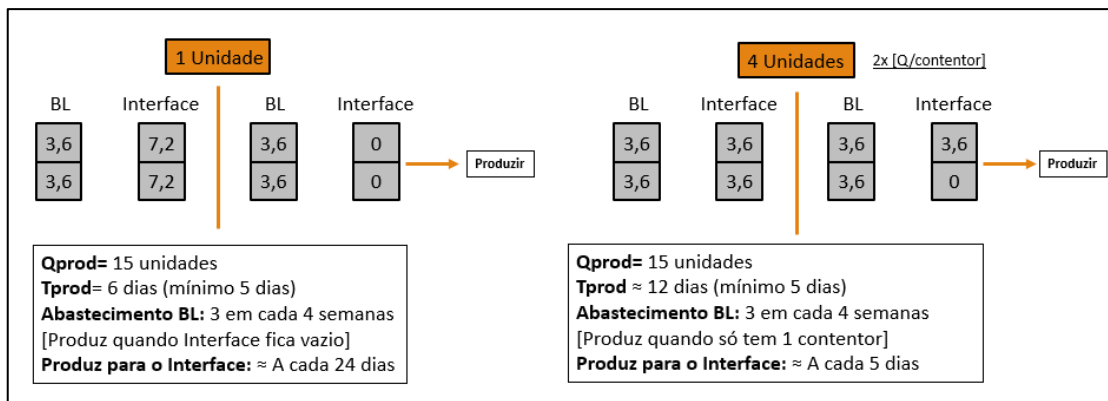


Figura 45 - Descrição Cenário 2.2 (Elaboração Própria)

As adaptações neste cenário permitiram melhorar, consideravelmente, as limitações presentes nos cenários anteriores. Começando pelas quantidades de produção, observamos que são equivalentes seja para referências com consumo de uma ou quatro unidades por esterilizador. Assim, estabelece-se um volume de produção constante para todas os componentes produzidos na secção de Maquinagem, permitindo um melhor controlo do seu planeamento e satisfazendo o requisito da empresa. A frequência de abastecimento dos bordos de linha também passa a ser a mesma, constatando-se uma redução nas referências de quatro unidades por esterilizador. Em termos de tempo de produção, verifica-se que passou de três dias (cenário 2.1) para um mínimo de cinco dias nestas referências, podendo mesmo demorar até doze dias quando necessário, dada a existência de um contentor de reserva. No entanto, o tempo de produção passa a estar limitado pelas referências que gastam uma unidade por esterilizador, dado que o seu valor permanece seis dias. Por este motivo, será abordado um novo cenário que permite ultrapassar esta limitação e satisfazer os requisitos impostos pela empresa.

Cenário 2.3 – Aumento do Tempo de Produção Global (n=2)

Com o objetivo de ultrapassar a limitação do tempo de produção, que poderá considerar-se insuficiente em momentos de maior procura, procedeu-se a duplicar as quantidades presentes nos bordos de linha, nas referências que consomem uma unidade por esterilizador. De salientar que, apesar de se duplicar as quantidades por contentor, significa apenas passar de cerca de quatro unidades para oito neste caso, não se verificando diferenças no espaço ocupado. Este aspeto encontra-se ilustrado na Figura 46.

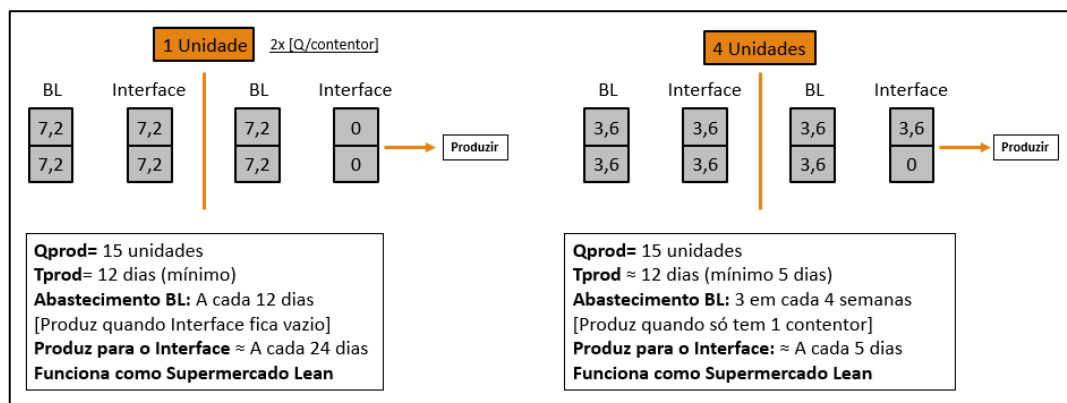


Figura 46 - Descrição Cenário 2.3 (Elaboração Própria)

Como consequência desta alteração, verifica-se que o tempo entre o pedido de produção e a necessidade efetiva pelos componentes é de doze dias para ambas as variantes, caso se considere a utilização do contentor de reserva das referências que consomem quatro unidades por esterilizador, concedendo à Maquinagem um período de tempo mais extenso e adequado para realização das suas funções. Adicionalmente, visto que as quantidades presentes nos contentores dos bordos de linha e do Interface são iguais, é possível que este ponto de armazenamento de *stock* funcione como um supermercado *Lean*. Deste modo, todo o sistema funcionará de forma integrada, recolhendo contentores vazios dos bordos de linha e substituindo diretamente por contentores com material no Interface, sem a necessidade de contar unidades. Os contentores vazios serão depois transportados pelo operador logístico até ao posto de trabalho responsável por preenchê-los com a matéria-prima necessária para fornecer à secção da Maquinagem. Deste modo, esta secção irá proceder com a produção das quantidades equivalentes a um ou dois contentores, dependendo do método imposto para despoletar a produção, repondo o *stock* do Interface.

Após a realização do presente cenário, verificou-se a satisfação de todos os requisitos previamente impostos pela empresa, sendo o cenário aprovado. No entanto, dada a limitação atual de não existir um operador afeto especificamente às tarefas logísticas de reabastecimento, a empresa manifestou a sua preferência pela realização de abastecimentos aos bordos de linha apenas uma vez por semana. Este aspeto seria vantajoso dado que permite reduzir o tempo e frequência com que o operador se iria ausentar do seu posto para realizar a entrega de material aos bordos de linha. Deste modo, procede-se à explicação do último cenário elaborado, que consiste numa adaptação do presente cenário 2.3 de modo a verificar se o reabastecimento apenas uma vez por semana seria suficiente para satisfazer a procura, evitando uma situação de rutura.

Cenário 2.4 – Adaptação Para Abastecimento Uma vez por Semana (n=1)

O desenvolvimento do presente cenário tem o intuito de avaliar a viabilidade de realizar abastecimentos apenas à segunda-feira, usufruindo, simultaneamente, dos benefícios obtidos no cenário anterior. Deste modo, salienta-se que o dimensionamento recorre à utilização de quantidades por contentor baseadas num *lead time* de três dias (n=2), mas o reabastecimento ocorre, efetivamente, com um *lead time* de cinco dias (n=1), como pretendido. O motivo para a utilização de quantidades baseadas num cenário de dois reabastecimentos semanais reside na flexibilidade obtida em termos das variáveis de estudo. Dimensionar as quantidades segundo a realização de um abastecimento semanal teria como consequência uma redução nas quantidades de produção a um nível inferior ao que a empresa pretende ou, contrariamente, um aumento dos valores de inventário, decidindo-se que esta seria a situação mais adequada.

Após dimensionar os componentes para um determinado número específico de esterilizadores em cada cenário, torna-se necessário realizar a sua conversão para unidades. Neste caso, as referências de uma unidade por esterilizador obtêm uma quantidade por contentor equivalente a 7,2 unidades, sendo arredondada para oito, resultando numa quantidade de produção de 16 unidades. Deste modo, em cada realização do processo de fabrico da Maquinagem, produz-se material para dois contentores, permitindo que a quantidade seja igualmente dividida. No caso das referências que consomem quatro unidades por esterilizador, verifica-se que esse valor multiplicado pelos 3,6 esterilizadores dimensionados iria resultar em 14,4 unidades, sendo que se considerou a utilização de 16 unidades, visto possibilitar a mesma quantidade de material por

contentor e a mesma quantidade de produção que as restantes referências, como inicialmente planeado. Adicionalmente, em ambos os casos, os valores utilizados representam múltiplos da quantidade consumida por esterilizador.

Na Figura 47 é possível observar os resultados obtidos após as alterações efetuadas no presente cenário.

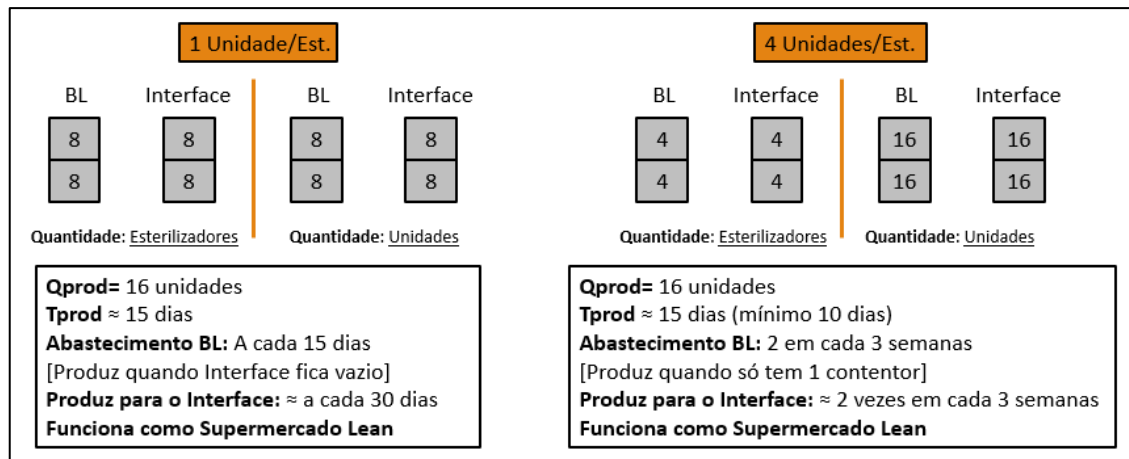


Figura 47 - Descrição Cenário 2.4 (Elaboração Própria)

No caso das referências de uma unidade por esterilizador, cada contentor apresenta oito unidades, permitindo satisfazer a procura correspondente a cerca de quinze dias. Neste caso, visto que o operador apenas realiza estas operações logísticas à segunda-feira, os abastecimentos para estes componentes ocorrem a cada dez ou quinze dias, sendo o último valor consideravelmente mais frequente. Na Figura 48 encontram-se representados os reaprovisionamentos aos bordos de linha ao longo de 80 dias, verificando-se apenas um caso no qual o intervalo entre abastecimentos foi de dez dias, sendo representativo da situação de “Pior Cenário”.

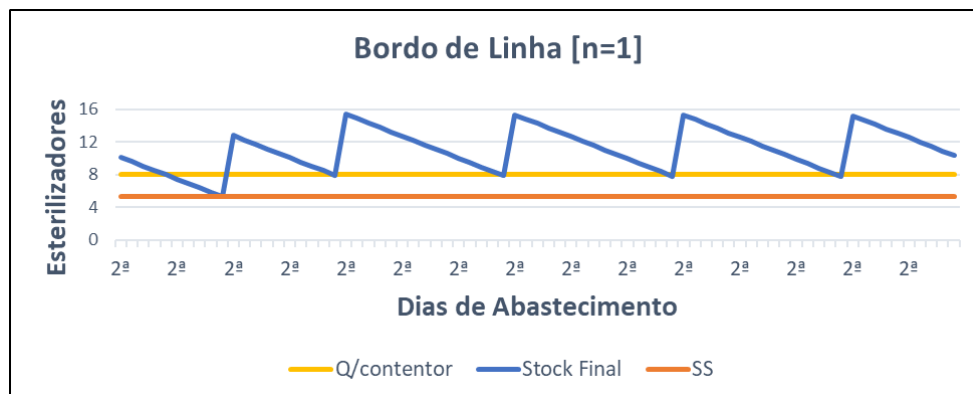


Figura 48 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (1 unidade/Est.) (Elaboração Própria)

Quanto ao Interface, dado que a produção é despoletada quando os dois contentores se encontram vazios, é fabricada uma quantidade equivalente a 16 esterilizadores, o que permite satisfazer cerca de 30 dias de procura, como ilustrado na Figura 49.

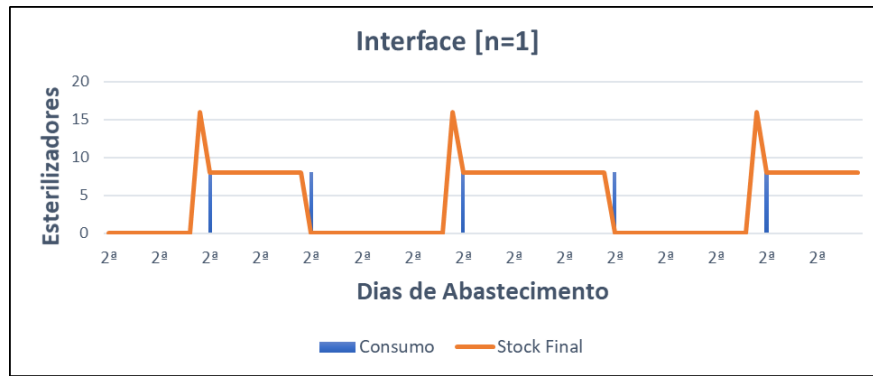


Figura 49 - Sistema de Reabastecimento no Interface (1 unidade/Est.) (Elaboração Própria)

No que diz respeito às referências de quatro unidades por esterilizador, cada contentor tem material para quatro esterilizadores (16 unidades), equivalente a cerca de 7,5 dias. No entanto, como os abastecimentos ocorrem uma vez por semana, ou seja, a cada cinco dias, constata-se que o material não é consumido na totalidade, sendo que este excedente permite que a cada três semanas, aproximadamente, se verifique a presença de um contentor cheio mais algum material, não sendo necessária a realização de reaprovisionamento. Esta situação pode ser verificada na Figura 50, que demonstra esta acumulação de material nos bordos de linha ao longo de duas semanas, e na Figura 51, na qual se pode observar que a cada três semanas não existe necessidade de produção dessas referências para o Interface. Realça-se que esta situação é evidente após os três primeiros abastecimentos, visto que os gráficos apresentados se baseiam sempre na situação referida como “Pior Cenário” sendo possível verificar nas primeiras semanas que, nessa situação extrema, exista necessidade de realizar um abastecimento adicional antes de se visualizar o padrão típico do cenário.

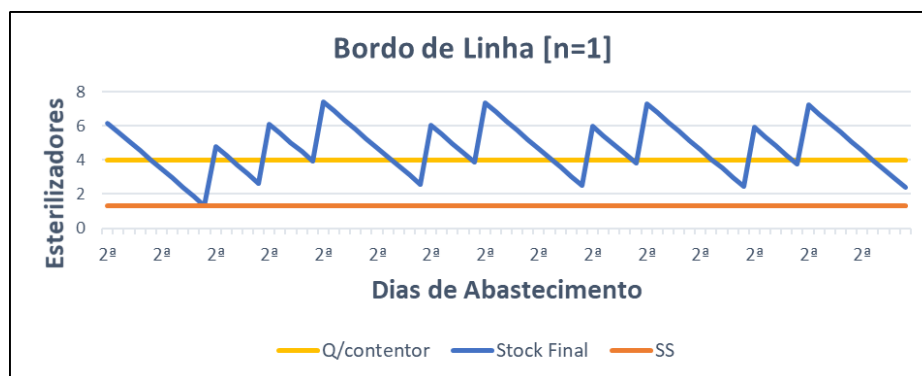


Figura 50 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

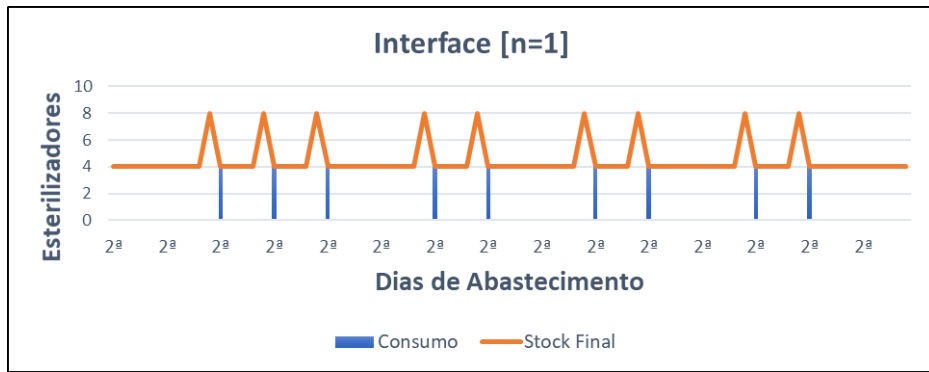


Figura 51 - Sistema de Reabastecimento no Interface (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

Depois da apresentação dos principais cenários estudados, é necessário proceder à seleção do que se considera ser o mais adequado, com vista a dar resposta aos problemas de abastecimento interno de componentes fabricados na PROHS.

5.2. Cenário Final

Com a elaboração dos cenários apresentados, tornou-se possível efetuar o desenvolvimento de soluções progressivamente mais adequadas às necessidades da empresa. Cada iteração visa a melhoria de pelo menos um dos requisitos definidos pela PROHS sendo que, no final, se constatou a convergência para dois cenários, mais concretamente, o cenário 1.1 e o cenário 2.4. Na Figura 52, encontra-se um resumo dos fatores de maior relevância em cada um dos cenários.

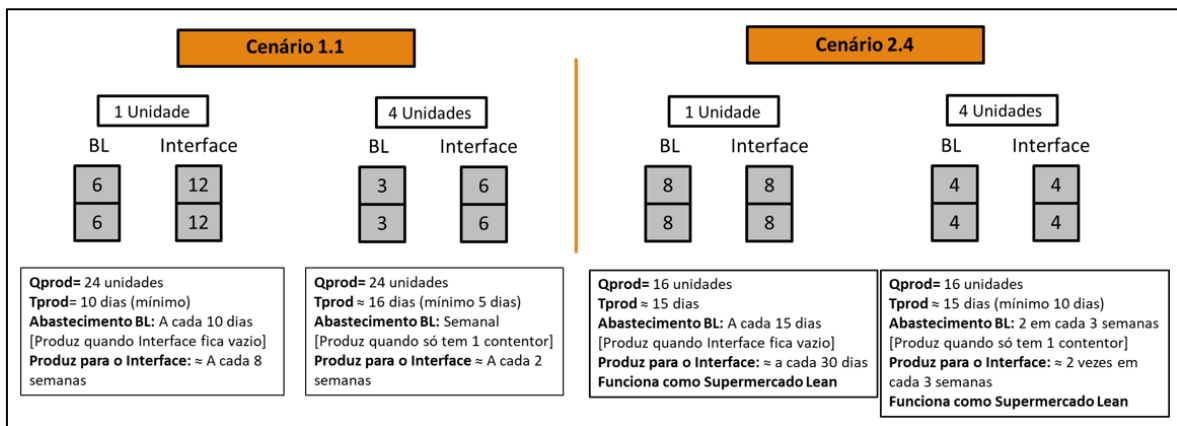


Figura 52 - Resumo Cenários 1.1 e 2.4 (Elaboração Própria)

Sendo assim, começa por se realizar uma análise geral aos componentes que consomem uma referência por esterilizador, refletindo o impacto de cada um dos cenários, como apresentado na Figura 53.

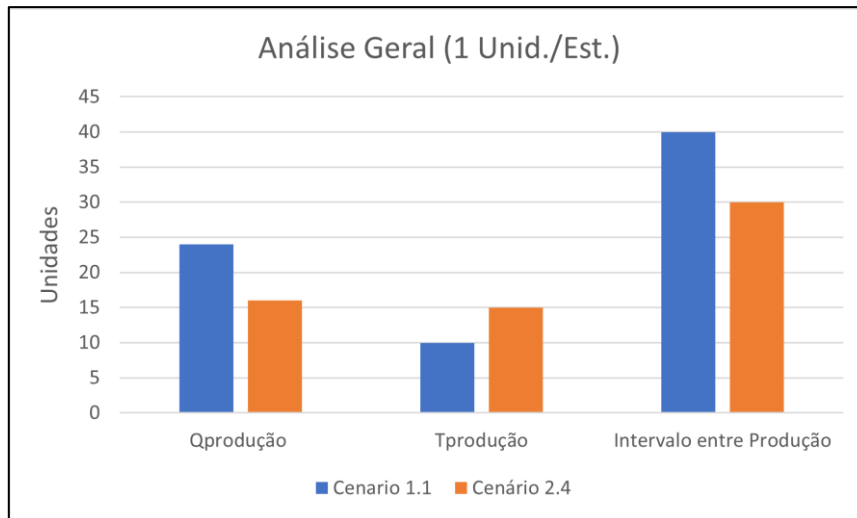


Figura 53 - Análise Geral dos Cenários (1 unidade/esterilizador) (Elaboração Própria)

Com base na Figura 53 verifica-se que a quantidade de produção é superior no cenário 1.1, apresentando um volume de fabrico de 24 unidades. Como consequência, o intervalo de tempo até uma nova necessidade de produção também assume um valor mais elevado, de aproximadamente 40 dias. Contrariamente, no cenário 2.4, a produção de apenas 16 unidades reduz o tempo despendido em cada instância de produção, permitindo impor um fluxo produtivo mais regular e minimizando assim o impacto associado à interrupção das restantes tarefas realizadas na secção de Maquinagem. Para além disso permite, simultaneamente, uma redução no tempo de reação a urgências como acabamentos ou correções de defeitos que impeçam o avanço de um esterilizador na linha produtiva. Adicionalmente, a produção de quantidades mais reduzidas é benéfica do ponto de vista da metodologia *Lean*, visto que prioriza o fabrico de componentes nas quantidades necessárias para dar resposta à procura, reduzindo assim a quantidade de *stock* armazenado. Na Figura 54 é possível observar os valores de *stock* para a variante referida, constatando-se que são mais elevados no cenário 1.1.

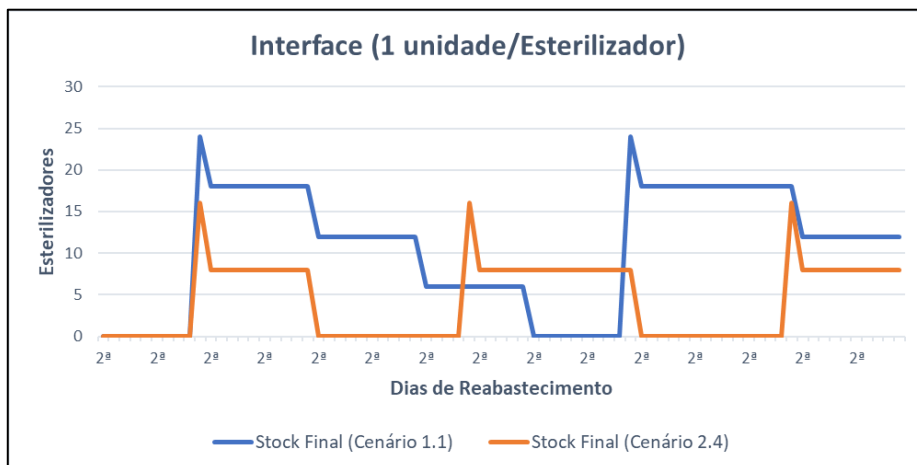


Figura 54 - Valores de *stock* no Interface (Elaboração Própria)

Em termos do tempo de produção, que corresponde ao período de tempo disponível para a Maquinagem terminar o fabrico a partir do momento em que é efetuado o pedido de produção, verifica-se que o cenário 2.4 permite à secção de Maquinagem um período de tempo mais alargado para realizar a produção, equivalente a 15 dias, sendo este um aspeto importante para a empresa.

uma maior flexibilidade na realização do planeamento da secção de Maquinagem. Deste modo, em vez de produzir quantidades excessivas, produz-se material suficiente para satisfazer a procura de determinado componente, minimizando a probabilidade dos restantes componentes, que se encontram em espera, necessitarem de aguardar períodos de tempo mais extensos, podendo resultar em atrasos. Este aspeto também se encontra refletido na Figura 57, na qual é possível observar a diferença de valores de *stock* presente no Interface, associado a cada um dos cenários.

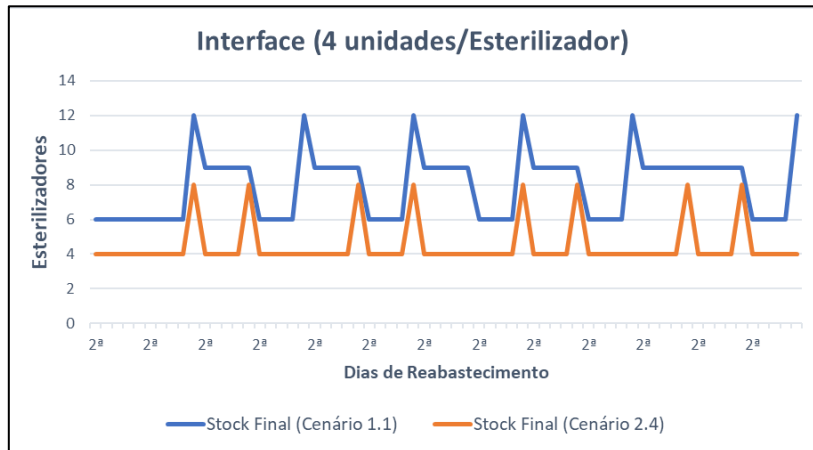


Figura 57 - Sistema de Reabastecimento nos Interface (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

Quanto ao abastecimento dos bordos de linha, verifica-se que o cenário 1.1 encontra-se dimensionado para que o reaprovisionamento ocorra todas as semanas. Contrariamente, é possível verificar na Figura 58 que o cenário 2.4 mantém uma necessidade de abastecimento reduzida, sendo que a cada duas semanas se verifica que não existe necessidade de abastecimento de material.



Figura 58 - Sistema de Reabastecimento nos Bordos de Linha (4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

Para além dos aspetos referidos, verifica-se uma menor carga para o operador logístico no cenário 2.4 para realizar o abastecimento dos bordos de linha, tendo em conta que a quantidade por contentor nestes locais é ligeiramente superior. Na realidade, e dado que a procura real não será sempre constante nem equivalente à procura estimada, o que acontece é que, por exemplo, dos produtos que se prevê reaprovisionar a cada dez ou quinze dias (cenário 2.4), não se irá verificar

a necessidade de abastecimento em simultâneo, sendo que em cada semana apenas uma parte destes componentes serão requisitados.

De seguida, na Tabela 7 apresenta-se uma breve explicação que permite constatar a redução no valor do *stock* médio obtido no cenário 2.4.

Tabela 7 - *Stock* médio no Cenário 1.1 e Cenário 2.4 (Elaboração Própria)

	1 Unidade/Est.		4 Unidades/Est.	
	Cenário 1.1	Cenário 2.4	Cenário 1.1	Cenário 2.4
Stock médio Interface	10	5	8	4,5
Stock médio Bordo de Linha	7,2	10,9	2,7	4,7
Subtotal	17,2	15,9	10,7	9,2

Como é possível observar na tabela, o *stock* médio para o cenário 1.1 é sempre superior, verificando-se nas referências que consomem uma unidade por esterilizador um total de 17,2 esterilizadores, representando 8,2% acima do valor do cenário 2.4, equivalente a 15,9 esterilizadores. Do mesmo modo, nas referências que são necessárias quatro unidades por esterilizador, verifica-se no cenário 1.1 que o *stock* médio, associado à soma das quantidades nos bordos de linha e Interface, representa 10,7 esterilizadores, enquanto no cenário 2.4 este valor é de 9,2 esterilizadores, ou seja, uma redução de 16,3%. De salientar que os valores da tabela dizem respeito ao *stock* médio apenas para uma referência sendo que, por exemplo, no presente estudo verifica-se a existência de 7 referências de 1 unidade por esterilizador, o que implica que a opção do cenário 1.1 resultaria em componentes para 9,1 esterilizadores adicionais em *stock*, comparativamente com o cenário 2.4. Deste modo, é possível compreender os efeitos adversos do cenário 1.1 em termos de *stock* adicional.

No que diz respeito ao cenário 2.4, é importante referir que o Interface funciona como um supermercado *Lean*, tendo em conta que o dimensionamento é efetuado de modo que as quantidades nos contentores dos bordos de linha sejam iguais às dos contentores presentes no Interface. Deste modo, durante o reabastecimento, elimina-se a necessidade de contar unidades para proceder à reposição do material nos contentores, sendo apenas necessário realizar a substituição direta de um contentor vazio por outro cheio. Assim, a distribuição uniforme de quantidades entre os bordos de linha e o Interface permite uma redução no tempo de reabastecimento e o funcionamento integrado com a secção da Maquinagem, dado que a quantidade a produzir corresponde diretamente à quantidade de um ou dois contentores, dependendo das referências.

Depois da realização e análise dos resultados obtidos em cada cenário, tornou-se necessário efetuar a sua apresentação ao Diretor de Operações, no sentido de verificar se o trabalho desenvolvido permitia satisfazer as necessidades da empresa, juntamente com os requisitos inicialmente impostos. Deste modo, tendo como principal foco os dois cenários anteriormente explicados, decidiu-se que o cenário 2.4 seria o que se enquadrava melhor na situação atual da empresa.

No entanto, dada a capacidade limitada da secção de Maquinagem, foi requisitada a realização de uma análise mais detalhada para garantir que a implementação do cenário escolhido

seria capaz de assegurar a produção das referências em estudo, sem prejudicar o restante planeamento da secção. Sendo assim, contemplando um cenário pessimista, procedeu-se a averiguar qual seria o tempo necessário para produzir as nove referências em estudo, caso fosse efetuado um pedido de fabrico para cada uma dessas referências no mesmo dia. De salientar que esta situação seria muito improvável, visto que apresentam diferentes períodos de tempo entre reabastecimentos. Na Figura 59, apresentam-se os tempos de produção associados às nove referências em estudo, obtidos através de dados fornecidos pela empresa e de um *template* elaborado com o intuito de permitir o registo de pedidos e tempos na secção de Maquinagem, presente no Apêndice D.

Código	Unid./Est.	Tempo Produção (min)
TM32002	1	7,5
TM32003	1	5
TM32024	1	6
TM32025	1	6
TM32032	1	6
TM32043	1	6
TM32057	1	6
TM32054	4	10
TM39084	4	6

Figura 59 - Tempo de produção das referências internas (Elaboração Própria)

De seguida, é apresentado o resumo dos resultados obtidos na análise efetuada.

Unid./Est.	Quantidade Produção (#)	Nº Refs	Qttotal Produção (#)	Ttotal (horas)	Ttotal (dias)
1	16	7	112	11,3	1,42
4	16	2	32	4,27	0,5

Tprod disponível (dias)	Tprod necessário (dias)	Tempo necessário (%)
15	1,95	13%

Figura 60 – Resultados da análise de capacidade da Secção de Maquinagem (Elaboração Própria)

Sendo assim, tendo por base o tempo de produção de 15 dias dimensionado no cenário 2.4, verifica-se que a produção das nove referências em estudo implicaria cerca de dois dias de trabalho, correspondendo a 13% do tempo disponível para concluir o fabrico. Deste modo, após a apresentação dos resultados ao encarregado de produção, obteve-se a confirmação que este tempo permitiria produzir os componentes analisados sem constrangimento para a secção, em relação às restantes tarefas que realiza. Posto isto, assegura-se que todos os requisitos impostos pela empresa são cumpridos. Na Tabela 8 apresentam-se algumas das vantagens que levaram à seleção do presente cenário.

Tabela 8 – Vantagens do Cenário 2.4 (Elaboração Própria)

Motivo	Justificação
Volume constante de produção (16 unidades)	Requisito da PROHS, facilita planeamento da secção de Maquinagem
Quantidades mais reduzidas de produção	Reduz acumulação de <i>stocks</i> ; Menor tempo de reação a urgências
Abastecimentos menos frequentes	Reduz a carga do operador logístico.
Supermercado <i>Lean</i>	Reduz tempo de recolha de material durante rotas de reaprovisionamento; Sistema integrado de produção/reabastecimento

No que diz respeito à situação atual, verifica-se que a quantidade por contentor nos bordos de linha é ligeiramente superior (33%), sendo que as referências que continham seis e doze unidades por contentor passaram a ter oito e dezasseis unidades, respetivamente. No entanto, assumindo o raciocínio descrito pela empresa que no Interface existe material para cerca do dobro do que se encontra nos bordos de linha, verifica-se uma redução estimada no valor total de *stocks* de 11,1%, dado que no cenário 2.4 as quantidades nos bordos de linha e no Interface são equivalentes. Adicionalmente, realça-se que a reduzida necessidade de *stock* permite reduzir o investimento financeiro que se encontra alocado a inventários.

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que a distribuição equitativa de material nos bordos de linha e no Interface resulta num ligeiro aumento da quantidade nos BL, face à situação atual, sendo responsável por permitir abastecimentos com menor frequência e libertando o responsável para retornar mais rapidamente às suas funções na linha de fabrico, tal como pretendido pela empresa. Contrariamente, a quantidade por contentor no Interface é inferior à atualmente presente, assim como a quantidade de *stock* total, sendo que este aspeto não só permite estabelecer um fluxo de reabastecimento mais fluído, assim como reduz a área ocupada neste ponto de armazenamento de material.

5.3. Implementação da Ação

Com a definição do cenário mais apropriado às condições da empresa, torna-se necessário proceder à sua implementação. Para isso, efetuou-se a recolha de informação relevante sobre as referências em estudo, assim como o seu registo fotográfico, de modo a prosseguir com a elaboração de etiquetas, como presente na Figura 61.



Figura 61 - Etiquetas de componente de fabrico interno (Elaboração Própria)

Para dar início à implementação do atual processo de abastecimento, procedeu-se à atribuição das tarefas de reabastecimento a um colaborador específico, que terá a responsabilidade de reaprovisionar os postos de trabalho todas as segundas-feiras, mediante o sistema desenvolvido. Com o intuito de facilitar a distinção de material fabricado internamente, definiu-se que as etiquetas iriam possuir uma cor verde no cabeçalho, de modo a recorrer à gestão visual para distinguir, intuitivamente, a origem destes componentes, dado que serão processados de forma diferente. Isto acontece visto que, ao atingir o ponto de encomenda indicado na etiqueta, é necessário recolher o número de contentores correspondente (um ou dois contentores) e transportá-los para a secção de corte, local onde ocorre o processamento da matéria-prima que será posteriormente entregue na secção de maquinaria, de maneira a realizar o fabrico dos componentes pretendidos. De maneira a transmitir instantaneamente a informação relativa ao número de contentores vazios que devem estar presentes no Interface para atingir o "Ponto

Encomenda”, decidiu-se acrescentar um círculo verde ou vermelho, representando que um pedido de produção deverá ser efetuado quando existe um ou dois contentores vazios, respetivamente. No lado esquerdo da Figura 61 verifica-se um exemplo de um componente que contém oito unidades por contentor, sendo necessários dois contentores vazios para despoletar a produção. Contrariamente, no lado direito da mesma figura encontra-se uma referência com 16 unidades por contentor, sendo necessário apenas um contentor vazio para sinalizar a necessidade de produção, permitindo que se produzam sempre 16 unidades em ambos os casos. De notar que o ponto de encomenda equivalente a um contentor significa que, assim que seja retirado um contentor do Interface, será logo efetuado um pedido de fabrico dessa referência à Secção de Maquinagem.

Finalmente, procede-se à colocação das novas etiquetas nos contentores dos bordos de linha e do Interface, como é possível observar em todos os componentes presentes na primeira prateleira da Figura 62. Salienta-se que os círculos verdes ou vermelhos não se encontram presentes na figura mencionada, tendo em conta que foram acrescentados posteriormente, dado que se considerou que facilitariam a transmissão de informação aos colaboradores.



Figura 62 - Componentes de fabrico interno no Interface (1ª prateleira) (Elaboração Própria)

6. COMPONENTES DE FABRICO EXTERNO – SEGUNDA ITERAÇÃO

Neste capítulo, começa-se por apresentar a solução desenvolvida para o sistema de abastecimento aos bordos de linha, associado às referências adquiridas a fornecedores externos, com vista a dar resposta aos Problemas 1 e 2 presentes na Tabela 5. De seguida, com o intuito de prevenir a ocorrência de ruturas no Interface, procedeu-se à implementação de um sistema *kanban* que permite sinalizar a necessidade de efetuar encomendas ao atingir o ponto de encomenda calculado para cada referência. Adicionalmente, desenvolveram-se quatro cenários com o intuito de encontrar a disposição mais adequada dos contentores no Interface, permitindo dar resposta ao Problema 4.

Por último, após a seleção do cenário final, segundo o qual cada referência possui uma posição específica no Interface, procedeu-se ao processo de implementação. Durante esta fase, foram elaboradas novas etiquetas a indicar a localização de cada componente nas prateleiras, permitindo solucionar o Problema 3, relacionado com a falta de um sistema visual capaz de indicar a posição de cada referência no Interface.

6.1. Sistema de Abastecimento aos Bordos de linha

Recentemente, um elevado número de referências produzidas pela empresa começaram a ser adquiridas a fornecedores externos, devido a limitações presentes na secção da Maquinagem. Por este motivo, tornou-se necessário fazer uma atualização do processamento de dados anteriormente realizado, no sentido de garantir uma correta implementação. No Apêndice E é possível verificar uma lista com as referências que serão alvo de estudo.

Tendo em conta os aspetos realçados durante a definição dos processos de abastecimentos aos bordos de linha para componentes fabricados internamente, relativos à redução de carga do operador logístico, considerou-se um processo de abastecimento semelhante para os componentes de fabrico externo. Deste modo, visto que a necessidade de abastecimento de produtos fabricados na empresa varia entre, aproximadamente, uma vez por semana ou uma vez a cada três semanas, estes serão os intervalos considerados para os produtos fabricados externamente.

Com o intuito de reduzir o número de abastecimentos necessários, começou por se verificar quais as referências que poderiam ser abastecidas apenas de três em três semanas, visto que são consumidas em menor quantidade. Para isso, é necessário ter em conta a dimensão de cada componente, no sentido de garantir que as quantidades seriam adequadas aos contentores utilizados nos BL, assim como contemplar o número de unidades que cada referência consome por esterilizador. Nos casos em que as quantidades ou o volume do material não seriam adequados aos contentores, é necessário aumentar a frequência dos abastecimentos para essa referência. Sendo assim, e tendo por base uma capacidade dimensionada de três esterilizadores por semana, obtiveram-se os resultados presentes na Figura 63 para as 36 referências em estudo.

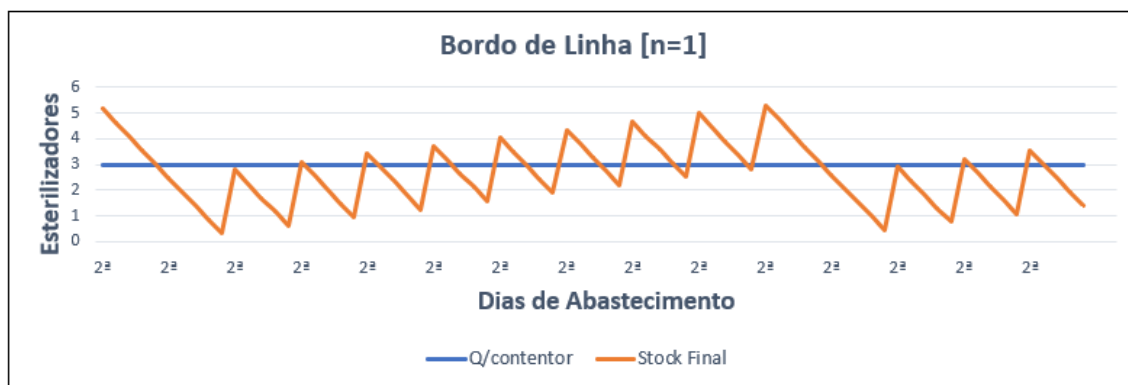
Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
3 Semanas	1	13	36%	9	9
	2	6	17%	9	18

Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
2 Semanas	3	3	8,3%	6	18
	4	5	13,9%	6	24

Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
1 Semana	5	1	2,8%	3	15
	6	2	5,6%	3	18
	8	1	2,8%	3	24
	9	1	2,8%	3	27
	10	1	2,8%	3	30
	16	2	5,6%	3	48
	20	1	2,8%	3	60

Figura 63 – Tempo entre abastecimentos de componentes externos aos bordos de linha (Elaboração Própria)

Tal como acontece com as referências de fabrico interno, a metodologia de reposição é baseada no sistema de 2 contentores, ou seja, sempre que se verifique a presença de um contentor vazio nos bordos de linha é necessário realizar o seu reaprovisionamento. A Figura 64 demonstra o comportamento esperado para os produtos que são reabastecido uma vez por semana, com base nos valores de capacidade e procura definidos anteriormente. Neste caso, verifica-se a necessidade de reabastecimento sempre que a quantidade nos bordos de linha é igual ou inferior a três esterilizadores, significando a presença de um contentor vazio.



Dados		
Capacidade	3	Est/sem
Procura estimada	2,7	Est/sem

Figura 64 – Abastecimento semanal de Bordos de Linha - Referências Externas (Elaboração Própria)

De salientar que, para o mesmo período de tempo entre reabastecimentos, existem referências que apesar de terem a procura equivalente em número de esterilizadores, o número de unidades consumidas por esterilizador é diferente, o que implica que será necessário recolher quantidades diferentes para reabastecer os contentores. Na Figura 65 é possível verificar duas referências que são abastecidas semanalmente, sendo que a primeira consome cinco unidades por esterilizador e a segunda consome dez unidades por esterilizador, o que implica que a quantidade

dado que existem três contentores com diferentes capacidades na empresa que serão analisados numa fase posterior. Deste modo, o número de *kanbans* (n) na fórmula original representa o Ponto de Encomenda em unidades de produto, e é dado pela Equação 3.

$$PE = \bar{D}(t_e + L)(1 + \alpha) \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

PE – Ponto de Encomenda (n - fórmula original);

\bar{D} – Procura média diária (unidades / dia);

t_e – Tempo de espera (unidade de tempo);

L – *Lead Time* (unidade de tempo);

α – Fator de segurança (percentagem).

O tempo de espera (t_e) consiste no tempo necessário para efetuar as tarefas associadas ao pedido de encomenda, orçamentação e transporte da mercadoria, sendo que a empresa considerou adequado o valor de uma semana. O *lead time* corresponde ao tempo que o fornecedor demora até realizar a entrega do produto ou até que este se encontre disponível para recolha. Neste caso, e face à crescente incerteza associada a estes prazos, considerou-se sempre o limite superior associado ao intervalo de tempo dos fornecedores, conferindo uma maior segurança no valor obtido. Quanto ao fator de segurança, este foi obtido com base na capacidade inicialmente definida pela empresa, correspondente a três esterilizadores por semana. Dado que se considerou um valor de procura de 2,7 esterilizadores por semana, o fator de segurança corresponde a cerca de 11%.

Em determinadas situações, devido ao elevado número de unidades consumidas por esterilizador e ao elevado *lead time* dos fornecedores, verificou-se a necessidade de se realizar uma análise mais detalhada às referências em questão visto que se obteve um ponto de encomenda relativamente elevado. Nestes casos, em vez de considerar diretamente uma capacidade de três esterilizadores por semana, observou-se a procura por esterilizadores que consumiam estes produtos e, com base nesses valores, utilizou-se como referência o consumo máximo relativo aos últimos três anos desse componente. Deste modo, obteve-se um Ponto de Encomenda mais adequado, de maneira a reduzir a possibilidade de efetuar um sobre dimensionamento. Na Figura 66 é possível observar um excerto dos dados que auxiliaram o cálculo do Ponto de Encomenda.

Código	Descrição	Fornecedores			Ponto de Encomenda	PE/QE(%)
		LT (normal)	LT (Max)	Qencomenda		
AC33293	Castanha Inox 1" M P/ Colectores Est. Horizontal	10	22	100	17	17%
AC33294	Castanha Inox 3/8" M P_Colectores	10	22	200	48	25%
AC33305	Castanha Femea 1' 15 mm boca lobo	10	22	150	48	33%
AC33306	Castanha Macho 1' 22 mm Boca Lobo	10	22	100	17	17%
AC33307	Castanha Femea 1_2' 15 mm (pousar)	10	22	300	144	49%
AC33312	Castanhas Inox 1/2" F (bengalas)	10	22	200	90	48%
AC33315	Castanha 3/8" 15mm	10	22	150	17	11%
AC33323	Castanha 1" F 15mm (pousar)	10	22	50	17	34%
AC33324	Castanha Inox 3/8" F	10	22	100	32	33%
AC33325	Castanha 1.1_4' F 15mm (pousar)	10	22	50	17	34%
AC33326	Castanha Inox 1/2' 75mm	10	22	200	64	33%
AC33327	Castanha Inox 1.4404 (316L) 1/2" 50mm	10	22	100	32	33%
AC33329	Castanha Inox Tapada 32x80mm 1 Furo	10	22	200	48	25%
AC33330	Casquilho do braço Dobradiça Premium	10	22	200	56	30%
AC33336	Racord Inox 1/2'	10	22	50	17	34%
AC33337	Racord Inox 1" 115 mm	10	22	50	17	34%
AC33338	Racord 1/2"*100 Inox 316L (1.4404)	5	10	100	9	9%
AC33339	Racord 1"*100 Inox 316L (1.4404)	5	10	50	9	18%
AC33341	Topo tubo cilindro pneumático 28*25 1/8' F	10	22	100	32	33%
AC33342	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M12 Diam 35*15mm	8	10	200	36	18%
AC33343	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M16	8	10	200	36	18%
AC33345	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/ 1 Furo	5	10	100	18	18%
AC33346	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/ 2 Furos	5	10	150	45	30%
AC33347	Castanha inox Diam. 12x80mm	5	10	200	36	18%
AC33350	Topo tubo cilindro pneumático 28*15 3/8' F	10	22	100	32	33%
AC33351	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/ 2 Furos	5	10	100	18	18%
AC33352	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/ 1 Furo	5	10	200	54	27%
AC33358	Castanha Inox 1/2" 75mm 1 Furo	22	22	100	35	17%
AC33359	Castanha Inox 1/2" 75mm 2 Furos	22	22	100	35	17%
AC37149	Eixo da dobradiça para as portas premium	10	22	200	64	33%
AC39196	Flange Redondas Aisi 1.4404 (60x20)	10	15	30	12	40%
AC39197	Flange Redondas 1.4404 140x10 c_Furo Oval	10	15	30	12	40%
AC39271	Chação p_Esterilizador (35mm)	10	22	192	80	48%
AC39272	Chãos Inox P/ Esterilizador (40mm)	10	22	150	60	43%
AC39418	Fixação dos Triângulos D.15*11mm	10	22	300	96	33%
AC39419	Fixação das Calhas D40*11mm	10	22	300	160	54%

Figura 66 - Dados para cálculo do Ponto de Encomenda (Elaboração Própria)

A quantidade de encomenda, fornecida pela empresa, é baseada nos pedidos realizados nos últimos dois anos, de modo a contemplar o recente período de incerteza que levou a um aumento nas quantidades encomendadas. Deste modo, com base na quantidade de encomenda e no ponto de encomenda, procedeu-se a verificar, para cada referência, qual seria o número de contentores necessário para armazenar essas quantidades. Tendo em conta que a empresa utiliza atualmente três contentores de volumes diferentes, e que as quantidades por contentor não são conhecidas, realizou-se uma análise ao número de unidades que seriam possíveis de colocar em cada um dos contentores, tendo por base a dimensão dos componentes. Após a realização desta análise, encontram-se reunidas as condições para verificar o número total de contentores necessários para efetuar o armazenamento das referências em estudo, tendo-se obtido os valores presentes na Figura 67.

Tipo de Contentor	Quantidade Total
Grande	42
Médio	50
Pequeno	8

Figura 67 - Tipo e quantidade total de contentores necessários (Elaboração Própria)

Os dados relativamente ao tipo e quantidade de contentores a utilizar para cada referência podem ser consultados em maior detalhe no Apêndice F.

No subcapítulo seguinte, será abordada a forma como se irá proceder à reorganização do Interface, tendo em conta os resultados obtidos em termos do número e dimensão dos contentores, sendo posteriormente abordado em maior detalhe o funcionamento do sistema com a implementação do ponto de encomenda.

6.3. Métodos de Organização do Interface

Atualmente, o Interface é constituído por três estantes e armazena material correspondente a diversos equipamentos e subconjuntos de equipamentos, mais concretamente, esterilizadores horizontais, esterilizadores verticais, gerador de vapor, material produzido na secção de corte e quinagem, material proveniente da secção de Maquinagem, entre outros. No entanto, as referências em estudo, que dizem respeito a material utilizado no fabrico de esterilizadores horizontais, encontram-se quase na totalidade presentes na primeira estante, que pode ser observada na Figura 68.



Figura 68 - Primeira estante do Interface (Elaboração Própria)

Tal como referido no subcapítulo 4.2, não existe um método standardizado de colocação das referências nas estantes, sendo que à medida que novas encomendas são recebidas, procede-se a preencher as posições que se encontrem vazias nesse momento. Como consequência, produtos semelhantes podem estar em locais diferentes, constatando-se uma dificuldade dos colaboradores para encontrar a localização das referências que necessitam, resultando em perdas de tempo consideráveis e desnecessárias.

Sendo assim, e tendo em conta a quantidade de contentores necessária para cada referência, obtida no subcapítulo anterior, procedeu-se a avaliar a melhor forma de organizar o Interface de modo a incorporar as referências em estudo e facilitar o processo logístico de identificação e recolha de material para abastecer os bordos de linha. Para isso, começou por se obter as medidas da estante e efetuar a definição de critérios de seleção para estipular quais as combinações possíveis de contentores que seriam aceites por prateleira, de forma a maximizar o

espaço preenchido. As dimensões da estante, relevantes para a análise em questão, encontram-se presentes na Figura 69.

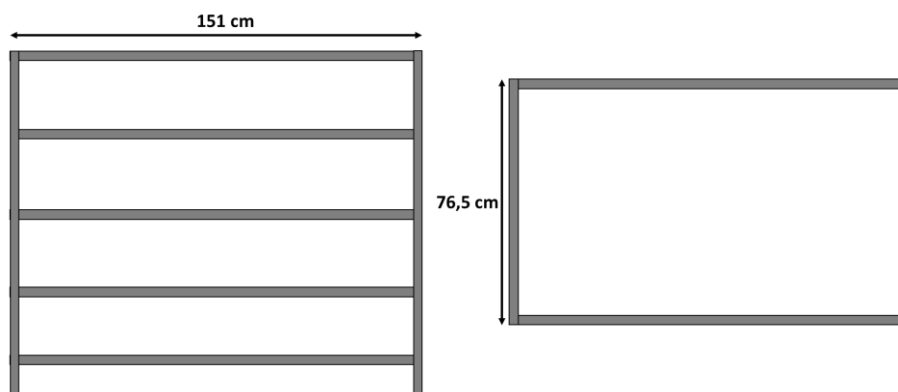


Figura 69 – Dimensões da 1ª estante do Interface - vista frontal (esquerda) e vista de cima (direita)
(Elaboração Própria)

O passo seguinte consistiu em verificar as dimensões dos três tipos de contentor utilizados pela empresa, presentes na Tabela 9.

Tabela 9 - Dimensões dos contentores disponíveis (Elaboração Própria)

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
Grande	33,5	20,5	16,5
Médio	23	14,5	12,5
Pequeno	10,3	12	6,2

No que diz respeito ao comprimento, verifica-se que a estante apresenta um valor de 151 centímetros, sendo que se considerou apenas combinações que ocupassem 143 centímetros ou mais, visto que a próxima combinação com um comprimento inferior ao referido implicaria deixar um espaço livre que poderia ter um contentor adicional. Em termos de largura da estante, o único critério será que os contentores não ultrapassem os 76,5 centímetros, visto que não existe problema se os contentores ficarem encostados entre si, desde que não ultrapassem essa dimensão. No Apêndice G e Apêndice H encontra-se um excerto de análise efetuada para verificar todas as combinações possíveis de contentores, de modo selecionar as que cumprem os critérios estabelecidos. Os resultados obtidos estão representados na Figura 70.

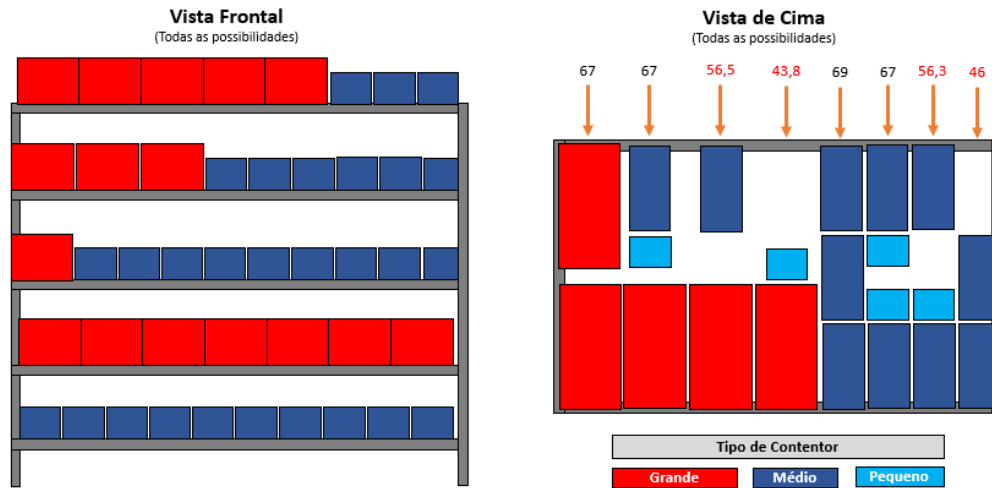


Figura 70 - Ilustração das combinações de contentores na estante (Elaboração Própria)

Em cada uma das prateleiras presentes na vista frontal da Figura 70, é possível constatar as cinco combinações obtidas para a disposição dos contentores ao longo do comprimento da estante, respeitando os critérios de seleção definidos. De salientar que nenhuma referência utiliza apenas contentores da menor dimensão, motivo pelo qual não se encontram presentes na ilustração da perspetiva frontal. De forma similar, do lado direito da Figura 70, encontram-se representadas as combinações possíveis ao longo da largura da estante.

Quanto ao funcionamento do sistema, é importante compreender que o último contentor corresponde à quantidade obtida para o ponto de encomenda, motivo pelo qual deverá ser priorizado o consumo de material de forma sequencial, começando no primeiro contentor da fila. Desta forma, é possível assegurar que, no momento em que se verifica a necessidade de retirar material do último contentor, este possui a quantidade dimensionada para prevenir a ocorrência de rutura, enquanto se aguarda a receção da encomenda para esse produto. Na Figura 71 encontra-se representado um exemplo de combinações de contentores possíveis, sendo identificado o ponto de encomenda para cada uma, de modo a permitir compreender, de forma intuitiva, o funcionamento do processo.

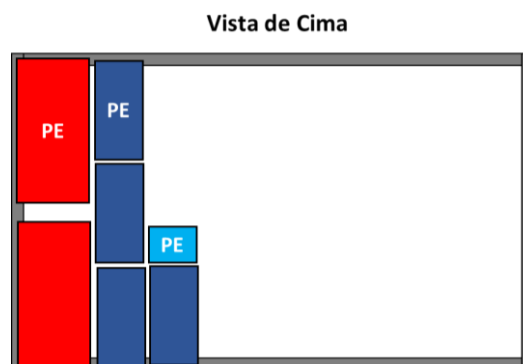


Figura 71 - Contentores associados ao Ponto de Encomenda (Exemplo) (Elaboração Própria)

Sendo assim, o processo iterativo de desenvolvimento de cenários será explicado a seguir, assim como a justificação que motivou o seu desenvolvimento.

Cenário 1 – Redução da Área Ocupada

No primeiro cenário, considerou-se uma abordagem que reduz a área ocupada pelos contentores nas prateleiras, permitindo armazenar um maior número de referências na estante. Neste caso, dado que o objetivo do presente cenário é maximizar o aproveitamento da área disponível, reduzindo o número de espaços vazios, não foram consideradas as referências cujas medidas se encontravam a vermelho na Figura 70. Adicionalmente, também não será considerada a combinação que utiliza os três contentores diferentes, visto não ser adequada do ponto de vista prático. Sendo assim, as combinações a utilizar serão as que se encontram presentes na Figura 72.

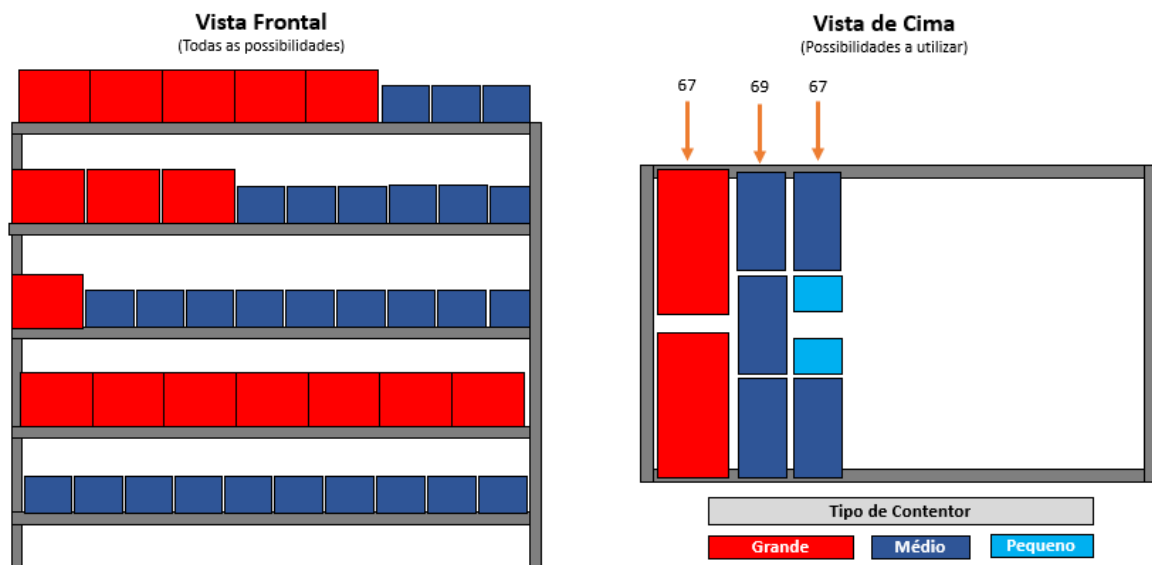


Figura 72 - Ilustração das combinações consideradas para o Cenário 1 (Elaboração Própria)

No que diz respeito às combinações obtidas na vista de cima, verifica-se que as duas primeiras apenas permitem o reabastecimento por um dos lados, tendo em conta que o objetivo é retirar material de um dos contentores e, apenas quando esse tiver vazio, procede-se a retirar do contentor seguinte. No caso da terceira combinação, que envolve a utilização de um contentor médio e um contentor pequeno, constata-se a possibilidade de colocar duas referências diferentes na mesma fila, virados para lados opostos da estante, sendo desta forma possível realizar o abastecimento por ambos os lados, como retratado na Figura 73.

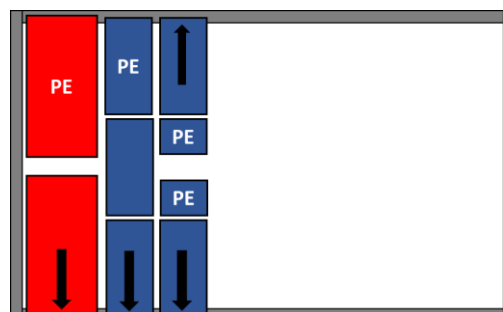


Figura 73 - Possibilidades de abastecimento para cada combinação (Vista de cima) (Elaboração Própria)

Com o objetivo de facilitar a implementação do cenário, e tendo em conta que apenas existem oito referências que utilizam esta combinação, definiu-se que apenas a primeira prateleira poderá ser abastecida por ambos os lados. Adicionalmente, dado que se trata da prateleira mais

alta, existe a possibilidade de sobreposição dos contentores, motivo pelo qual se decidiu que as referências fabricadas internamente, abordadas no capítulo 5, também serão armazenadas nesta mesma prateleira. De salientar que a altura das restantes prateleiras não permite a sobreposição dos contentores. Deste modo, e atendendo a que cada uma das referências internas possui dois contentores no Interface, verificou-se que quando um destes contentores fica vazio, é possível colocá-lo verticalmente por trás do contentor cheio, como se encontra representado na perspetiva lateral da Figura 74.

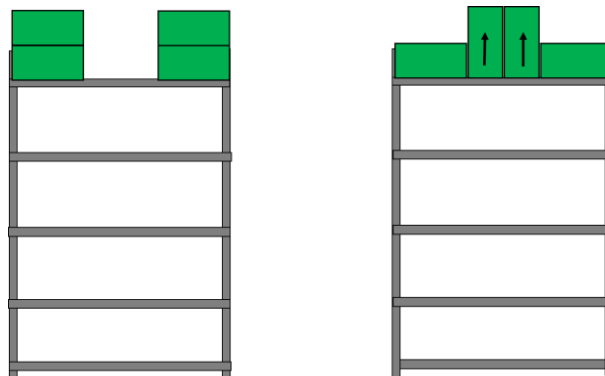


Figura 74 – Armazenamento de referências de fabrico interno (Vista lateral) (Elaboração Própria)

Sendo assim, apenas a combinação referida e as referências produzidas internamente permitem alocar duas referências na mesma fila.

Um aspeto adicional a mencionar na elaboração do presente cenário reside no facto de, ao proceder com a disposição dos contentores de acordo com as quantidades obtidas no subcapítulo 6.2 e com as combinações acima referidas, decidiu-se agrupar as combinações iguais de modo que ficassem todas juntas, tornando cada prateleira mais homogénea e visualmente mais organizada. Para além disso, permite reduzir os espaços livres, aumentando o número de referências que possam ser colocadas na estante. Deste modo, no Apêndice I encontra-se uma ilustração da disposição de contentores obtida para este cenário.

Resultados

Com base no *layout* do cenário apresentado, procedeu-se à realização de uma análise para avaliar os resultados obtidos, sendo possível observar um resumo na Figura 75.

Resultados	
Nº de Referências	36
Nº de Prateleiras Ocupadas	6
Área Ocupada (m2)	5,1
Espaço para Refs Internas	10

Figura 75 - Resultados do Cenário 1 (Elaboração Própria)

Em primeiro lugar, verifica-se que o dimensionamento das 36 referências em estudo requiere a ocupação de seis prateleiras, dado que uma das referências não conseguiu ser introduzida na primeira estante. No entanto, tendo em conta que a segunda estante apresentava espaços livres, a solução seria armazenar esta referência nesse local. Adicionalmente, verifica-se a

existência de dez espaços dedicados a referências internas, sendo que nove serão preenchidos pelas referências dimensionadas no capítulo 5.

A principal vantagem deste cenário seria a atribuição de uma localização específica para cada referência, no sentido de reduzir, consideravelmente, os tempos associados à localização de material neste local. No entanto, dado que se estabeleceu como prioridade maximizar o aproveitamento do espaço da estante, constata-se que material com características semelhantes poderá estar em localizações bastante diferentes, caso seja armazenado numa combinação de contentores diferente, por exemplo. Na Figura 76 encontram-se refletidas as vantagens e desvantagens do cenário descrito.



Figura 76 - Vantagens e desvantagens do Cenário 1 (Elaboração Própria)

Tendo em conta os aspetos abordados, considerou-se a elaboração de um novo cenário, que permitisse dar resposta aos problemas evidenciados.

Cenário 2 – Organização por Código da Referência

Com o objetivo de implementar um método de organização *standard* no Interface, definiu-se que as referências seriam ordenadas de acordo com o código associado, tendo em conta que artigos semelhantes tendem a possuir códigos praticamente sequenciais. Deste modo, para além de existir uma posição específica para cada referência, existe também uma lógica que permite localizar intuitivamente cada produto pelo respetivo código. Além deste aspeto, durante o desenvolvimento do cenário, detetou-se a existência de referências adicionais de fabrico interno, que não foram contempladas na respetiva análise por pertencerem a outras secções da empresa. Por este motivo, considerou-se que a primeira prateleira será reservada apenas para material fabricado na empresa, facilitando também a tarefa dos colaboradores, visto que estas referências são processadas de forma diferente das referências adquiridas externamente. Sendo assim, no Apêndice J encontra-se a representação visual do cenário descrito. De salientar que, na perspetiva frontal, a existência de contentores sem código significa que pertencem à referência imediatamente à esquerda, sendo que esta situação ocorre nas reduzidas ocasiões que se verificou a necessidade de utilizar mais do que dois contentores para uma dada referência.

Resultados

Ao contrário do que acontece no primeiro cenário, verifica-se uma maior alternância de combinações na mesma prateleira, tendo em conta que o principal foco reside na organização das referências pelo seu código. Deste modo, prioriza-se a definição de posições específicas e de forma ordenada para os artigos no Interface, conferindo maior facilidade no processo de localização do material e consequente abastecimento dos bordos de linha, às custas de um ligeiro aumento na área ocupada para armazenar o mesmo número de referências que no cenário 1. Na Figura 77 encontra-se um resumo dos resultados obtidos no presente cenário.

Resultados	
Nº de Referências	36
Nº de Prateleiras Ocupadas	6
Área Ocupada (m2)	5,4
Espaço para Refs Internas	20

Tipo de Contentor	Quantidade Total
Grande	34
Médio	59
Pequeno	8

Figura 77 - Resultados do Cenário 2 (Elaboração Própria)

Tal como esperado, verifica-se que a área ocupada na estante sofreu um aumento para 5,4 metros quadrados, que se traduz numa maior ocupação da prateleira utilizada na segunda estante. Adicionalmente, verifica-se a existência de 20 espaços reservados para referências internas, ou seja, o dobro do que se verificava no cenário 1. Este aspeto é importante, visto que confere maior flexibilidade ao dimensionamento da estante, tendo em conta a possibilidade de novas referências serem fabricadas internamente, permitindo que o seu armazenamento seja realizado no mesmo local.

No que diz respeito ao número de contentores, verifica-se uma redução de contentores grandes e um aumento do número de contentores médios utilizados. Isto acontece visto que, nas referências em que se verificou a possibilidade de utilizar dois contentores grandes ou três contentores médios para armazenar o material, optou-se pela última combinação, tendo em conta que possuem uma largura menor, permitindo colocar um maior número de referências em cada prateleira.

Sendo assim, a organização das referências de acordo com o seu código permite localizar o material necessário de forma intuitiva e em consideravelmente menos tempo. Adicionalmente, ao reservar uma prateleira dedicada ao material interno intenciona-se que a sua gestão seja facilitada, sendo que todos estes componentes que possuem um método de gestão própria se encontram armazenados no mesmo local.

Os aspetos salientados no parágrafo anterior demonstram como se tornou possível ultrapassar os constrangimentos apresentados no primeiro cenário. No entanto, constatou-se a possibilidade de existir um problema adicional relativo ao manuseamento dos contentores que ficam vazios à medida que se consome material. Este problema é particularmente importante na combinação que utiliza três contentores médios tendo em conta que, sempre que um contentor fica vazio, é necessário puxar o próximo contentor cheio para a frente e colocar o que se encontra

vazio por trás. No caso do terceiro contentor verificou-se que, em determinadas localizações da estante, poderá existir uma maior dificuldade para o operador alcançar esse contentor, o que poderia levar à necessidade de se deslocar ao lado contrário da estante para o fazer. Assim, este constrangimento constitui a principal desvantagem do cenário 2, como se pode observar na Figura 78 que retrata, simultaneamente, as respetivas vantagens de forma resumida.



Figura 78 - Vantagens e desvantagens do Cenário 2 (Elaboração Própria)

Para evitar a ocorrência do problema descrito, ponderou-se efetuar um novo estudo que recorresse apenas a combinações de dois contentores, de modo a facilitar as tarefas do operador e prevenir a ocorrência de deslocamentos desnecessários, que será seguidamente apresentado.

Cenário 3 – Combinações de Dois Contentores por Referência

Tal como referido anteriormente, o presente cenário tem como objetivo facilitar o manuseamento dos contentores no Interface, de modo a tornar o sistema funcional e adequado do ponto de vista prático. Por este motivo, procedeu-se à realização de uma nova análise às combinações de dois contentores mais apropriadas para armazenar as quantidades de material dimensionadas, envolvendo as quantidades de encomenda e as quantidades associadas ao ponto de encomenda. De salientar que, das 36 referências em estudo, verificou-se que quatro necessitaram de mais do que dois contentores visto apresentarem um volume superior, assim como uma quantidade de encomenda mais elevada, dado que são consumidas com maior frequência e em maior quantidade em cada esterilizador. Assim, duas destas referências necessitaram de quatro contentores, enquanto as outras duas precisaram de seis contentores no total. No entanto, as combinações são sempre múltiplos de dois contentores, para assegurar que o manuseamento das caixas permanece adequado nestas situações. No Apêndice K encontra-se a ilustração do presente cenário, permitindo uma visualização dos aspetos referidos com maior detalhe.

Resultados

Com base na descrição do cenário desenvolvido, apresentam-se os resultados obtidos na Figura 79.

Resultados	
Nº de Referências	36
Nº de Prateleiras Ocupadas	7
Área Ocupada (m2)	5,5
Espaço para Refs Internas	20

Tipo de Contentor	Quantidade Total
Grande	52
Médio	24
Pequeno	8

Figura 79 - Resultados do Cenário 3 (Elaboração Própria)

Comparativamente com o cenário anterior, verifica-se um aumento de, aproximadamente, 53% no número de contentores grandes utilizados, correspondente a 18 contentores. Contrariamente, o número de contentores médios utilizados sofreu uma redução de cerca de 59%, o que equivale a menos 35 unidades. Estas alterações no número de contentores devem-se ao facto de as combinações de três contentores médios terem sido substituídas por dois contentores grandes. Deste modo, é atingido o objetivo de facilitar o manuseamento dos contentores sendo que, ao utilizar um maior número de contentores grandes, também se verifica uma maior necessidade de espaço para armazenar as referências, dada a largura destes contentores. Por este motivo, apesar de o aumento da área ocupada ser de apenas 0,1 metros quadrados, será necessária a utilização de duas prateleiras presentes na segunda estante do Interface. Na Figura 80 encontram-se representadas as vantagens e desvantagens associadas ao cenário 3.



Figura 80 - Vantagens e desvantagens do Cenário 3 (Elaboração Própria)

Depois de efetuada uma análise ao cenário descrito, os resultados foram apresentados ao diretor de operações e à equipa de melhoria contínua, no sentido de assegurar a satisfação das expectativas, tendo-se recebido a aprovação do cenário desenvolvido. No entanto, sugeriu-se uma última adaptação que visa melhorar os cenários desenvolvidos até ao momento, sendo abordada de seguida no cenário 4.

6.4. Cenário Final

No presente cenário, considerou-se a realização de uma alteração adicional, segundo a qual cada referência apenas poderia utilizar um determinado tipo de contentor, ou seja, contentores grandes ou contentores médios. O objetivo será promover a standardização, com o intuito de reduzir a variabilidade associada aos diferentes contentores por prateleira, visto que cada referência irá passar a ter dois contentores iguais no Interface. Na Figura 81 é apresentado o resultado final, conseguindo observar-se a disposição das referências em estudo nas duas estantes consideradas.

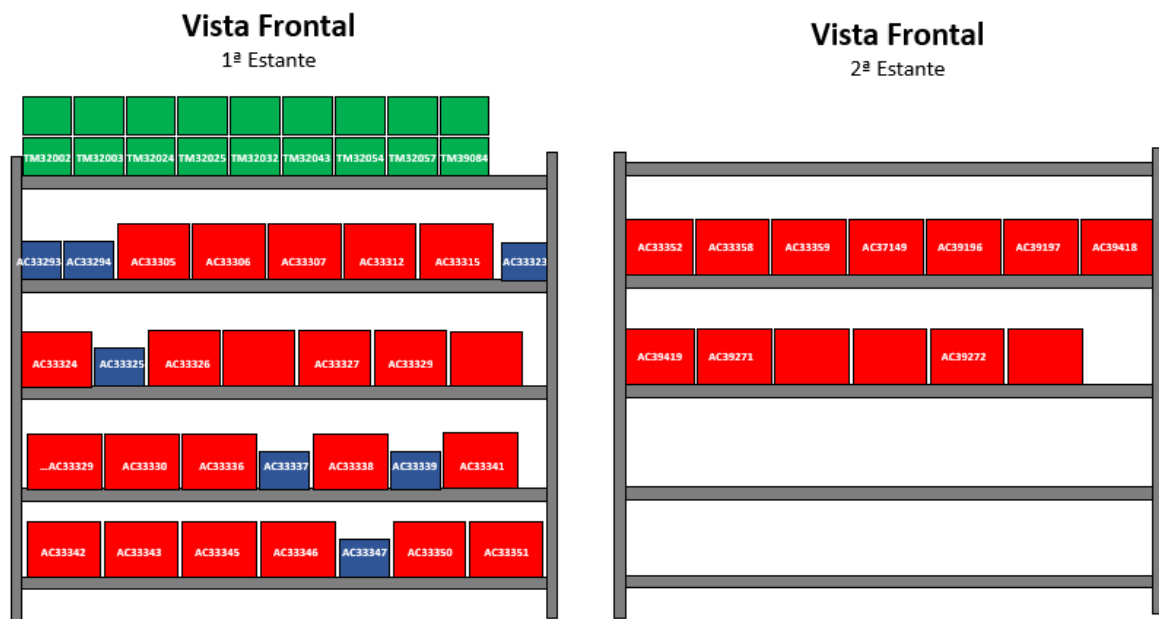


Figura 81 - Disposição final das referências nas estantes (Cenário 4) (Elaboração Própria)

Para sinalizar que uma encomenda deverá ser realizada, cada contentor associado ao Ponto de Encomenda terá um *kanban* que, dada a necessidade de retirar material desse contentor, deverá ser entregue ao Departamento de “Compras” para se proceder à realização de encomenda. Este processo será explicado com maior detalhe no subcapítulo 6.5. Neste sentido, decidiu-se que estes contentores que contêm a quantidade definida no Ponto de Encomenda de cada referência devem ser de cor vermelha, com o objetivo de se destacarem visualmente dos restantes contentores. Assim, é introduzido um elemento adicional de gestão visual para assegurar que, quando se retira material destes contentores, ou seja, quando se atinge o Ponto de Encomenda, é necessário retirar o respetivo *kanban* para iniciar o processo de encomenda. Nos restantes casos os contentores serão azuis, como utilizados atualmente, para indicar que pode ser retirado material normalmente, visto que não apresentam *kanbans*. Sendo assim, no Apêndice L encontra-se a ilustração detalhada do cenário, na qual se representam as cores efetivamente escolhidas para os contentores.

Resultados

Um resumo dos resultados do cenário encontra-se presente na Figura 82, assim como o número de contentores necessário para armazenar as referências em estudo.

Resultados	
Nº de Referências	36
Nº de Prateleiras Ocupadas	7
Área Ocupada (m2)	6,3
Espaço para Refs Internas	20

Tipo de Contentor	Quantidade Total
Grande	70
Médio	14
Pequeno	0

Figura 82 - Resultados do Cenário 4 (Elaboração Própria)

Tal como referido, verifica-se um aumento de, aproximadamente, 35% no número de contentores grandes utilizados, ou seja, 18 unidades adicionais, em comparação com o cenário anterior. Contrariamente, constata-se uma redução na quantidade de contentores médios de cerca de 42%, correspondente a 10 unidades.

A Figura 83 apresenta as vantagens e desvantagens do presente cenário.



Figura 83 - Vantagens e desvantagens do Cenário 4 (Elaboração Própria)

As vantagens apresentadas são resultado das sucessivas iterações presentes em cada cenário, que permitiram definir um sistema prático e dedicado a facilitar as tarefas dos operadores. Deste modo, reduz-se o tempo necessário para identificar a localização de cada referência, sendo este aspeto particularmente importante no reabastecimento dos bordos de linha que deverá ocorrer semanalmente. Para além disso, a utilização do mesmo tipo de contentores para cada referência, sendo que mais de 80% das referências estão dimensionadas para contentores grandes, contribui para a uniformização do Interface, sendo mais fácil realizar a sua organização e detetar contentores incorretamente armazenados.

A viabilidade desta proposta necessitou de ser revista com o diretor de operações, tendo em conta que, atualmente, existe um número reduzido de contentores grandes disponíveis na empresa. Com a adaptação realizada no presente cenário, o número destes contentores iria aumentar, o que implica um aumento nos custos associados à implementação desta solução. Apesar deste aspeto, a modificação para contentores iguais para cada referência é considerada uma mais-valia, motivo pelo qual se concordou em realizar esta alteração. Assim, efetuou-se um

pedido de orçamentação para a aquisição dos contentores necessários, sendo obtido um valor de 463€ no total ou 569€ incluindo o IVA. O orçamento obtido pode ser consultado no Anexo A.

6.5. Implementação da Ação

Depois de efetuado o estudo dos cenários e obter a respetiva aprovação, procede-se a fase de implementação. Em primeiro lugar, começou por se elaborar as etiquetas correspondentes às referências em estudo, ou seja, referências adquiridas externamente, sendo necessário recolher e fotografar cada uma. Nestas etiquetas é possível observar algumas diferenças na informação presente, comparativamente com as referências de fabrico interno, como por exemplo a presença de um campo correspondente ao número de contentores presentes no Interface. Isto acontece visto que, como referido anteriormente, existem referências que possuem mais do que dois contentores no Interface para armazenar material. No entanto, independentemente da sua origem, todos os artigos possuem apenas dois contentores com material nos bordos de linha, à exceção de duas referências que, devido à sua dimensão, necessitaram de um ou dois contentores adicionais nestes locais. Na Figura 84 encontra-se um exemplo de uma etiqueta elaborada para uma das referências adquiridas externamente.



Figura 84 - Etiqueta de componente de fabrico Externo (Elaboração Própria)

Um aspeto a salientar é que, no cenário selecionado, cada referência possui uma posição específica no Interface. Por este motivo, decidiu adicionar-se essa informação no campo "Local" da etiqueta, de modo a evitar qualquer dúvida ou perda de tempo adicional na localização dos componentes. Deste modo, torna-se possível dar resposta ao Problema 3, associado à falta de um sistema visual que auxiliasse na localização das referências, identificado no subcapítulo 4.2.

No que diz respeito ao processo para despoletar uma encomenda, verificou-se a necessidade de elaboração de *kanbans* para serem, posteriormente, colocados nos contentores associados ao Ponto de Encomenda, correspondendo sempre ao último contentor com material. Deste modo, sempre que se verifique a necessidade de retirar material desse contentor, procede-se a remover o respetivo *kanban*. De seguida, este terá de ser entregue no departamento das Compras para se proceder ao pedido efetivo de encomenda. Realça-se que, com base no dimensionamento efetuado para os bordos de linha, assegura-se que existe sempre inventário nestes locais, não existindo necessidade de os colaboradores retirarem material do Interface. Por isso, apenas o operador logístico deverá aceder ao Interface, com o intuito de realizar o reaprovisionamento deste material aos bordos de linha. No entanto, para prevenir situações em

que um colaborador se desloca do seu posto e retira material do contentor associado ao Ponto de Encomenda, sem realizar a entrega do *kanban* nas Compras, procedeu-se a colocar duas caixas para *kanbans* neste local. Assim, na primeira caixa (Figura 85) serão colocados os *kanbans* que necessitam de ser entregues no departamento de “Compras”, o que será efetuado pelo operador logístico no próximo reabastecimento.



Figura 85 - Caixa kanban "COMPRAS" (Elaboração Própria)

Posteriormente, no momento de receção da encomenda, é necessário recolher o respetivo *kanban* do departamento “Compras” que deverá acompanhar esta mercadoria até ao Interface. Assim, o *kanban* será colocado na segunda caixa presente neste local de maneira que, quando se proceder à arrumação do material nos devidos contentores, o *kanban* seja repostado no contentor afeto ao Ponto de Encomenda, terminando assim todo o processo. Na Figura 86 é possível verificar a segunda caixa mencionada.



Figura 86 - Caixa *kanban* para "Receção de Mercadoria" (Elaboração Própria)

Atualmente, encontra-se em desenvolvimento um projeto na empresa que envolve a colocação de computadores adicionais no chão de fábrica, com vista a promover a digitalização dos

processos. Por este motivo, decidiu-se que deveriam ser criados códigos de barra e inseridos no *kanban*, de modo a possibilitar que na fase seguinte, ao retirar o *kanban* dos respetivos contentores, seja possível utilizar uma pistola *scanner* para sinalizar a necessidade de encomenda diretamente ao departamento de Compras, sem efetuar o trajeto físico. Assim, este poderá ser colocado diretamente na Caixa *kanban* após o pedido, não existindo necessidade de sair do Interface. A Figura 87 demonstra um exemplo dos *Kanbans* desenvolvidos.



Ponto de Encomenda	
Designação	Castanha Inox 1" M Para Coletores
Código	AC33293
QT/Contentor	17
Nº Contentores (PE)	1 Contentor
Destino	Interface
Material	Est. Horizontal
	

Figura 87 - *Kanban* para referências externas (Elaboração Própria)

Para assegurar a compreensão e cumprimento do sistema desenvolvido, procedeu-se à elaboração de instruções de trabalho permitindo, simultaneamente, assegurar a definição das tarefas atribuídas ao operador logístico, que envolvem o abastecimento dos bordos de linha e a reposição do Interface. Estas instruções de trabalho explicam como devem ser realizadas as rotas de abastecimento aos bordos de linha, como realizar a reposição de referências de fabrico interno e externo, e como sinalizar a necessidade de encomenda de referências de fabrico externo através do *kanban*. No Apêndice M é possível verificar as Instruções de trabalho mencionadas.

Previamente à implementação do cenário estudado, constatou-se que nas sete prateleiras dimensionadas constavam 106 referências. No entanto, de acordo com o cenário desenvolvido, verifica-se uma redução de 47%, sendo o total de referências dimensionadas de 56. Os valores relativos às referências em cada estante podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Número de referências nas prateleiras em estudo (Elaboração Própria)

	Nº Refs Atual	Nº de Refs Dimensionadas	Redução
1ª Estante	67	46	31%
2ª Estante (2 Prateleiras)	39	10	74%
Total	106	56	47%

A redução considerável no número de referências presentes nestas prateleiras deve-se a diversos aspetos. Em primeiro lugar, anteriormente, o abastecimento era permitido por ambos os lados, o que não acontece no novo sistema implementado. Em segundo lugar, deve-se ao facto de,

antes de se efetuar a implementação do cenário estudado, não existir espaço suficiente nas estantes para armazenar a quantidade de material que era rececionada de cada referência. Por este motivo, o excesso de material permanecia frequentemente armazenado em contentores de maior dimensão, que podiam ser encontrados no chão em torno do Interface, enquanto aguardavam a libertação de espaço. Este dimensionamento inadequado provocava constrangimentos à movimentação, localização e, em determinadas situações, à identificação do material, dado não se encontrar uma descrição presente nesses contentores, como evidenciado na Figura 88.



Figura 88 - Material armazenado fora das Estantes (Elaboração Própria)

Adicionalmente, para armazenar este elevado número de referências, verifica-se a presença de contentores sobrelotados, como acontece na Figura 89.



Figura 89 - Contentores com excesso de material (Elaboração Própria)

Pelos motivos apresentados, e tal como descrito no desenvolvimento do cenário, verifica-se a necessidade de utilizar duas prateleiras adicionais para armazenar as referências que constavam nas cinco prateleiras da primeira estante, assim como o material que se encontra nos contentores em torno do Interface. Sendo assim, e após a receção dos contentores encomendados, encontram-se reunidas as condições necessárias avançar com as alterações no Interface. Em primeiro lugar, começa-se por realizar a transição de material para os novos contentores e colocar as respetivas etiquetas. De seguida, procede-se à alocação destes contentores nas prateleiras, de acordo com o *layout* definido no cenário escolhido. No entanto, durante o processo de implementação, verificou-se que duas das referências atribuídas à segunda prateleira da segunda estante apresentavam um elevado valor de *stock* e, tendo em conta o seu peso, considerou-se que seria adequado efetuar o seu armazenamento em prateleiras diferentes, sendo que a área ocupada mantém-se a mesma. Dado que se pretende que, no futuro, o método atual de organização englobe as restantes referências presentes no Interface, sugeriu-se a utilização de uma estante adicional que se encontrava na secção de Montagem de Chapa Fina, de modo a permitir armazenar estas referências. Para além disso, tendo em conta a incerteza atual associada às cadeias de abastecimento e conseqüente escassez de material, constatam-se situações nas quais é necessário encomendar quantidades acima do normal para prevenir ruturas e paragens de produção. Deste modo, decidiu-se que deveria existir uma zona que permitisse armazenar estas flutuações, de modo a prevenir a incidência de situações como acontecia previamente, nas quais o material acumulava-se em torno do Interface. Sendo assim, estabeleceu-se que a quarta prateleira seria utilizada para este propósito. Adicionalmente, também se considerou pertinente que a última prateleira ficasse reservada para material rececionado, de modo a existir um local específico para este material, enquanto se aguarda a disponibilidade para proceder à sua colocação nos contentores dimensionados. Um aspeto importante a salientar é que os contentores adquiridos são denominados caixas de bico, visto que possuem uma abertura com o intuito de facilitar a remoção de material do seu interior. No entanto, tal como acontecia previamente à implementação, decidiu-se que esta não seria utilizada neste momento, tendo em conta que essa face do contentor não permitia inserir etiquetas com toda a informação que se considerou necessário para auxiliar os processos logísticos. Adicionalmente, uma grande parte das referências necessitam de apresentar um código associado à rastreabilidade do material, motivo pelo qual é necessário espaço adicional. Sendo assim, procedeu-se a efetuar as alterações mencionadas e organizar o material nos novos contentores, sendo possível observar o aspeto final da primeira estante do Interface e da estante adicionada na Figura 90.



Figura 90 - 1ª Estante do Interface (esquerda) e nova estante (direita) (Elaboração Própria)

Após todo o material se encontrar devidamente organizado nos contentores constatou-se que, dada a altura reduzida das duas últimas prateleiras, poderia existir alguma dificuldade para retirar unidades destes contentores, mesmo não sendo significativa. Apesar disso, tendo em vista reduzir qualquer constrangimento que se possa apresentar aos colaboradores na realização das tarefas de reabastecimento, considerou-se novamente a utilização desta face das caixas de bico. Para realizar esta adaptação, tornou-se necessário inverter a direção dos contentores e realizar uma adaptação das etiquetas presentes no Interface. Sendo assim, após abordar o Diretor de Produção e assegurar a possibilidade de realizar uma adaptação na forma como o código de rastreabilidade seria apresentado, procedeu-se a realizar as devidas alterações, sendo possível visualizar o resultado final do Interface na Figura 91.



Figura 91 - Estantes no Interface após processo de implementação (Elaboração Própria)

De salientar que também se procedeu à identificação da localização das referências com etiquetas na própria estante, de maneira a assegurar que existe um local específico para cada artigo e não ocorrem alterações após a implementação. Do mesmo modo, identificaram-se as quatro estantes com letras e as prateleiras com números diferentes para cada nível, de modo a facilitar a identificação da posição dos contentores, presente nas etiquetas dos bordos de linha. Estes aspetos podem ser vistos na Figura 92, podendo observar-se a diferença em termos de visibilidade e acesso aos contentores para retirar material, comparado com a disposição dos contentores na Figura 90.



Figura 92 – Aspeto final da 1ª estante e 4ª estante do Interface (Elaboração Própria)

Com base na Figura 92 é possível verificar que o Interface se encontra mais adaptado à realização dos processos de reaprovisionamento, dada a facilidade com que se procede à identificação e consequente recolha do material dos contentores, ao contrário do que acontecia anteriormente. Por fim, na Figura 93, é possível observar o estado do Interface antes e depois da implementação das modificações abordadas ao longo da dissertação.



Figura 93 - Interface antes (esquerda) e depois (direita) da fase de implementação (Elaboração Própria)

Deste modo, tendo em conta que o dimensionamento efetuado contempla as quantidades e volume associados a cada referência, assim como um local dedicado ao armazenamento de flutuações nas quantidades encomendadas, a implementação do cenário deverá ser capaz de prevenir a ocorrência das situações apresentadas. Para além disso, todos os processos realizados durante o desenvolvimento de cenários, seja no âmbito das referências internas como externas, permitiram dar resposta aos Problemas 1,2,3 e 4 identificados no subcapítulo 4.2. Por último, é importante mencionar que o Problema 5 não foi abordado ao longo da presente dissertação dado que, durante o desenvolvimento deste projeto, foram subcontratados os serviços de uma entidade externa, no sentido de melhorar os atuais problemas relacionados com o desfasamento de *stocks*, assim como o funcionamento do sistema ERP da PROHS.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de dar resposta aos problemas apresentados no subcapítulo 4.2, procedeu-se à realização de dois ciclos associados à metodologia de investigação-ação sendo, no primeiro caso, abordadas as soluções desenvolvidas para as referências de fabrico interno na PROHS e, no segundo caso, para as referências adquiridas a fornecedores externos. Em ambos os casos, o foco inicial reside na resolução dos **Problemas 1 e 2**, associados ao dimensionamento dos bordos de linha se encontrar inadequado às necessidades de produção, e à inexistência de um sistema de reaprovisionamento sistemático aos bordos de linha. De seguida, com base nos cenários desenvolvidos para as referências internas e externas, procedeu-se a solucionar o **Problema 4**, relacionado com a desorganização do Interface e a inexistência de um método responsável por despoletar encomendas, e o **Problema 3**, associado à falta de um sistema visual e codificado que permita identificar a posição de cada componente no Interface.

7.1. Apresentação de Resultados

Nos subcapítulos seguintes, será apresentado um resumo dos resultados obtidos com o desenvolvimento de soluções que visam dar resposta aos problemas identificados na empresa. Do mesmo modo, serão demonstrados os impactos associados à sua implementação.

7.1.1. Primeira Iteração - Referências Internas

Sendo assim, começando pelas referências internas, foram elaborados cenários que visam explorar a realização do processo de abastecimento uma ou duas vezes por semana, atendendo aos requisitos da empresa. Os resultados do processo iterativo de adaptação dos cenários encontram-se presentes nas Figura 94 e Figura 95.

<p style="text-align: center;">Cenário 1 - Original</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Abastecimento semanal; ➤ Interface deve ter o dobro do material dos bordos de linha. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: entre 12 e 48 unidades; ➤ Tempo de produção: equivalente ao <i>lead time</i> (5 dias); ➤ Abastecimentos dos Bordos de linha: Semanal; ➤ Produção para reabastecimento do Interface: A cada 4 semanas.
<p style="text-align: center;">Cenário 1.1</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Volume constante de produção; ➤ Aumento do Tempo de Produção. <p>Adaptações:</p> <p>Referências de 1 unidade/Esterilizador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ duplicação do material nos bordos de linha e Interface; <p>Referências de 4 unidades/Esterilizador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ reposição de apenas 1 contentor. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: 24 unidades; ➤ Tempo de produção: aumento de 5 para 10 dias (variante 1 unidade/esterilizador); ➤ Redução da carga do operador logístico: referências que consomem 1 unidade/Est. são reabastecidas apenas a cada duas semanas.

Figura 94 - Resumo de cenários com reabastecimento semanal (Elaboração Própria)

<p style="text-align: center;">Cenário 2 - Original</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Abastecimento 2 vezes por semana; ➤ Interface deve ter o dobro do material dos bordos de linha. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: entre 8 e 29 unidades; ➤ Tempo de produção: equivalente ao <i>lead time</i> (3 dias); ➤ Abastecimentos dos Bordos de linha: ≈ A cada 3 dias; ➤ Produção para reabastecimento do Interface: A cada 12 dias (equivalente a 4 <i>lead times</i>).
<p style="text-align: center;">Cenário 2.1</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Redução da elevada amplitude da quantidade de produção; ➤ Aumento do Tempo de Produção. <p>Adaptações:</p> <p>Referências de 1 unidade/Esterilizador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ duplicação do material nos bordos de linha; 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: Entre 15 e 29 unidades; ➤ Tempo de produção: aumento de 3 para 6 dias (variante 1 unidade/esterilizador).
<p style="text-align: center;">Cenário 2.2</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Volume constante de produção; ➤ Aumento do Tempo de Produção. <p>Adaptações:</p> <p>Referências de 4 unidades/Esterilizador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ reposição de apenas 1 contentor. ➤ duplicação do material nos bordos de linha; 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: 15 unidades; ➤ Tempo de produção: aumento de 6 para 12 dias (variante 4 unidade/esterilizador); ➤ Redução da carga do operador logístico: Ambas as variantes serão reabastecidas cerca de 3 vezes em cada 4 semanas.
<p style="text-align: center;">Cenário 2.3</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aumento do Tempo de Produção. <p>Adaptações:</p> <p>Referências de 1 unidades/Esterilizador:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ duplicação do material nos bordos de linha; 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: 15 unidades; ➤ Tempo de produção: aumento de 6 para 12 dias (variante 1 unidade/esterilizador); ➤ Redução da carga do operador logístico: referências que consomem 1 unidade/Est. são reabastecidas apenas a cada 12 dias; ➤ Supermercado Lean: Contentores nos bordos de linha e Interface com a mesma quantidade, substituindo diretamente contentores vazios por cheios.
<p style="text-align: center;">Cenário 2.4</p> <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Realização de Abastecimento apenas uma vez por semana. <p>Adaptações:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Arredondamento das quantidades dimensionadas, permitindo que os contentores de cada referência possuam a mesma quantidade. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Quantidade de produção: 16 unidades; ➤ Tempo de produção: aumento de 12 para 15 dias; ➤ Redução da carga do operador logístico: reabastecimentos a cada 15 dias (1 unidade/Est.) e 2 vezes a cada 15 dias (4 unidades/Est.); ➤ Supermercado Lean: Contentores nos bordos de linha e Interface com a mesma quantidade, substituindo diretamente contentores vazios por cheios.

Figura 95 - Resumo de cenários baseados no reabastecimento duas vezes por semana (Elaboração Própria)

Após avaliar os resultados obtidos, verificou-se que os Cenários 1.1 e 2.4 permitem satisfazer os requisitos previamente impostos. Por este motivo, realizou-se uma análise em detalhe a ambos os cenários, presente no subcapítulo 5.2, no qual se concluiu que o cenário 2.4 seria o mais adequado. Assim, na Tabela 11 destacam-se algumas das vantagens que motivaram a seleção deste cenário.

Tabela 11 - Vantagens do Cenário 2.4 (comparação com cenário 1.1) (Elaboração Própria)

Motivo	Justificação
Quantidades mais reduzidas de produção	Reduz acumulação de <i>stocks</i> ; Menor tempo de reação a urgências
Tempo de produção superior	Maior flexibilidade para o planeamento da Secção de Maquinagem
Abastecimentos menos frequentes	Reduz carga do operador logístico
Supermercado <i>Lean</i>	Reduz tempo de recolha de material durante rotas de reaprovisionamento; Sistema integrado de produção/reabastecimento
Redução do valor de <i>stock</i> médio	Menor investimento financeiro afeto a inventário

De salientar que a possibilidade de funcionamento como supermercado *Lean* constitui uma vantagem considerável no cenário 2.4, permitindo integrar a produção com o processo de reabastecimento. Deste modo, são produzidas as quantidades necessárias para os contentores, que serão as mesmas quantidades utilizadas nos bordos de linha, reduzindo a sobreprodução e consequente aumento na área ocupada para armazenar o *stock*, assim como o tempo associado ao reaprovisionamento dos bordos de linha, dado que apenas é necessária a substituição direta de contentores vazios por cheios no Interface.

Cenário 2.4

De seguida, será apresentado um resumo dos resultados obtidos no cenário 2.4, no sentido de compreender as implicações práticas da sua implementação. Assim, começa por se apresentar uma descrição das principais características associadas ao cenário, presente na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados do Cenário 2.4 (Elaboração Própria)

	1 Unidade/Esterilizador	4 Unidades/Esterilizador
Quantidade/Contentor - Bordo de Linha (Esterilizadores / Unidades)	8 / 8	4 / 16
Quantidade/Contentor - Interface (Esterilizadores / Unidades)	8 / 8	4 / 16
Quantidade de Produção	16	16
Tempo de Produção	15 dias	15 dias
Abastecimento Bordo de Linha	A cada 15 dias	2 vezes a cada 3 semanas
Pedido de Produção	Interface fica vazio (2 contentores vazios)	Retira 1 contentor do Interface (1 contentor vazio)
Supermercado <i>Lean</i>	✓	✓

Com base nos dados apresentados, assim como nos pressupostos estipulados, associados a um valor de procura de 2,7 esterilizadores por semana, e à realização de reaprovisionamentos à segunda-feira, é possível verificar graficamente o comportamento associado ao sistema de abastecimento desenvolvido para os bordos de linha (Figura 96).

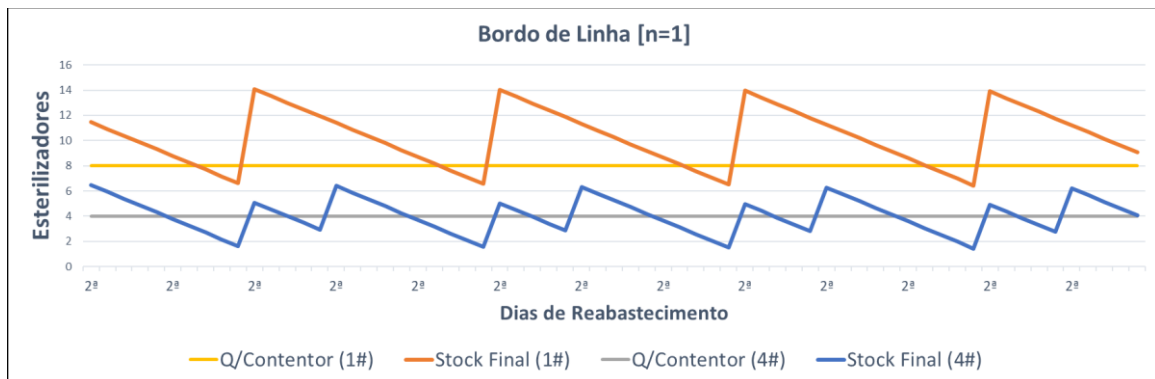


Figura 96 - Sistema de Reabastecimento - Bordos de Linha (1 unidade/Est. e 4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

Tal como indicado anteriormente, as referências que consomem uma unidade por esterilizador são reabastecidas a cada 15 dias, enquanto a variante de quatro unidades por esterilizador necessita de reaprovisionamentos duas vezes a cada três semanas.

Do mesmo modo, na Figura 97 é possível verificar graficamente as alterações no inventário do Interface, sendo que os aumentos representam a conclusão de produção e respetivo armazenamento dessa referência, enquanto a redução de *stock* representa o material que é retirado desta local com o intuito de abastecer os bordos de linha.

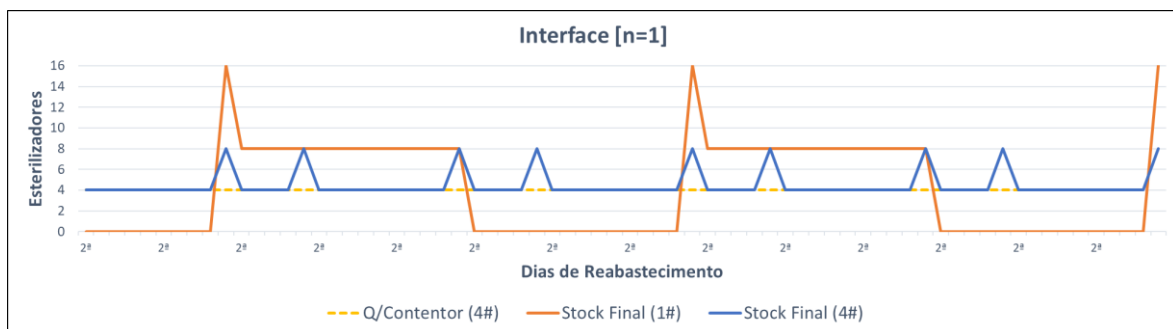


Figura 97 - Sistema de Reabastecimento - Interface (1 unidade/Est. e 4 unidades/Est.) (Elaboração Própria)

Assim, para a variante de uma unidade por esterilizador, verifica-se a necessidade de produção a cada 30 dias, tendo em conta que, neste caso, é produzida quantidade para restabelecer o *stock* correspondente a dois contentores, totalizando 16 esterilizadores. No caso da variante de quatro unidades por esterilizador, a necessidade de produção é mais frequente, ocorrendo duas vezes a cada três semanas, dado que se produz para apenas um contentor e que a quantidade por contentor satisfaz uma procura de apenas quatro esterilizadores. Adicionalmente, é possível verificar a existência constante de um contentor de reserva para estas referências, dado que a quantidade no Interface nunca é inferior a 4 esterilizadores.

Deste modo, o cenário escolhido permite dar resposta aos requisitos impostos pela PROHS, assegurando que:

- Quantidades de produção encontram-se dentro dos limites razoáveis, considerados pela empresa;
- O tempo de produção é suficiente para assegurar a reposição sistemática do Interface;
- Redução da carga do operador logístico, visto que os reabastecimentos apenas serão realizados semanalmente, não se verificando a necessidade de reabastecer todas as referências em cada rota;
- As quantidades dimensionadas para os BL e Interface previnem a ocorrência de ruturas.

7.1.2. Segunda Iteração - Referências Externas

Para o abastecimento aos bordos de linha de referências adquiridas a fornecedores externos, intencionou-se que seguisse os mesmos princípios das referências internas. Neste caso, verifica-se uma maior flexibilidade nas quantidades a colocar por contentor, tendo em conta que não existe a necessidade de contemplar a restrição adicional, associada à capacidade produtiva da Secção de Maquinagem. Por este motivo, procedeu-se a definir o tempo entre reabastecimentos para cada uma destas referências, de modo a reduzir a carga do operador logístico, priorizando períodos de tempo mais longos entre abastecimentos sempre que possível. Tal como nas referências internas, o maior *lead time* entre reaprovisionamentos é de três semanas, sendo possível observar os resultados obtidos na Figura 98.

Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
3 Semanas	1	13	36%	9	9
	2	6	17%	9	18
Total		19	53%		
Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
2 Semanas	3	3	8,3%	6	18
	4	5	13,9%	6	24
Total		8	22%		
Tempo Entre Reabastecimentos	Unidades/Est.	Nº de Refs	Refs (%)	Q/contentor (Esterilizadores)	Q/contentor (unidades)
1 Semana	5	1	2,8%	3	15
	6	2	5,6%	3	18
	8	1	2,8%	3	24
	9	1	2,8%	3	27
	10	1	2,8%	3	30
	16	2	5,6%	3	48
	20	1	2,8%	3	60
Total		9	25%		

Figura 98 – Resultados do sistema de abastecimento para referências externas (Elaboração Própria)

De acordo com os dados apresentados, verificam-se dois aspetos relevantes. Em primeiro lugar, e tendo em conta que a capacidade dimensionada é de três esterilizadores por semana, à medida que se aumenta o tempo entre reabastecimentos, é necessário aumentar a quantidade por contentor proporcionalmente. Em segundo lugar, quanto maior o número de unidades por esterilizador (segunda coluna) de dada referência, maior será o número de unidades por contentor para um determinado número de esterilizadores (última coluna). Deste modo, as referências com maior número de unidades por esterilizador têm de ser abastecidas uma vez por semana, dado que não seria possível armazenar num contentor material suficiente para um período de tempo superior. No entanto, salienta-se que mais de 50% das referências em estudo podem ser abastecidas apenas de três em três semanas, reduzindo o esforço do operador logístico em cada rota.

Com a definição das referências que devem estar presentes nos bordos de linha e no Interface, assim como as respectivas quantidades, em conjunto com o desenvolvimento de procedimentos de abastecimento sistemático aos bordos de linha, foi possível dar resposta **Problemas 1 e 2**.

Indicador de Distância

Para quantificar as melhorias obtidas, começou por se verificar que a quantidade presente nos contentores dos bordos de linha antes da implementação dos cenários abordados era de seis esterilizadores. Sendo assim, e tendo em conta que não existia um operador logístico a realizar o abastecimento, quando se incorria em ruturas de material seria o colaborador de cada posto a deslocar-se ao Interface para recolha desse componente. Deste modo, verifica-se que as distâncias percorridas anualmente para realizar estas tarefas eram de, aproximadamente, 66,2 quilómetros, como se pode ver na Figura 99.

Cenário Atual				
Dados	Procura	2,7	Est./Sem	
	Semanas por ano	48	Semanas	
BL Atual	Capacidade/contentor	6	Est.	
	Período entre Abastecimentos	2,2	Semanas	
	Abastecimentos/ano	22	Abastecimentos	
BL	Nº de Refs	Nº de reabastecimentos	Distância	Distância Total
1	3	22	100	6600
2	19	22	62	25916
3	2	22	64	2816
4	1	22	74	1628
5	3	22	58	3828
6	8	22	64	11264
7	8	22	70	12320
8	1	22	84	1848
Total				66220

Figura 99 - Análise distâncias percorridas atualmente (Elaboração Própria)

Com a implementação do cenário dimensionado, estes reabastecimentos apenas ocorrem uma vez por semana e abastecem todos os bordos de linha de uma vez, verificando-se na Figura 100 que a distância total percorrida é de, aproximadamente, 12,3 quilómetros, correspondendo a uma redução de 81%.

Cenário Dimensionado				
Dados	Procura	2,7	Est./Sem	
	Semanas por ano	48	Semanas	
Novo Cenário	Distância Rota Completa	256	Metros	
	Capacidade/contentor	Variável	Est.	
	Período entre Abastecimentos	1	Semana	
	Abastecimentos/ano	48	Abastecimentos	
	Nº de Abastecimentos/ano	48		
Distância Total (Rota)		12288	metros	
Redução da distância percorrida (m)		Redução Percentual		
53932		81%		

Figura 100 - Análise de distâncias percorridas nos cenários dimensionados (Elaboração Própria)

7.1.3. Ponto de Encomenda e Critério de Organização do Interface

Com o sistema de abastecimento aos bordos de linha definido, procedeu-se a abordar o **Problema 4**, relativo à desorganização do Interface e falta de um método standardizado para efetuar o armazenamento de material neste local. Tendo em conta que o material presente nos bordos de linha é proveniente deste ponto de armazenamento de *stock*, é igualmente necessário prevenir a existência de ruturas no Interface. Sendo assim, começou por se definir um sistema com a capacidade de sinalizar a necessidade de encomenda, tendo por base um Ponto de Encomenda adequado para cada uma das referências externas em estudo, baseado nos valores de procura estimada, *lead time* dos fornecedores, tempo de espera (tarefas como o transporte de mercadorias e orçamentação) e um fator de segurança.

De seguida, obteve-se a quantidade de encomenda para cada referência, permitindo concretizar o número de contentores necessários no Interface para armazenar todo o inventário neste local, relativo às quantidades de encomenda e ao Ponto de Encomenda. Com o intuito de efetuar a reorganização do Interface, procedeu-se novamente a um processo iterativo de desenvolvimento de cenários, com o objetivo de convergir para a solução mais adequada aos requisitos da empresa. Sendo assim, na Figura 101 é possível verificar as estratégias, os objetivos e os resultados de cada um dos cenários estudados.

<p style="text-align: center;">Cenário 1</p> <p>Estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Redução da área ocupada. <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar o maior número de referências no Interface. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de prateleiras ocupadas: 6 ➤ Área ocupada: 5,1 m² ➤ Espaço para referências internas: 10 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Prateleiras mais homogêneas (agrupar contentores iguais); ✓ Redução de espaços livres; ✓ Localização específica para cada artigo; <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Material semelhante pode ser armazenado em locais distantes; ✗ Espaço limitado para referências internas. 	<p style="text-align: center;">Tipo de Contendor</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande: 42 ➤ Médio: 50 ➤ Pequeno: 8
<p style="text-align: center;">Cenário 2</p> <p>Estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Organização das referências pelo respetivo código. <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Reduzir o esforço e tempo necessário para identificar a localização de material; ➤ Definir método de organização <i>standard</i>. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de prateleiras ocupadas: 6 ➤ Área ocupada: 5,4 m² ➤ Espaço para referências internas: 20 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Artigos semelhantes encontram-se agrupados; ✓ Lógica de organização facilita a identificação de referências intuitivamente; ✓ Espaço adicional para referências de fabrico interno. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Dificil manuseamento de contentores em algumas posições do Interface; ✗ Ligeiro aumento da área ocupada. <p>Nota: Preferência de combinações com contentores médios do que grandes: menor largura logo mais referências nas prateleiras.</p>	<p style="text-align: center;">Tipo de Contendor</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande: 34 ➤ Médio: 59 ➤ Pequeno: 8
<p style="text-align: center;">Cenário 3</p> <p>Estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de combinações de apenas dois contentores. <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Facilitar o manuseamento de contentores no Interface; ➤ Eliminar necessidade de deslocamentos desnecessários. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de prateleiras ocupadas: 7 ➤ Área ocupada: 5,5 m² ➤ Espaço para referências internas: 20 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Redução do tempo/esforço necessário para organizar contentores; ✓ Torna o sistema mais funcional, aumentando a probabilidade de cumprimento. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Maior ocupação de espaço resulta na utilização de duas prateleiras da segunda estante. 	<p style="text-align: center;">Tipo de Contendor</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande: 52 ➤ Médio: 24 ➤ Pequeno: 8
<p style="text-align: center;">Cenário 4</p> <p>Estratégia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de combinações de apenas dois contentores <u>iguais</u>; ➤ Contentores Ponto de Encomenda (PE) vermelhos e restantes azuis; <p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Promover a standardização dos contentores no Interface (apenas grandes ou médios); ➤ Facilitar a gestão. 	<p style="text-align: center;">Resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Número de prateleiras ocupadas: 7 ➤ Área ocupada: 6,3 m² ➤ Espaço para referências internas: 20 <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contentores iguais tornam a identificação das referências mais intuitiva; ✓ Cor vermelha dos contentores PE permite reduzir erros (Gestão Visual); ✓ Sistema kanban elimina processo de encomendar quando o colaborador considera adequado – dependente da experiência; ✓ Espaço reservado para referências internas em estudo e restantes secções. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Maior ocupação de espaço resulta na utilização de duas prateleiras da segunda estante. 	<p style="text-align: center;">Tipo de Contendor</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande: 70 ➤ Médio: 14 ➤ Pequeno: 0

Figura 101 - Resultados dos cenários - reorganização do Interface (Elaboração Própria)

Deste modo, apesar de se constatar um aumento na área ocupada, verifica-se que o Cenário 4 é o mais adequado para efetuar a reorganização do Interface e dar resposta aos objetivos pretendidos. Com base na sua implementação, estabelece-se uma lógica que permite localizar intuitivamente cada produto pelo respetivo código, define-se um método de controlo e sinalização da necessidade de realizar encomendas e procede-se a standardizar o número e tipo de contentores utilizados para cada referência. Assim, o sistema de abastecimento aos bordos de linha e o reaprovisionamento do Interface funcionam de forma integrada, removendo a dependência na experiência dos colaboradores para decidir quando reabastecer os respetivos bordos de linha ou quando efetuar encomendas. Para além disso, reduz-se, consideravelmente, o tempo e esforço associado à localização das referências presentes neste local.

Para proceder à implementação do presente cenário, verificou-se a necessidade de adquirir contentores grandes, tendo em conta que a empresa apresentava uma disponibilidade reduzida deste material. Assim, após o pedido de orçamentação, obteve-se um custo total de 463€, associado à aquisição de 40 contentores azuis e 40 contentores vermelhos, sendo estes últimos utilizados para sinalizar o Ponto de Encomenda.

Por fim, procede-se com a resolução do **Problema 3**, relacionado com a inexistência de um sistema visual que permita a identificação da posição específica dos componentes no Interface. Tendo em conta que no desenvolvimento do Cenário 4 é definido um critério de organização, verifica-se que cada referência será atribuída uma posição no Interface, possibilitando a identificação da sua localização nas respetivas etiquetas. Deste modo, qualquer colaborador conseguirá aceder, facilmente, à referência que necessita, sendo este aspeto particularmente importante para auxiliar nas funções do operador logístico. Adicionalmente, caso se verifique essa necessidade, permite que novos colaboradores possam desempenhar as funções do operador logístico, sem o conhecimento prévio da localização do material a abastecer.

7.2. Discussão de Resultados

No presente subcapítulo procede-se a abordar o último passo da metodologia de investigação-ação, que consiste na Avaliação da Ação, de modo a analisar se o trabalho desenvolvido permite satisfazer as expectativas do projeto e dar resposta à questão de investigação da dissertação, que é apresentada a seguir:

“Como é que a implementação de estratégias de reabastecimento, ferramentas de melhoria contínua e *Lean* contribui para assegurar o reabastecimento sistemático dos bordos de linha e ajustar o *stock* às necessidades da procura?”

De modo a conseguir dar resposta à questão de investigação, tornou-se necessário utilizar diversos elementos associados à metodologia *Lean*, com o intuito de assegurar a mudança no panorama atual dos processos logísticos da empresa e verificar que as melhorias obtidas são mantidas e servirão de base para novos progressos. Para isso, utilizou-se em diversas instâncias as noções de Standard Work, tendo em conta que “onde não existe *standards*, não existe melhoria” (Imai, 2012). Este aspeto encontra-se refletido em diversos processos implementados durante a dissertação, tal como acontece com a utilização de contentores do mesmo tamanho para cada referência, a realização de abastecimentos semanais e sempre no mesmo dia, sendo definido um colaborador específico para a tarefa, assim como rotas e procedimentos *standards*, documentados

nas instruções de trabalho elaboradas. A definição de um ponto de encomenda e consequente utilização de *kanbans*, também permitiu padronizar o processo de sinalizar a necessidade de encomenda, sendo todos estes aspetos importantes para facilitar as tarefas dos colaboradores, reduzir a dependência por colaboradores experientes e prevenir a ocorrência de ruturas ou outros problemas causados por erros humanos.

A Gestão Visual também demonstrou possuir um papel importante durante a dissertação, tendo-se estabelecido que os contentores associados ao Ponto de Encomenda devem ser vermelhos, de forma a introduzir um elemento adicional que identifique a necessidade de realizar encomenda. Para além disso, no desenvolvimento do sistema de abastecimento aos bordos de linha das referências internas, definiu-se um ponto de encomenda associado ao número de contentores vazios que seriam responsáveis por despoletar o pedido de produção, podendo ser equivalente a um ou dois dependendo da referência. Para reduzir o esforço que o colaborador teria de verificar esse ponto de encomenda em cada etiqueta, também se decidiu colocar um círculo verde ou vermelho, associado a um ou dois contentores vazios respetivamente, de modo a permitir que através de uma simples visualização da etiqueta seja transferida a informação pretendida.

Durante o desenvolvimento dos cenários estudados, relativamente ao abastecimento dos bordos de linha, é possível verificar a utilização dos princípios de *kaizen* ou melhoria contínua, refletido na realização de iterações sucessivas que incorporavam o *feedback* dos colaboradores, com o objetivo de criar soluções progressivamente mais adequadas aos requisitos e expectativas da empresa. Adicionalmente, aspetos como a colocação da sinalização visual nas etiquetas de referências internas, para referir o respetivo ponto de encomenda representado por um círculo vermelho ou verde, não foram contempladas inicialmente, tendo sido acrescentadas após verificar a possibilidade de constrangimento para os colaboradores. No caso dos *kanbans*, também se verificou a necessidade de acrescentar códigos de barra para cada referência, com o objetivo de permitir a sua leitura no formato digital, tendo em conta que a empresa planeia investir na aquisição de computadores para o chão de fábrica, no sentido de realizar melhorias aos atuais processos de aquisição e transmissão de informação.

Com base nos aspetos referidos, conclui-se que a presente dissertação permite dar resposta à questão de investigação e satisfazer os requisitos inicialmente impostos pela empresa, tendo-se desenvolvido um sistema capaz de assegurar o reabastecimento sistemático dos bordos de linha, contemplando as complexidades associadas à atividade e diversidade de oferta da PROHS e à volatilidade presente atualmente no mercado.

8. CONCLUSÃO

Neste capítulo será efetuado um resumo do trabalho realizado ao longo da dissertação, com vista a dar resposta aos problemas identificados na fase inicial do projeto. Para isso, serão apresentados os resultados obtidos em cada solução desenvolvida, fundamentando as vantagens de proceder com a sua implementação. Posteriormente, serão apresentadas as limitações experienciadas, assim como ações que poderão ser realizadas no futuro, de modo a dar seguimento ao trabalho efetuado.

8.1. Conclusões Finais

A presente dissertação surgiu devido às dificuldades apresentadas pela PROHS, relacionadas com o dimensionamento inadequado dos bordos de linha (Problema 1) e consequente falta de um sistema capaz de efetuar o reabastecimento periódico nestes locais (Problema 2). Sendo assim, tendo por base a metodologia de investigação-ação adotada para a dissertação, no capítulo 4 começou por se realizar a fase de Diagnóstico com o intuito de efetuar o mapeamento do estado atual e compreender de que forma os problemas mencionados afetavam as operações no chão de fábrica. Durante esta fase, foram identificados problemas adicionais, relacionados com a inexistência de métodos de organização do principal ponto de armazenamento de material da secção de Serralharia (Interface), sendo que à medida que o material é rececionado procede-se ao seu armazenamento nos locais que se encontrem livres nesse momento (Problema 4). Deste modo, sucede-se uma dificuldade acrescida para encontrar referências neste local, dado não existir uma posição fixa, impedindo a implementação de um sistema visual que identifique a posição específica de cada componente (Problema 3). De seguida, na fase de Planeamento da Ação, procedeu-se à definição da ordem de prioridades e de propostas de solução para os problemas identificados.

Com o objetivo de implementar um sistema de reaprovisionamento sistemático aos bordos de linha, baseado no sistema de dois contentores (*2-Bin System*), desenvolveu-se um raciocínio sustentado no que se denominou de “Pior Cenário”, correspondente a um cenário pessimista, de modo a prevenir a ocorrência de ruturas. Assim, e depois de verificar a necessidade de contemplar fatores distintos na abordagem das referências fabricadas internamente ou nas referências adquiridas a fornecedores externos, decidiu-se que estes dois casos seriam abordados separadamente.

No que diz respeito às nove referências internas em estudo, associadas à primeira iteração do ciclo de investigação-ação e abordadas em detalhe no capítulo 5, a solução escolhida contempla a realização de abastecimentos semanais, com vista a dar resposta ao requisito da empresa, associado à redução da carga logística do colaborador. Esta decisão resulta da inexistência de um operador afeto apenas às tarefas de logística interna da empresa, implicando que o colaborador terá de se ausentar do seu posto para realizar o reaprovisionamento dos bordos de linha. O segundo requisito reside na necessidade de estabelecer um volume de produção constante, de modo a assegurar um fluxo produtivo com maior estabilidade na secção de Maquinagem, assim como facilitar o seu processo de planeamento. Para isso, e dado que as referências fabricadas na empresa apresentam uma variante que consome apenas uma unidade por cada esterilizador fabricado, e uma variante consome quatro unidades por esterilizador, tornou-se necessário adequar as quantidades por contentor, assim como o método para despoletar a necessidade de produção. Desta maneira, definiu-se que os contentores nos bordos de linha e no Interface teriam a mesma

quantidade e, para a variante de uma unidade por esterilizador, seriam de oito unidades, sendo equivalente a oito esterilizadores neste caso. Nesta situação, o pedido de produção é despoletado quando se verifica a presença de dois contentores vazios, correspondendo a 16 unidades.

Relativamente às referências que consomem quatro unidades por esterilizador, cada contentor possui 16 unidades, representando o equivalente a quatro esterilizadores. Deste modo, com o objetivo de estabelecer uma quantidade de produção igual para as duas variantes em estudo, procedeu-se à adaptação da quantidade necessária para despoletar um pedido de produção. Assim, a existência de um contentor vazio desta variante é suficiente para sinalizar o pedido de produção, sendo produzidas 16 unidades para restabelecer o *stock* do interface, permitindo que as quantidades de produção sejam iguais para ambas as variantes em estudo e satisfazendo o requisito da empresa. O último requisito diz respeito à necessidade de contemplar a capacidade da secção de Maquinagem satisfazer a procura atempadamente. Sendo assim, no cenário desenvolvido é possível verificar que a secção dispõe de 15 dias desde que é efetuado o pedido de fabrico, até que se verifique a sua necessidade efetiva de consumo. Deste modo, com base nos tempos associados à produção de uma unidade de cada referência, verificou-se que este tempo seria suficiente para dar resposta aos pedidos de produção, sem prejudicar o restante planeamento da respetiva secção. De salientar que, para todas as referências fabricadas internamente, a quantidade presente nos contentores do bordo de linha é igual à quantidade dos contentores do Interface. Por este motivo, será possível o sistema funcionar como um supermercado *Lean*, no sentido em que contentores vazios podem ser substituídos diretamente por contentores com material, sem a necessidade de contar unidades. A implementação do sistema descrito encontra-se presente no subcapítulo 5.3, correspondendo à fase de implementação da ação, presente no ciclo de investigação-ação associado à metodologia descrita.

Para as referências adquiridas externamente, que constituem a segunda iteração do ciclo de investigação-ação e são abordadas no capítulo 6, o desenvolvimento do sistema de abastecimento aos bordos de linha baseou-se no trabalho realizado nas referências internas. Deste modo, tendo em consideração o volume dos componentes, assim como a capacidade dos contentores, procedeu-se a estudar a possibilidade de as referências serem abastecidas apenas de três em três semanas, tendo em conta que este é o período de tempo máximo entre reabastecimentos para as referências internas. Tal como referido anteriormente, o objetivo é reduzir a carga do operador logístico. Deste modo, 19 das 36 referências externas em estudo (53%) encontram-se dimensionadas para este período de tempo. De seguida, quando as restrições de espaço ou quantidade não o permitiam, procedeu-se a definir o abastecimento a cada duas semanas para oito referências (22%), sendo que as restantes nove referências (25%) irão ser reabastecidas semanalmente. Assim, com o desenvolvimento e implementação do sistema de abastecimento aos bordos de linha das referências internas e externas, é possível afirmar que foram encontradas soluções adequadas para os Problemas 1 e 2.

De seguida, procedeu-se com a definição de um Ponto de Encomenda para cada referência externa, com o intuito de eliminar o atual método de efetuar encomendas, baseado na experiência do responsável de produção que, através de uma inspeção visual às quantidades presentes nos contentores determina se existe essa necessidade. Em conjunto com o Ponto de Encomenda, procedeu-se à utilização de *kanbans*, permitindo implementar um sistema capaz de sinalizar quando esse Ponto de Encomenda é atingido, assegurando que não se procede a retirar material dos contentores PE sem que o respetivo *kanban* seja colocado na Caixa *Kanban*.

O passo seguinte consiste na reorganização do Interface, com a intenção de reduzir o tempo e esforço necessário para localizar e manusear os contentores. Assim, definiu-se que no novo sistema as referências seriam ordenadas de acordo com o seu código e que, sempre que possível, seriam utilizados apenas dois contentores do mesmo tamanho para cada referência. O propósito destas alterações é promover a standardização, tanto a nível do processo como dos tipos de contentores utilizados, facilitando a gestão do Interface e assegurando uma posição específica para cada referência. Estas alterações possibilitaram dar resposta aos Problemas 3 e 4 referidos anteriormente. Adicionalmente, a utilização da Gestão Visual, presente na cor das etiquetas (verde para referências internas e azul para externas), assim como na cor dos contentores (vermelha no caso dos contentores do Ponto de Encomenda) facilita a distinção do funcionamento associado a cada um destes casos, transmitindo essa informação instantaneamente. Em termos de desvantagens, é importante salientar uma maior ocupação de espaço com a implementação do cenário desenvolvido, refletida nos resultados apresentados no capítulo 7, tendo em conta que se intenciona retirar todos os contentores com material que se encontram presentes no chão em torno do Interface e que não estão armazenados por falta de espaço. Por este motivo, verificou-se a necessidade de utilizar uma estante adicional para armazenar este material, tendo-se aproveitado o espaço disponível para absorver flutuações que possam ocorrer, devido a aumentos nas quantidades encomendadas.

Por fim, considera-se importante referir que a implementação das alterações foi realizada na fase final do projeto, não tendo sido possível a obtenção de indicadores quantificáveis que permitissem demonstrar os resultados obtidos em termos da redução de tempo na recolha de material do Interface. No entanto, no que diz respeito ao abastecimento dos bordos de linha, constatou-se que deverá ser obtida uma redução de 81% nas distâncias percorridas anualmente, tendo em conta que a implementação do novo sistema permite o reabastecimento destes locais apenas uma vez por semana e com um trajeto definido a todos os bordos de linha. Contrariamente, antes da implementação verificava-se o deslocamento de cada colaborador ao Interface sempre que existisse uma necessidade de material, incorrendo em deslocações desnecessárias, perdas de tempo adicionais na localização das referências, aspeto que seria agravado pela alteração da posição das mesmas neste local, e interrupções do processo produtivo.

Conclui-se assim que os objetivos foram cumpridos na totalidade, sendo em alguns aspetos excedidas as expectativas da empresa. Deste modo, verifica-se que as soluções desenvolvidas ao longo da presente dissertação contribuem para a definição de estratégias de reaprovisionamento dos bordos de linha. Adicionalmente, o desenvolvimento de parâmetros de gestão de *stocks* permitiu o dimensionamento e alinhamento do funcionamento dos bordos de linha em conjunto com o Interface, tendo em conta o planeamento de produção. Estes aspetos, aliados à implementação dos fundamentos e ferramentas da metodologia *Lean*, permitiram dar resposta aos principais problemas evidenciados pela PROHS, tendo em vista a melhoria dos processos de logística interna.

8.2. Limitações e Investigação Futura

No desenvolvimento do projeto, constataram-se algumas adversidades que introduziram uma necessidade adicional de tempo e esforço para superar. Para começar, durante o processo de recolha de dados no chão de fábrica, verificou-se a existência de referências com dois ou três

códigos diferentes, criados com diferentes propósitos, mas que contribuíam para uma dificuldade acrescida em termos de gestão e reconhecimento do componente. Durante a dissertação, decidiu-se que apenas um deles iria passar a ser usado, de modo a standardizar a utilização do código utilizado no ERP da empresa, sendo os restantes definidos como obsoletos no sistema. Adicionalmente, dado que muitas referências previamente fabricadas na empresa começaram a ser produzidas externamente, tornou-se necessário realizar atualizações constantes aos componentes em estudo, de maneira a assegurar uma correta implementação.

Uma restrição adicional reside no tempo disponível, limitando assim o desenvolvimento e implementação de algumas das propostas apresentadas à empresa. Em primeiro lugar, dado que a empresa possui os recursos necessários, sugere-se a construção de um carro de transporte apropriado aos processos de reabastecimento e ao material a transportar. Um exemplo prático das vantagens obtidas seria a redução das distâncias percorridas dado que, para alguns dos esterilizadores fabricados, existem referências de maior volume que necessitam de ser transportadas à parte, sendo que a elaboração de uma prateleira no carrinho, dedicada a este material, iria permitir o abastecimento em simultâneo destas referências.

Quanto ao trabalho desenvolvido durante a dissertação, poderá ser realizado um estudo com maior detalhe às referências que são utilizadas em esterilizadores com valores de procura inferiores ao que foi estimado, durante o desenvolvimento de cenários. Deste modo, poderá concluir-se se existe viabilidade de reduzir as quantidades presentes nos bordos de linha e no Interface para essas referências, no sentido de reduzir o valor total dos inventários e libertar espaço nestes locais. Do mesmo modo, poderá ser avaliada a extensão do trabalho realizado, de maneira a englobar as restantes referências presentes no Interface, em grande parte provenientes da secção de Corte, permitindo uniformizar o funcionamento e método de armazenamento nesse local e nos bordos de linha, para todas as referências presentes. Juntamente com estas melhorias, deverá considerar-se se existe a necessidade de aquisição de uma estante adicional, de maneira a organizar devidamente todas as referências. Neste caso, sugere-se avaliar a compra de uma estante gravítica, permitindo não só adequar o dimensionamento dos contentores em estudo, mas também facilitar o seu manuseamento e reduzir o esforço dos colaboradores.

Finalmente, conclui-se que o presente trabalho satisfaz os requisitos pretendidos servindo, simultaneamente, de base para a melhoria contínua dos processos de logística interna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Lusa. (2021, February 12). Covid-19. Exportações portuguesas de metalurgia e metalomecânica recuam 12,7% em 2020. *Observador*.
<https://observador.pt/2021/02/12/covid-19-exportacoes-portuguesas-de-metalurgia-e-metalomecanica-recuam-127-em-2020/>
- AICEP. (2018, November). Metalurgia e Metalomecânica - Número Um Das Exportações. *Portugal Global*, 1–78. <https://portugalglobal.pt/PT/RevistaPortugalGlobal/2018/Documents/revista-114-novembro.pdf>
- Alnahhal, M., & Noche, B. (2015). A genetic algorithm for supermarket location problem. *Assembly Automation*, 35(1), 122–127. <https://doi.org/10.1108/AA-02-2014-018>
- Arlbjørn, J., & Freytag, P. (2013). Evidence of lean: a review of international peer-reviewed journal articles. *European Business Review*, 25(2), 174–205.
<https://doi.org/10.1108/09555341311302675>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Berkley, J. (1992). A Review of the Kanban Production Control Research Literature. *Production and Operations Management*, 1(4), 393–411.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00004.x>
- Bozer, Y., & Ciernoczolowski, D. (2013). Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing – Part 1: system stability and distribution of container starts. *International Journal of Production Research*, 51(2), 555–567.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2012.656330>
- Burganova, N., Grznar, P., Gregor, M., & Mozol, Š. (2021). Optimisation of Internal Logistics Transport Time Through Warehouse Management: Case Study. *Transportation Research Procedia*, 55, 553–560. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.021>
- Caballero-Barrera, A. F., Valdivia-Castillo, J. P., Quiroz-Flores, J. C., & Alvarez-Merino, J. C. (2019). Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production Process of a Metalworking Company. *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1250–1254.
<https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978753>
- Chakraborty, A. (2016). Importance of PDCA cycle for SMEs. *International Journal of Mechanical Engineering*, 3(5), 30–34. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V3I5P105>
- Chan, F. (2001). Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. *Journal of Materials Processing Technology*, 116(2–3), 146–160. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(01\)01022-6](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(01)01022-6)
- Co, H., & Sharafali, M. (1997). Overplanning factor in Toyota's formula for computing the number of kanban. *IIE Transactions*, 29(5), 409–415. <https://doi.org/10.1080/07408179708966346>
- Coghlan, D., & Brannick, T. (2005). *Doing Action Research in Your Own Organization*. SAGE Publications.
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in logistics and supply chains*. McGraw-Hill Education.
- Coughlan, P., & Coghlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220–240.
<https://doi.org/10.1108/01443570210417515>

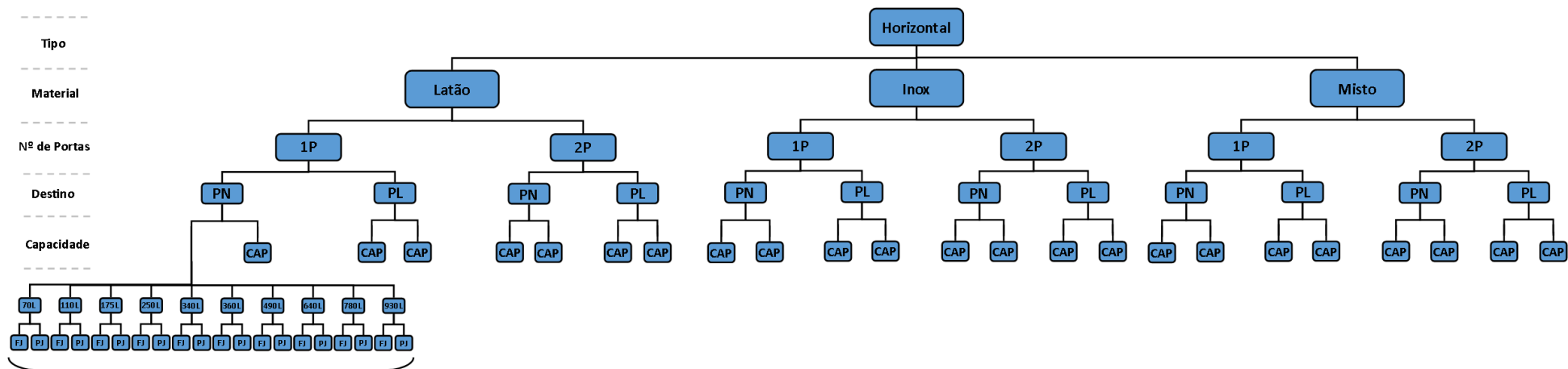
- Creswell, J. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (4th ed.). Pearson Education, Inc.
- Droste, M., & Deuse, J. (2012). A Planning Approach for In-plant Milk Run Processes to Optimize Material Provision in Assembly Systems. In H. ElMaraghy (Ed.), *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability* (pp. 604–610). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-23860-4_99
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally routing and scheduling tow trains for JIT-supply of mixed-model assembly lines. *European Journal of Operational Research*, 217(2), 287–299.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.013>
- Emde, S., Fliedner, M., & Boysen, N. (2012). Optimally loading tow trains for just-in-time supply of mixed-model assembly lines. *IIE Transactions*, 44(2), 121–135.
<https://doi.org/10.1080/0740817X.2011.575442>
- Faccio, M., Gamberi, M., Persona, A., Regattieri, A., & Sgarbossa, F. (2013). Design and simulation of assembly line feeding systems in the automotive sector using supermarket, kanbans and tow trains: a general framework. *Journal of Management Control*, 24(2), 187–208.
<https://doi.org/10.1007/s00187-013-0175-1>
- FastCap. (2021, December 29). *Kaizen Foam Frame*. <https://www.fastcap.com/product/kaizen-foam-frame>
- Forbes. (2015). *Thoughts On The Business Of Life*. <https://www.forbes.com/quotes/4069/>
- Fullerton, R. R., & Wempe, W. F. (2009). Lean manufacturing, non-financial performance measures, and financial performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(3), 214–240. <https://doi.org/10.1108/01443570910938970>
- Galsworth, G. D. (2011). *Work That Makes Sense: Operator-Led Visuality*. Productivity Press.
- Galsworth, G. D. (2017). *Visual Workplace Visual Thinking: Creating Enterprise Excellence Through the Technologies of the Visual Workplace* (2nd ed.). Productivity Press.
- Germain, R., Claycomb, C., & Dröge, C. (2008). Supply chain variability, organizational structure, and performance: The moderating effect of demand unpredictability. *Journal of Operations Management*, 26(5), 557–570. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.10.002>
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., & Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line. *Procedia Manufacturing*, 31, 175–179.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.028>
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. AMACOM.
- Hao, M., Wei, Z., & Tian, Y. (2014). Application of Visual Management in Workshop. 2014 *International Conference on Education Reform and Modern Management (ERMM-14)*, 397–400.
- Harris, R., Harris, C., & Wilson, E. (2003). *Making materials flow: a lean material-handling guide for operations, production_control, and engineering professionals*. Lean Enterprise Institute.
- Hindle, T. (2008). *Guide to Management Ideas and Gurus* (1st ed.). Economist Books.
- Hofer, C., Eroglu, C., & Rossiter Hofer, A. (2012). The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 242–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.025>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory Physics: Third Edition*. Waveland Press.

- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*. McGraw-Hill Education.
- Ivanov, D. (2020). Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>
- Jiménez, Romero, Fernández, del Mar Espinosa, & Domínguez. (2019). Extension of the Lean 5S Methodology to 6S with An Additional Layer to Ensure Occupational Safety and Health Levels. *Sustainability*, 11(14), 3827. <https://doi.org/10.3390/su11143827>
- Junior, M., & Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.009>
- King, P. L. (2019). *Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity* (2nd ed.). Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429400155>
- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A. (2015). Operating Strategies for In-Plant Milk-Run Systems. *International Federation of Automatic Control*, 48(3), 1882–1887. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.361>
- Kumar, C., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3–4), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Larguesa, A. (2020, February 18). Metal português sente Brexit e Trump, mas não verga nas exportações. *Jornal de Negócios*. <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/metal-portugues-sente-brexit-e-trump-mas-nao-verga-nas-exportacoes>
- Levinson, W. A., Ford, H., & Crowther, S. (2013). *The Expanded and Annotated My Life and Work: Henry Ford's Universal Code for World-Class Success*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b14498>
- Li, X. (2021). Path planning of intelligent mobile robot based on Dijkstra algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 2083(4), 042034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2083/4/042034>
- Liker, J. K. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (1st ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071392310>
- Lin, C., Chen, F., & Chen, Y. (2013). Knowledge kanban system for virtual research and development. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(3), 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.04.020>
- Lu, J., & Yang, T. (2014). Implementing Lean Standard Work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 53(8), 2285–2305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937009>
- Marand, L., Sakata, Y., Hirotoni, D., Morikawa, K., & Takahashi, K. (2013). An Adaptive Kanban and Production Capacity Control Mechanism. In C. Emmanouilidis, M. Taisch, & D. Kiritsis (Eds.), *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative*

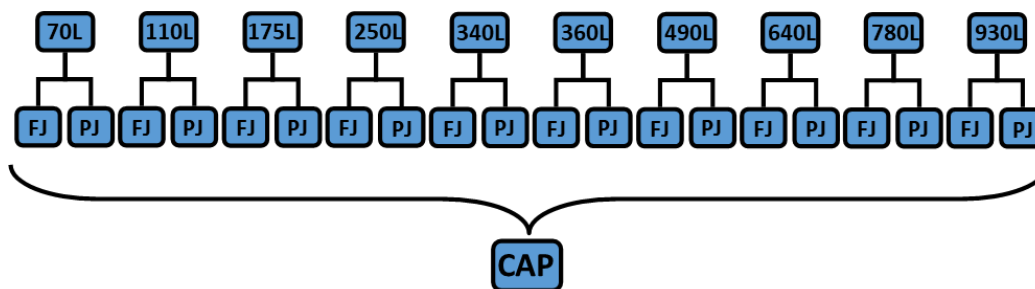
- Products and Services* (pp. 452–459). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40352-1_57
- Marchwinski, C., Shook, J., & Schroeder, A. (2008). *Lean Lexicon: A graphical glossary for Lean Thinkers* (4th ed.). Lean Enterprise Institute.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (4th ed.). Productivity Press.
- Mukhopadhyay, S. K., & Shanker, S. (2005). Kanban implementation at a tyre manufacturing plant: a case study. *Production Planning & Control*, 16(5), 488–499. <https://doi.org/10.1080/09537280500121778>
- Nisonger, T. (2008). The “80/20 Rule” and Core Journals. *The Serials Librarian*, 55(1–2), 62–84. <https://doi.org/10.1080/03615260801970774>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis.
- Packowski, J. (2013). *LEAN Supply Chain Planning: The New Supply Chain Management Paradigm for Process Industries to Master Today’s VUCA World*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b16084>
- Papalex, M., Bamford, D., & Dehe, B. (2016). A case study of kanban implementation within the pharmaceutical supply chain. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 19(4), 239–255. <https://doi.org/10.1080/13675567.2015.1075478>
- PROHS. (2021, December 20). *Grupo PROHS*. <https://www.prohs.pt/about.php>
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Fosso Wamba, S. (2020). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
- Rother, M. (2010). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*. McGraw Hill.
- Schmidtke, N., Behrendt, F., Thater, L., & Meixner, S. (2018). Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. *4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/GOL.2018.8378072>
- Schmuck, R. (2009). *Practical Action Research : A Collection of Articles* (2nd ed.). Corwin Press.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Sivakumar, G., & Shahabudeen, P. (2008). Design of multi-stage adaptive kanban system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(3–4), 321–336. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1093-x>
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>
- Smart, N. J. (2013). *Lean Biomanufacturing*. Woodhead Publishing.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Takahashi, K., Myreshka, & Hirotani, D. (2005). Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and

- Kanban in complex supply chains. *International Journal of Production Economics*, 93–94, 25–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.003>
- Takahashi, K., & Nakamura, N. (2002). Decentralized reactive kanban system. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 262–276.
- Tardif, V., & Maaseidvaag, L. (2001). An adaptive approach to controlling kanban systems. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 411–424. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00119-3)
- Thurer, M., Stevenson, M., & Protzman, C. (2017). *Card-Based Control Systems for a Lean Work Design*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b19735>
- Tomac, N., Radonja, R., & Bonato, J. (2019). Analysis of Henry Ford's contribution to production and management. *Pomorstvo*, 33(1), 33–45. <https://doi.org/10.31217/p.33.1.4>
- Urru, A., Bonini, M., & Echelmeyer, W. (2018). Planning and dimensioning of a milk-run transportation system considering the actual line consumption. *International Federation of Automatic Control*, 51(9), 404–409. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.07.066>
- Valente, C. M., Sousa, P. S. A., & Moreira, M. R. A. (2019). Assessment of the Lean effect on business performance: the case of manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(3), 501–523. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0137>
- Vilda, F., Yagüe-Fabra, J., & Torrents, A. (2020). An in-plant milk-run design method for improving surface occupation and optimizing mizusumashi work time. *CIRP Annals*, 69(1), 405–408. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.03.012>
- Womack, J. P., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World: based on the Massachusetts Institute of Technology 5-million dollar 5-year study on the future of the automobile*. Rawson Associates.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production-- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*. Free Press.
- Yamamoto, K., M, M., & Lloyd, R. (2019). A review of the development of lean manufacturing and related lean practices: The case of Toyota production system and managerial thinking. *International Management Review*, 15(2), 21–40. <https://www.researchgate.net/publication/340449306>
- Zhou, B., & Zhu, Z. (2020). Optimally scheduling and loading tow trains of in-plant milk-run delivery for mixed-model assembly lines. *Assembly Automation*, 40(3), 511–530. <https://doi.org/10.1108/AA-01-2019-0013>

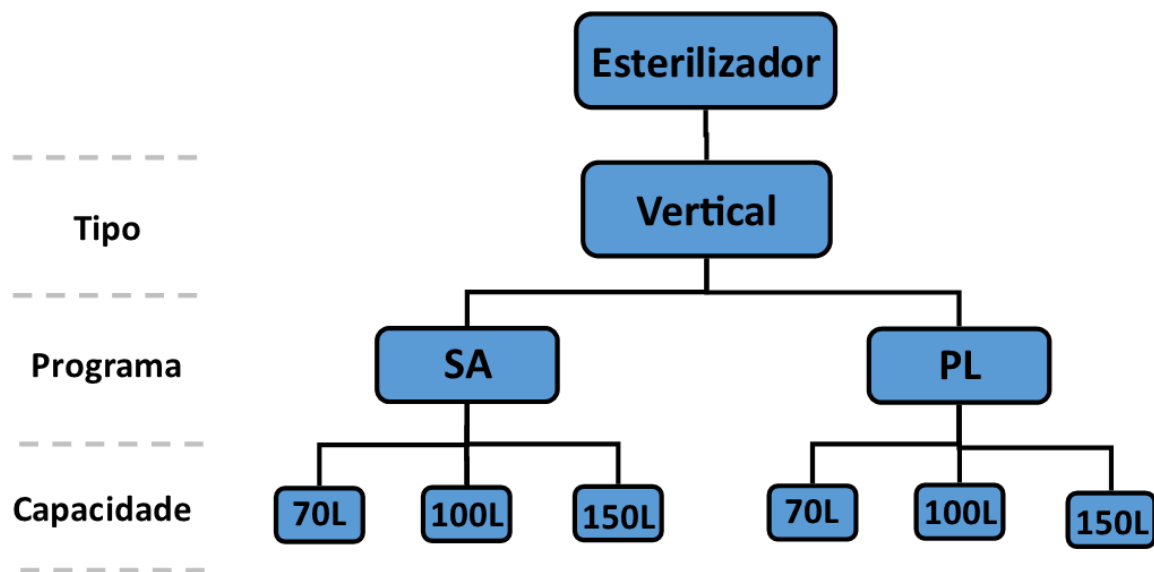
APÊNDICE A – ÁRVORE DE ESTERILIZADOR HORIZONTAL



Variantes de capacidade serão substituídas por CAP na árvore



Variantes de capacidade são substituídas por CAP na árvore

APÊNDICE B – ÁRVORE ESTERILIZADOR VERTICAL

APÊNDICE C – TEMPLATE REGISTO DE MATERIAL NOS BORDOS DE LINHA (EXEMPLO)

Template Registo de Material nos Bordos de Linha

Posto de Trabalho / Secção: *23/Servalharia*

Bordo de Linha: *7*

Preencher a tabela com o valor da "Ref", presente nas etiquetas dos contentores. Exemplo: TM32038

Material em falta no Bordo de Linha	Material obsoleto (não necessita de estar no Bordo de Linha)	*Observações
<i>CANTOS Para DEPOSITO LP: 000 13</i>	<i>FREZE CIRURGICA</i>	<i>Não está no Posto</i>
<i>SUPORTES COLETORES TIG 116</i>	<i>CARRO CARBA PORTATIL</i>	<i>"</i>
<i>TAMPAS COLETORES P001062</i>	<i>BARRA CURVA (PE) TIG004</i>	<i>"</i>
<i>CASTANHAS COLETORES AC 33 284</i>	<i>PELA FIXAÇÃO DO TAMPO TIG003</i>	<i>"</i>
<i>PERNOS ESPELHOS MON 005</i>		<i>"</i>
<i>CASTANHAS COLETOR TM 32012</i>		<i>"</i>
<i>CHAPA PERFURADA COLETOR TIG 058</i>		<i>"</i>
<i>CHAPA PERFURADA COLETOR TIG 052</i>		<i>"</i>

*Nas **observações** poderá justificar o motivo, como por exemplo o componente é utilizado muitas vezes, ou porque não se encontra presente no bordo de linha do Posto de Trabalho. **Exemplo:** ("Não está no posto").

APÊNDICE D – TEMPLATE MAQUINAGEM

Template Registo de Pedidos - Maquinagem

Os campos presentes a cor devem ser preenchidos no momento em que se efetua o pedido de fabrico de componentes na zona de maquinagem.

Os restantes campos devem ser preenchidos no início e final de produção de cada componente.

✓ Ref: <u>TM32043</u>	Qtd: <u>25</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>23/04</u>	Hora Pedido: <u>73h</u>
Início produção (dia): <u>23/04</u>	Fim produção (dia): <u>24/04</u>			
Início produção (hora): <u>15h</u>	Fim produção (hora): <u>10h</u>			
✗ Ref: <u>MoN007</u>	Qtd: <u>70</u>	Secção/PT: <u>MCF</u>	Dia Pedido: <u>26/04</u>	Hora Pedido: <u>8h</u>
Início produção (dia): <u>26/04</u>	Fim produção (dia): <u>26/04</u>			
Início produção (hora): <u>8h</u>	Fim produção (hora): <u>15h</u>			
✓ Ref: <u>P000273</u>	Qtd: <u>78</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>28/04</u>	Hora Pedido: <u>8h</u>
Início produção (dia): <u>28/04</u>	Fim produção (dia): <u>28/04</u>			
Início produção (hora): <u>8h</u>	Fim produção (hora): <u>10h</u>			
✓ Ref: <u>TM39084</u>	Qtd: <u>29</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>28/04</u>	Hora Pedido: <u>8h</u>
Início produção (dia): <u>28/04</u>	Fim produção (dia): <u>28/04</u>			
Início produção (hora): <u>10:30</u>	Fim produção (hora): <u>14h</u>			
✗ Ref: <u>T.G 019</u>	Qtd: <u>77</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>28/04</u>	Hora Pedido: <u>8h</u>
Início produção (dia): 28/04 <u>28/04</u>	Fim produção (dia): <u>28/04</u>			
Início produção (hora): <u>14h</u>	Fim produção (hora): <u>15h</u>			
✓ Ref: <u>TM32024</u>	Qtd: <u>32</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>28/04</u>	Hora Pedido: <u>8h</u>
Início produção (dia): <u>28/04</u>	Fim produção (dia): 28/04			
Início produção (hora): <u>15h</u>	Fim produção (hora):			
✓ Ref: <u>TM32054</u> (colada)	Qtd: <u>45</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>29/04</u>	Hora Pedido: <u>9h</u>
Início produção (dia): <u>29/04</u>	Fim produção (dia): <u>2/05</u>			
Início produção (hora): <u>9h</u>	Fim produção (hora): <u>10:00h</u>			
Ref: <u>AC33328</u>	Qtd: <u>79</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>9/05</u>	Hora Pedido: <u>10h</u>
Início produção (dia): <u>2/05</u>	Fim produção (dia): <u>2/05</u>			
Início produção (hora): <u>10h</u>	Fim produção (hora): <u>17:00</u>			
Ref: <u>TM39077</u> (moldes Teplan)	Qtd: <u>712</u>	Secção/PT: <u>S</u>	Dia Pedido: <u>04/05</u>	Hora Pedido: <u>9h</u>
Início produção (dia): <u>04/05</u>	Fim produção (dia): <u>04/05</u>			
Início produção (hora): <u>9h</u>	Fim produção (hora): <u>10:30h</u>			

Legenda:

Secção: S – Serralharia; MCF – Montagem de Chapa Fina; EP – Elétrica e Pneumática.

Exemplo:

Ref: <u>AC33307</u>	Qtd: <u>20</u>	Secção/PT: <u>S/B5</u>	Dia Pedido: <u>16/03</u>	Hora Pedido: <u>15:30</u>
Início produção (dia): <u>17/03</u>	Fim produção (dia): <u>18/03</u>			
Início produção (hora): <u>10:15</u>	Fim produção (hora): <u>16/10</u>			

APÊNDICE E – REFERÊNCIAS DE FABRICO EXTERNO

Código 1	Código 2	Descrição	QT/Est (Max)	Esterilizador	BL
AC33293	NA	Castanha Inox 1" M P/ Colectores Est. Horizontal	1	PJ;	7
AC33294	AC33294	Castanha Inox 3_8" M P_Colectores	3	110-FJ;175-FJ;	6
AC33305	AC33305	Castanha Femea 1' 15 mm boca lobo	3	640-FJ;780-FJ;	6
AC33306	AC33306	Castanha Macho 1' 22 mm Boca Lobo	1	110-FJ;175-FJ;	6
AC33307	TM32031	Castanha Femea 1_2' 15 mm (pousar)	16	110-FJ;175-FJ;250-FJ;340-FJ;360-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	8
AC33312	TM32001	Castanhas Inox 1/2' F (bengalas)	9	110-FJ;175-FJ;250-FJ;340-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;190-FJ;	2
AC33315	NA	Castanha 3/8" 15mm	1	110-FJ;175-FJ;FJ ;	7
AC33323	TM32033	Castanha 1" F 15mm (pousar)	1	250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	7
AC33324	TM32004	Castanha Inox 3/8" F	2	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC33325	TM32013	Castanha 1.1_4' F 15mm (pousar)	1	250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	6
AC33326	TM32019	Castanha Inox 1/2' 75mm	4	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC33327	TM32023	Castanha Inox 1.4404 (316L) 1/2" 50mm	2	460-PJ;	2
AC33329	TM32048	Castanha Inox Tapada 32x80mm 1 Furo	3	460-PJ;	1
AC33330	NA	Casquilho do braço Dobradiça Premium	8	150-PJ;190-PJ;325-PJ;350-PJ;460-PJ;600-PJ;740-PJ;880-PJ	7
AC33336	TM34007	Racord Inox 1/2'	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	1
AC33337	TM34011	Racord Inox 1" 115 mm	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	1
AC33338	TM34016	Racord 1/2"*100 Inox 316L (1.4404)	1	460-PJ;	2
AC33339	TM34017	Racord 1"*100 Inox 316L (1.4404)	1	460-PJ;	2
AC33341	TM37021	Topo tubo cilindro pneumático 28*25 1/8' F	2	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;FJ/PJ;	6
AC33342	NA	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M12 Diam 35*15mm	4		4
AC33343	NA	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M16	4	FJ/PJ;	5
AC33345	TM32046	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/ 1 Furo	2	460-PJ;	2
AC33346	TM32047	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/ 2 Furos	5	460-PJ;	2
AC33347	TM32045	Castanha inox Diam. 12x80mm	4	PJ;	2
AC33350	TM37022	Topo tubo cilindro pneumático 28*15 3/8' F	2	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;FJ/PJ;	6
AC33351	TM32039	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/ 2 Furos	2	460-PJ;	2
AC33352	TM32040	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/ 1 Furo	6	460-PJ;	2
AC33358	TM32017	Castanha Inox 1/2" 75mm 1 Furo	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC33359	TM32018	Castanha Inox 1/2" 75mm 2 Furos	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	2
AC37149	NA	Eixo da dobradiça para as portas premium	4	PJ;	7
AC39196	AC39196	Flange Redondas Aisi 1.4404 (60x20)	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	7
AC39197	AC39197	Flange Redondas 1.4404 140x10 c_ Furo Oval	1	110-FJ;175-FJ;250-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;	7
AC39271	AC39271	Çaços p_Esterilizador (35mm)	16	110-FJ;175-FJ;250-FJ;360-FJ	3
AC39272	NA	Çaços Inox P/ Esterilizador (40mm)	20	340-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	3
AC39418	TM39063	Fixação dos Triângulos D.15*11mm	6	110-FJ;175-FJ;250-FJ;340-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;190-FJ;	5
AC39419	TM39062	Fixação das Calhas D40*11mm	10	110-FJ;175-FJ;250-FJ;340-FJ;360-FJ;490-FJ;640-FJ;780-FJ;930-FJ;	7

APÊNDICE F – DADOS CENÁRIO 1 (REDUÇÃO DO VOLUME OCUPADO)

Código	Descrição	Fornecedores			Ponto de Encomenda	PE/QE(%)	Capacidade Caixa Grande (unidades)	Capacidade Caixa Média (unidades)	Contentores (QE)	Caixa PE
		LT (normal)	LT (Max)	Qencomenda						
AC33293	Castanha Inox 1" M P/ Colectores Est. Horiz	10	22	100	17	17%		140	1 média	1 pequena
AC33294	Castanha Inox 3_8" M P_Colectores	10	22	200	48	25%		400	1 média	1 pequena
AC33305	Castanha Femea 1' 15 mm boca lobo	10	22	150	48	33%	324	81	2 média	1 média
AC33306	Castanha Macho 1' 22 mm Boca Lobo	10	22	100	17	17%			2 média	1 média
AC33307	Castanha Femea 1_2' 15 mm (pousar)	10	22	300	144	49%	300	150	1 grande	1 grande
AC33312	Castanhas Inox 1/2' F (bengalas)	10	22	200	90	48%	300	110	2 média	1 média
AC33315	Castanha 3/8" 15mm	10	22	150	17	11%	-	81	1 grande	1 grande
AC33323	Castanha 1" F 15mm (pousar)	10	22	50	17	34%		80	1 média	1 pequena
AC33324	Castanha Inox 3/8"F	10	22	100	32	33%	196	72	2 média	1 média
AC33325	Castanha 1.1_4' F 15mm (pousar)	10	22	50	17	34%		80	1 média	1 pequena
AC33326	Castanha Inox 1/2' 75mm	10	22	200	64	33%	102	38	3 grande	1 grande
AC33327	Castanha Inox 1.4404 (316L) 1/2" 50mm	10	22	100	32	33%		64	2 média	1 média
AC33329	Castanha Inox Tapada 32x80mm 1 Furo	10	22	200	48	25%	56		5 grande	1 grande
AC33330	Casquilho do braço Dobradiça Premium	10	22	200	56	30%	170-204	64	1 grande	1 grande
AC33336	Racord Inox 1/2'	10	22	50	17	34%		36	2 média	1 média
AC33337	Racord Inox 1" 115 mm	10	22	50	17	34%	144	54	1 média	1 pequena
AC33338	Racord 1/2"*100 Inox 316L (1.4404)	5	10	100	9	9%	146	60	2 média	1 média
AC33339	Racord 1"*100 Inox 316L (1.4404)	5	10	50	9	18%	146	60	1 média	1 pequena
AC33341	Topo tubo cilindro pneumático 28*25 1/8'	10	22	100	32	33%			2 média	1 média
AC33342	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M12 Diam 3	8	10	200	36	18%			1 grande	1 grande
AC33343	Patela P/ Suporte Pés Est. Hor. M16	8	10	200	36	18%		100	2 média	1 média
AC33345	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/	5	10	100	18	18%	170-204	64	2 média	1 média
AC33346	Castanha Inox Tapada Diam. 32*45mm C/	5	10	150	45	30%	170-204	64	1 grande	1 grande
AC33347	Castanha inox Diam. 12x80mm	5	10	200	36	18%			1 média	1 pequena
AC33350	Topo tubo cilindro pneumático 28*15 3/8'	10	22	100	32	33%			2 média	1 média
AC33351	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/	5	10	100	18	18%	150	0	2 média	1 média
AC33352	Castanha Inox 316 (1.4404) 1/2"*50mm C/	5	10	200	54	27%	150	0	3 grande	1 grande
AC33358	Castanha Inox 1/2" 75mm 1 Furo	22	22	100	35	17%	82	38	1 grande	1 grande
AC33359	Castanha Inox 1/2"" 75mm 2 Furos	22	22	100	35	17%	82	38	1 grande	1 grande
AC37149	Eixo da dobradiça para as portas premium	10	22	200	64	33%		60	1 grande	1 grande
AC39196	Flange Redondas Aisi 1.4404 (60x20)	10	15	30	12	40%		38	1 média	1 pequena
AC39197	Flange Redondas 1.4404 140x10 c_Furo Ov	10	15	30	12	40%	34	14	1 grande	1 grande
AC39271	Chão p_Esterilizador (35mm)	10	22	192	80	48%	64/80	24/32	4 grande	2 grande
AC39272	Chãos Inox P/ Esterilizador (40mm)	10	22	150	60	43%	56/70	24/32	3 grande	1 grande
AC39418	Fixação dos Triângulos D.15*11mm	10	22	300	96	33%		150	2 média	1 média
AC39419	Fixação das Calhas D40*11mm	10	22	300	160	54%		150	2 média	1 média

APÊNDICE G – COMBINAÇÕES DE CONTENTORES – COMPRIMENTO DA ESTANTE (EXCERTO)

Combinação Contentores	Grande	Média	Comprimento ocupado
1-1	20,5	14,5	35
1-2	20,5	29	49,5
1-3	20,5	43,5	64
1-4	20,5	58	78,5
1-5	20,5	72,5	93
1-6	20,5	87	107,5
1-7	20,5	101,5	122
1-8	20,5	116	136,5
1-9	20,5	130,5	151
10-0	0	145	145
2-1	41	14,5	55,5
2-2	41	29	70
2-3	41	43,5	84,5
2-4	41	58	99
2-5	41	72,5	113,5
2-6	41	87	128
2-7	41	101,5	142,5
2-8	41	116	157
2-9	41	130,5	171,5
3-1	61,5	14,5	76
3-2	61,5	29	90,5
3-3	61,5	43,5	105
3-4	61,5	58	119,5
3-5	61,5	72,5	134
3-6	61,5	87	148,5
3-7	61,5	101,5	163
3-8	61,5	116	177,5
3-9	61,5	130,5	192
4-1	82	14,5	96,5
4-2	82	29	111
4-3	82	43,5	125,5
4-4	82	58	140
4-5	82	72,5	154,5
4-6	82	87	169
4-7	82	101,5	183,5
4-8	82	116	198
4-9	82	130,5	212,5
5-1	102,5	14,5	117
5-2	102,5	29	131,5
5-3	102,5	43,5	146
5-4	102,5	58	160,5
5-5	102,5	72,5	175
5-6	102,5	87	189,5
5-7	102,5	101,5	204
5-8	102,5	116	218,5
5-9	102,5	130,5	233

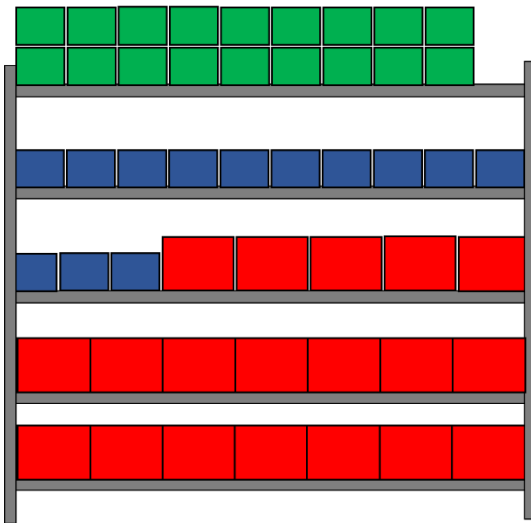
APÊNDICE H – COMBINAÇÕES DE CONTENTORES – LARGURA DA ESTANTE

Combinação Contentores	Grande	Média	Pequena	Soma
1-1-1	33,5	23	10,3	66,8
1-1-2	33,5	23	20,6	77,1
1-2-1	33,5	46	10,3	89,8
1-2-2	33,5	46	20,6	100,1
1-3-1	33,5	69	10,3	112,8
1-3-2	33,5	69	20,6	123,1
2-1-1	67	23	10,3	100,3
2-1-2	67	23	20,6	110,6
2-2-1	67	46	10,3	123,3
2-2-2	67	46	20,6	133,6
2-3-1	67	69	10,3	146,3
2-3-2	67	69	20,6	156,6
1-1-0	33,5	23	0	56,5
1-2-0	33,5	46	0	79,5
2-1-0	67	23	0	90
2-2-0	67	46	0	113
1-0-1	33,5	0	10,3	43,8
0-1-1	0	23	10,3	33,3
2-0-0	67	0	0	67
0-2-0	0	46	0	46
0-3-0	0	69	0	69

APÊNDICE I – CENÁRIO 1: REDUÇÃO DO VOLUME OCUPADO

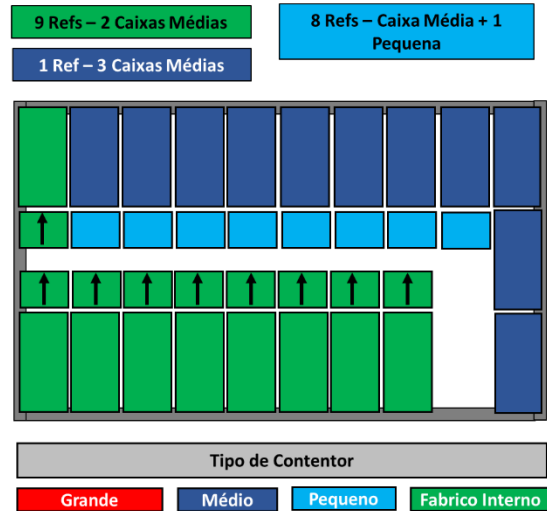
Vista Frontal

Cenário 1



Vista de Cima

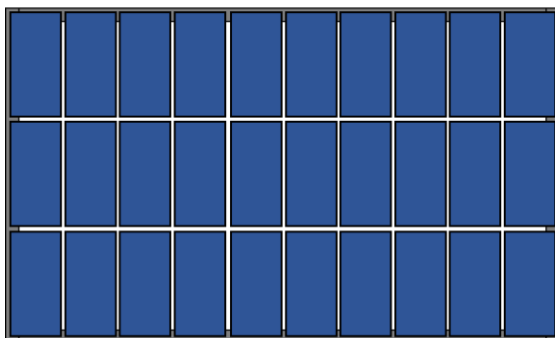
(1ª Prateleira)



Vista de Cima

(2ª Prateleira)

10 Refs – 3 Caixas Médias

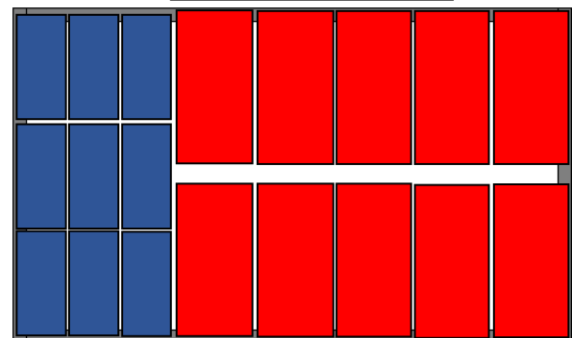


Vista de Cima

(3ª Prateleira)

3 Refs – 3 Caixas Médias

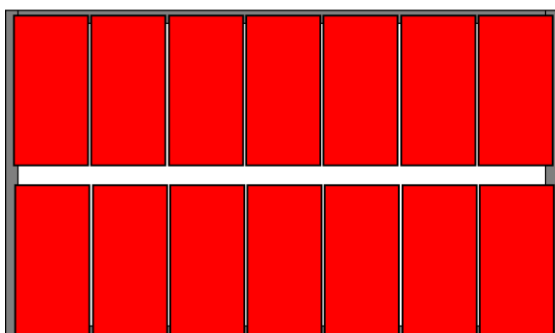
3 Refs – 2 Caixas Grandes
1 Ref – 4 Caixas Grandes



Vista de Cima

(4ª Prateleira)

2 Refs – 2 Caixas Grandes
1 Ref – 4 Caixas Grandes
1 Ref – 6 Caixas Grandes



Vista de Cima

(5ª Prateleira)

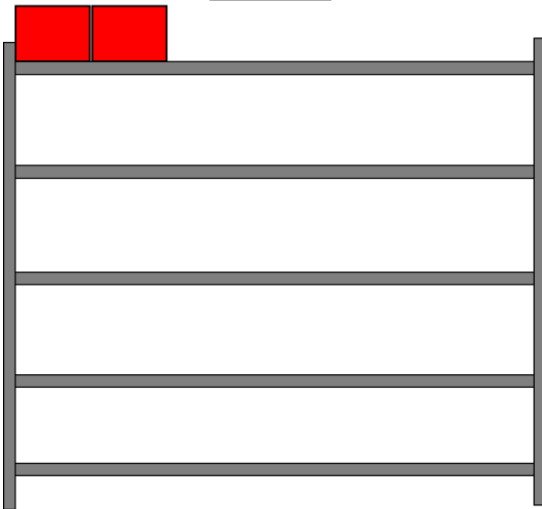
4 Refs – 2 Caixas Grandes
1 Ref – 6 Caixas Grandes



Vista Frontal

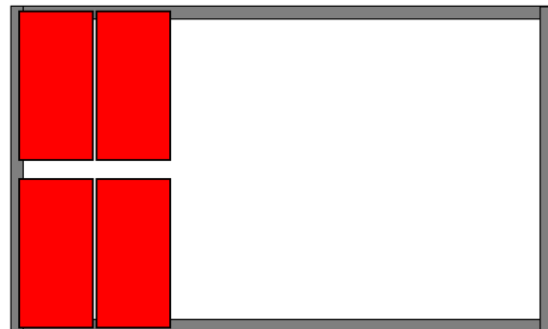
2ª Estante

Est. Horizontal

**Vista de Cima**

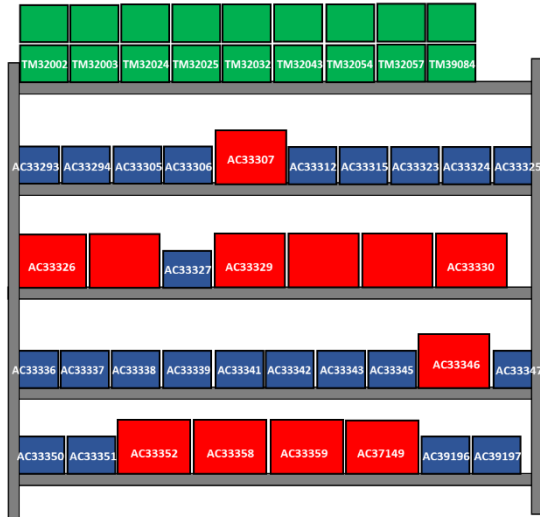
(1ª Prateleira – 2ª Estante)

1 Ref – 4 Caixas Grandes



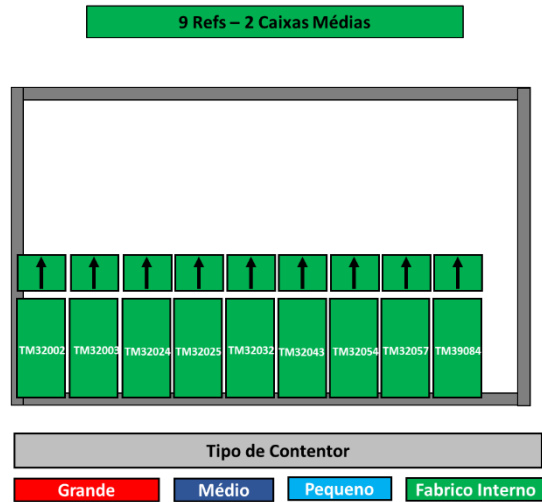
APÊNDICE J – CENÁRIO 2: ORGANIZAÇÃO POR CÓDIGO DA REFERÊNCIA

Vista Frontal
Cenário 2

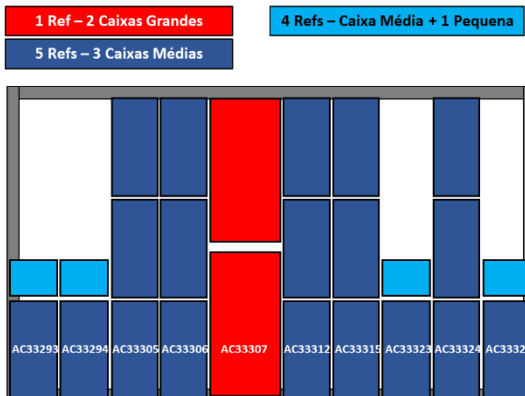


Vista de Cima

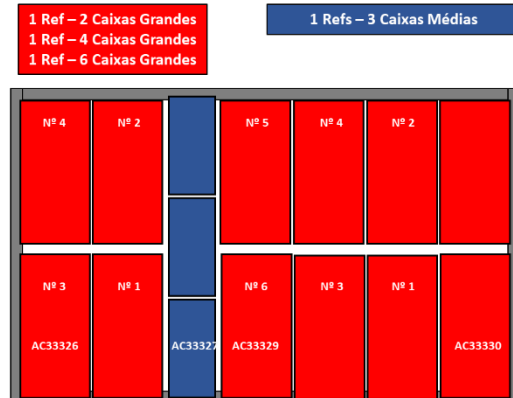
(1ª Prateleira – **Só Componentes Fabrico Interno**)



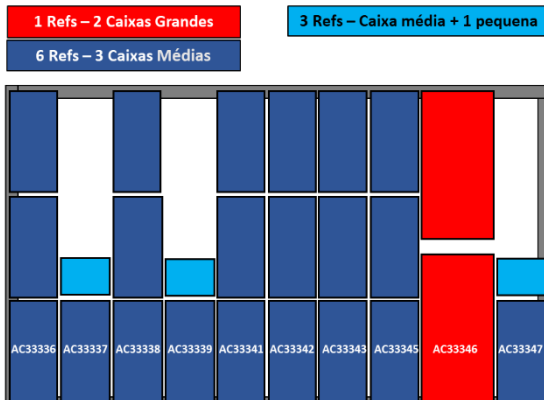
Vista de Cima
(2ª Prateleira)



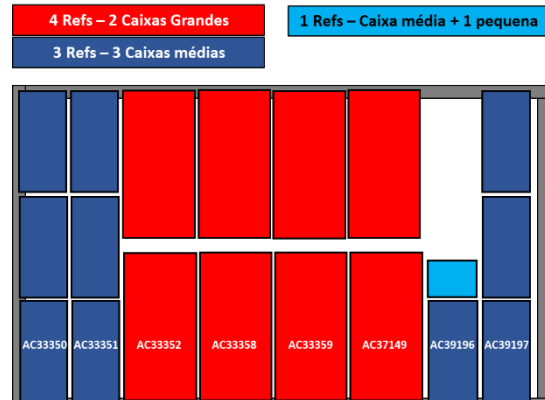
Vista de Cima
(3ª Prateleira)



Vista de Cima
(4ª Prateleira)



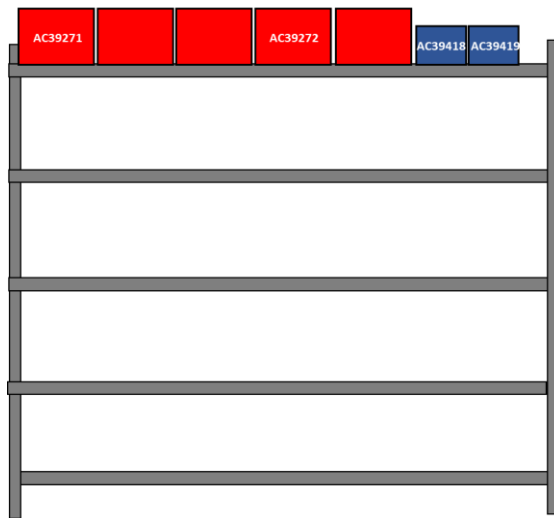
Vista de Cima
(5ª Prateleira)



Vista Frontal

2ª Estante

Est. Horizontal

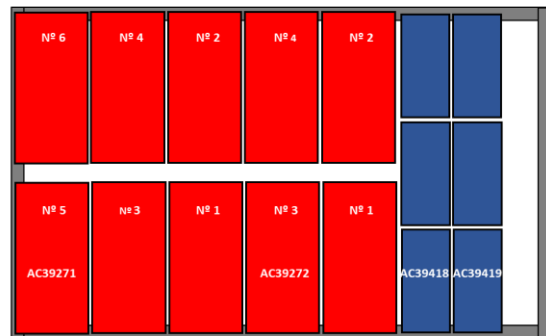


Vista de Cima

(1ª Prateleira – 2ª Estante)

1 Refs – 4 Caixas Grandes
1 Ref – 6 Caixas Grandes

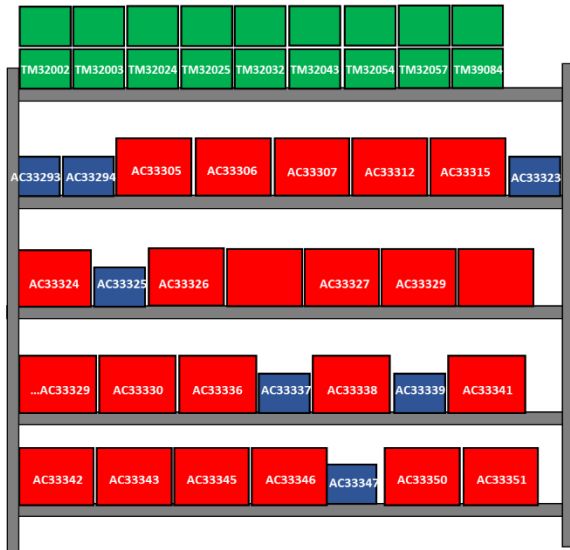
2 Refs – 3 Caixas Médias



APÊNDICE K – CENÁRIO 3: COMBINAÇÕES DE DOIS CONTENTORES

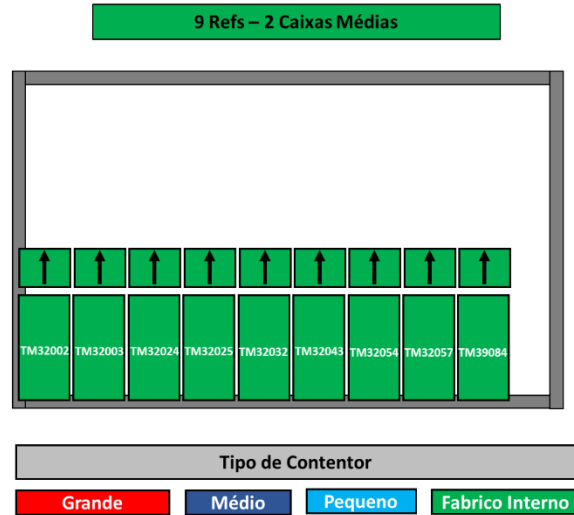
Vista Frontal

Cenário 3



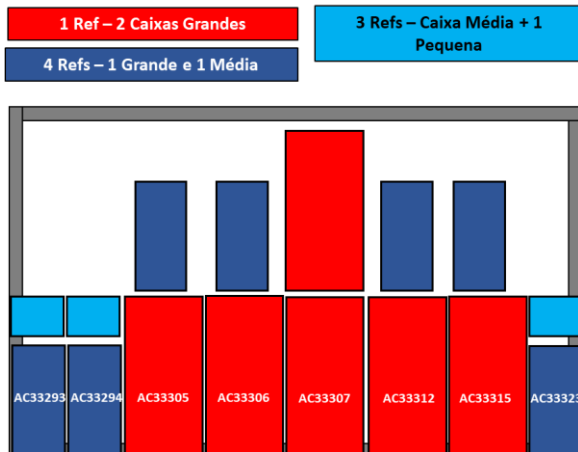
Vista de Cima

(1ª Prateleira – Só Componentes Fabrico Interno)



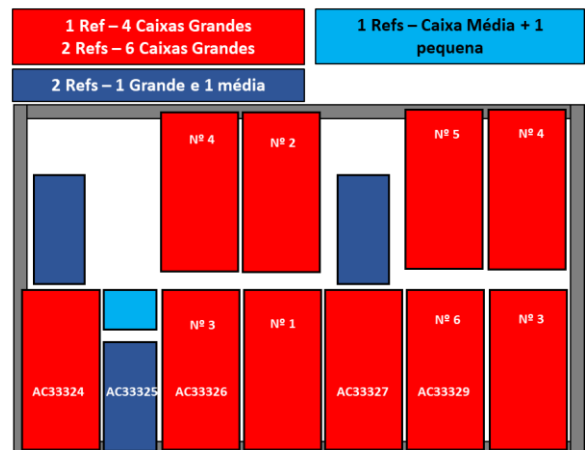
Vista de Cima

(2ª Prateleira)



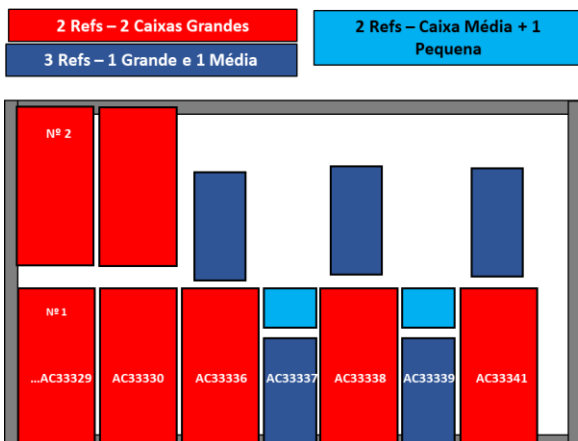
Vista de Cima

(3ª Prateleira)



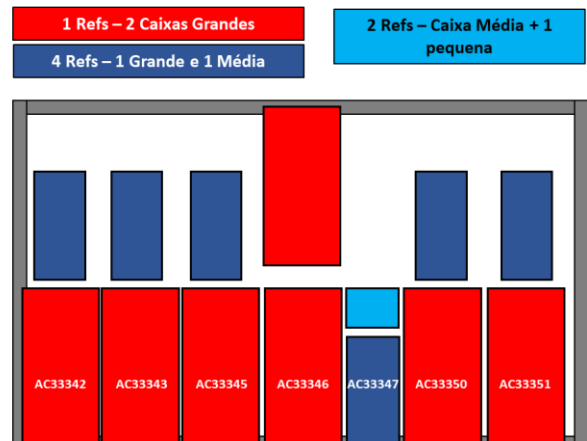
Vista de Cima

(4ª Prateleira)



Vista de Cima

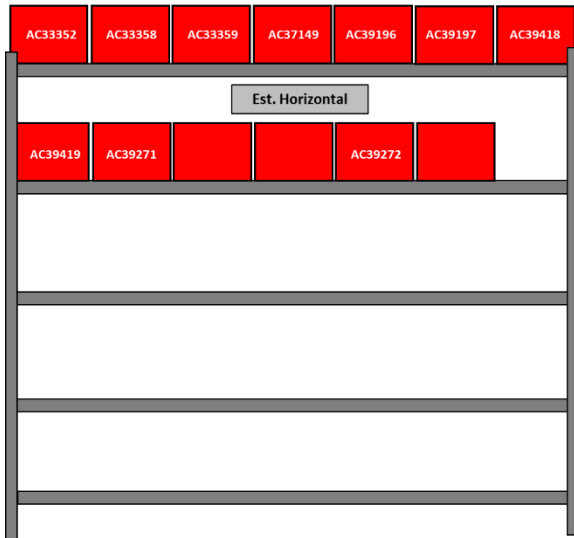
(5ª Prateleira)



Vista Frontal

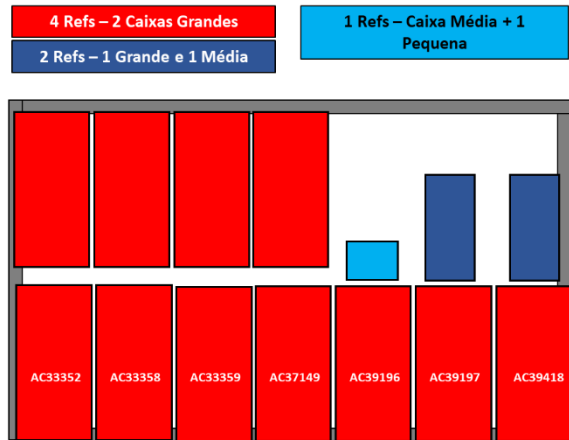
2ª Estante

Est. Horizontal



Vista de Cima

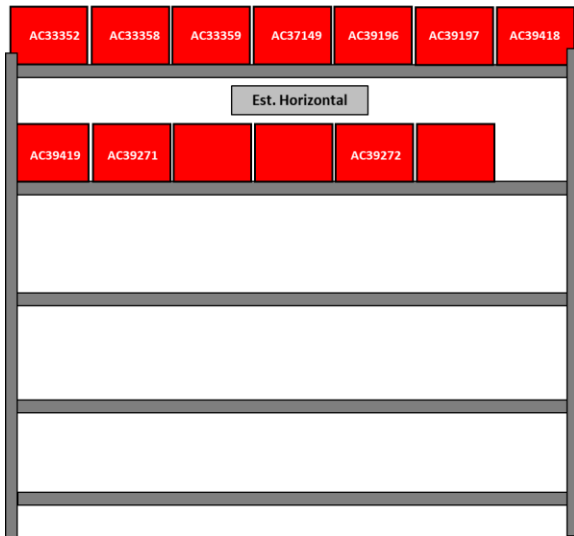
(1ª Prateleira – 2ª Estante)



Vista Frontal

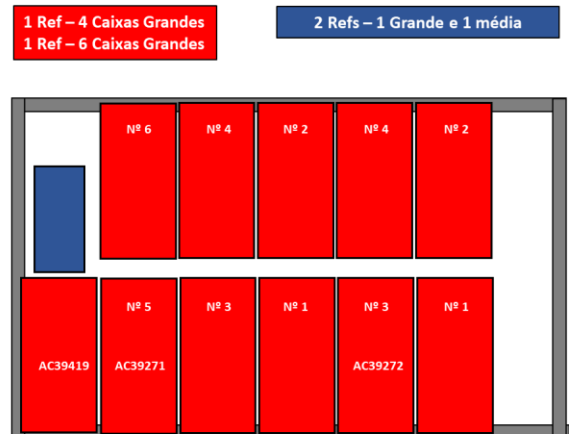
2ª Estante

Est. Horizontal



Vista de Cima

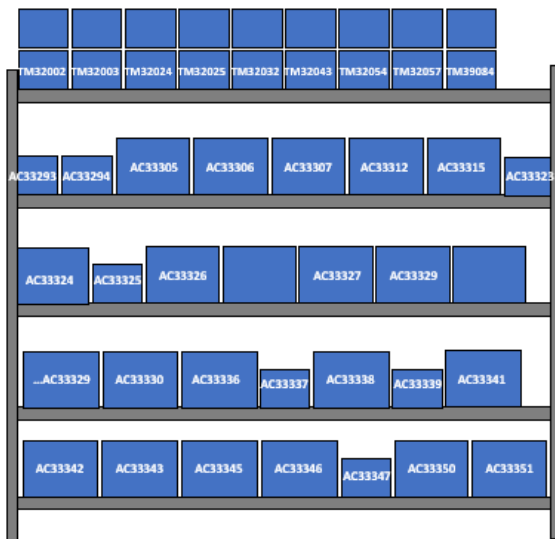
(2ª Prateleira – 2ª Estante)



APÊNDICE L – CENÁRIO 4: COMBINAÇÕES DE DOIS CONTENTORES IGUAIS (COR EFETIVA DOS CONTENTORES)

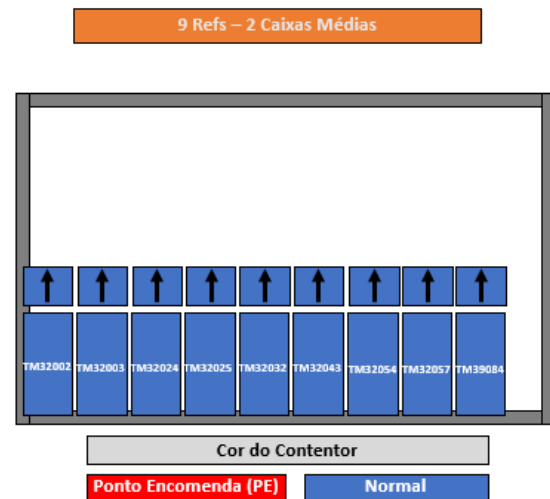
Vista Frontal

1ª Estante



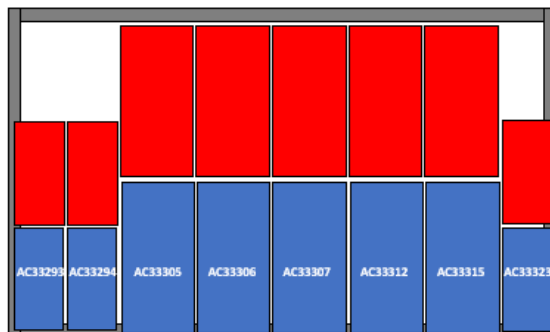
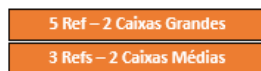
Vista de Cima

(1ª Prateleira – Só Componentes Fabrico Interno)



Vista de Cima

(2ª Prateleira)



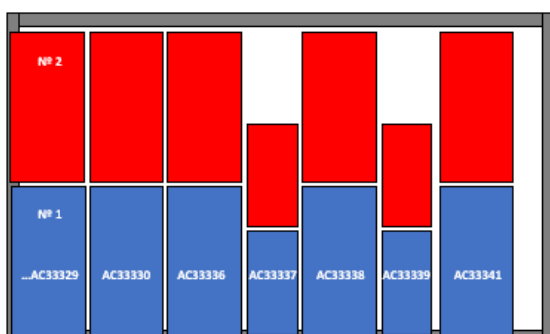
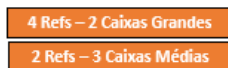
Vista de Cima

(3ª Prateleira)



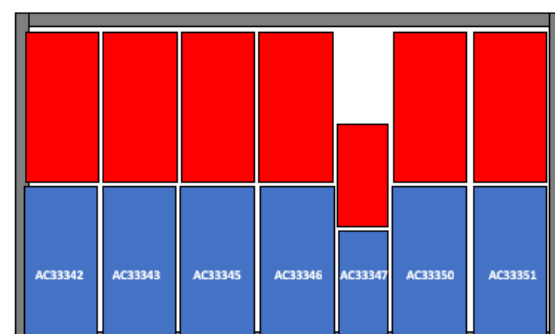
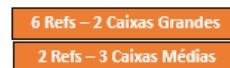
Vista de Cima

(4ª Prateleira)



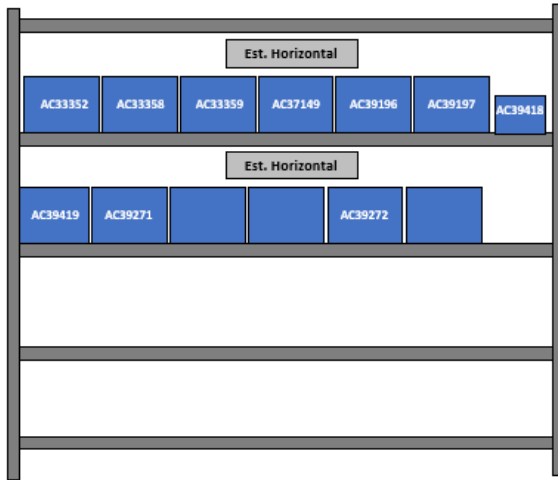
Vista de Cima

(5ª Prateleira)



Vista Frontal

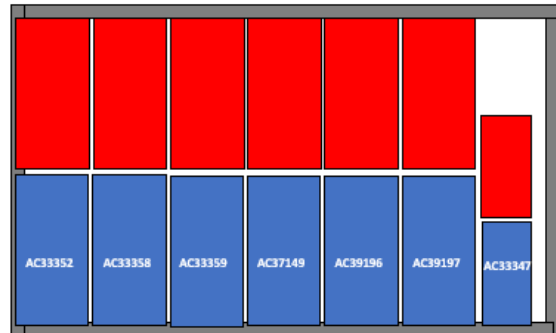
2ª Estante



Vista de Cima

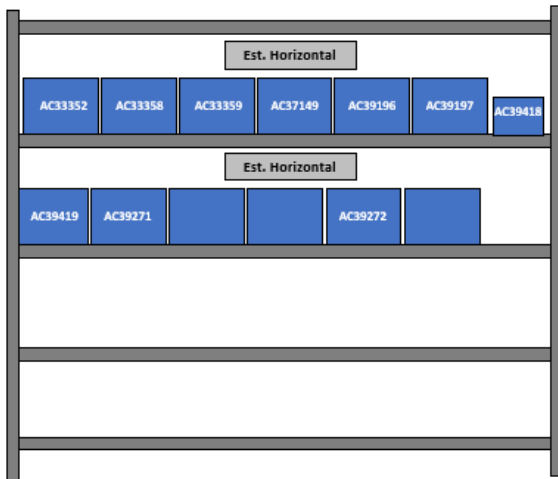
(2ª Prateleira – 2ª Estante)

7 Refs – 2 Caixas Grandes



Vista Frontal

2ª Estante



Vista de Cima

3ª Prateleira – 2ª Estante

1 Ref – 2 Caixas Grandes
1 Ref – 4 Caixas Grandes
1 Ref – 6 Caixas Grandes



APÊNDICE M – INSTRUÇÕES DE TRABALHO

Rota 1

Legenda:

- ▲ Início Percurso
- 1 Bordos de Linha
- Supermercado

Passos	Explicação
1	Recolha de contentores vazios nos bordos de linha e terminar rota no “Interface”;

Rota 2

Legenda:

- ▲ Início Percurso
- 1 Bordos de Linha
- Supermercado
- Fabrico Interno

Passos	Explicação
1	Recolha de contentores cheios no “Interface”; Recolha de contentores vazios de fabrico interno (Etiqueta Verde) para abastecer no “Serrote”, se atingir o ponto de encomenda (significa que é necessário produzir - explicado na secção 2 da folha 2);
2	Realizar percurso de abastecimento de contentores cheios nos bordos de linha;
3	Entrega de contentores vazios no “Serrote” (Etiqueta Verde) e recolha de contentores cheios nesse local, para entregar na Secção de Maquinagem;
4	Entregar contentores cheios do “Serrote” à Maquinagem e guardar Carro no local definido.

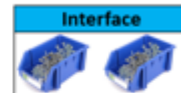
1. Processo de Abastecimento – Referências de Fabrico Interno

Nº de Contentores nos Bordos de linha: 2

Nº de Contentores no Interface: 2

Quantidade por Contentor: sempre igual para a mesma referência

Método: Troca direta de Contentor vazio por Contentor cheio no Interface
(Nota: Não é necessário contar unidades)



2. Quando Produzir/Recolher Contentores Vazios?

Situação	Condição	Resultado
1	¹ QT/Caixa = ² Produção	Produzir quando tiver 1 caixa vazia no Interface
2	2 x QT/Caixa = Produção	Produzir quando tiver 2 caixas vazias no Interface

Exemplo: Situação 1

INTERFACE-TM	
	<p>REF: TM39084 Designação: Suporte Apoio da Porta Série50 Premium D25*145mm Material: Esterilizador Horizontal</p> <p>QT/Caixa: 16 Produção: 16</p> <p>Destino: BL5 Caixa Nº: 4/4</p> <p>Stock Mínimo: 1 Caixa Vazia</p>

QT/Caixa: 16
 =
 Quantidade de Produção: 16

↓

Produzir quando tiver 1 Caixa vazia (●)
 (equivalente a ter 1 contentor com material no Interface)

Exemplo: Situação 2

INTERFACE-TM	
	<p>REF: TM32002 Designação: Castanhas Inox 1" F D50*75mm Material: Esterilizador Horizontal</p> <p>QT/Caixa: 8 Produção: 16</p> <p>Destino: BL2 Caixa Nº: 1/4</p> <p>Stock Mínimo: 2 Caixas Vazias</p>

QT/Caixa: 8
 ≠
 Quantidade de Produção: 16

↓

Produzir quando tiver 2 Caixas vazias (●●)
 (equivalente a ter 0 contentores com material no Interface)

2.1. Contentor Vazio

Nota: No exemplo da Situação 2, quando apenas existe 1 Caixa vazia no Interface, esta deve ser colocada ao alto, por trás da Caixa cheia, para sinalizar visualmente que está vazia (como indicado na figura à direita).



¹ QT/Caixa – quantidade de unidades em cada contentor dessa referência (presente na etiqueta)

² Produção – quantidade de unidades a produzir dessa referência (presente na etiqueta)

1 Processo de Abastecimento – Referências de Fabrico Externo

Nº de Contentores nos Bordos de linha: 2
 Nº de Contentores no Interface: Variável
 Quantidade nos contentores do Interface e dos bordos de linha é diferente



Método: Retirar dos Contentores no Interface a QT/Caixa presente na etiqueta.

2 Ponto de Encomenda

As referências fabricadas externamente necessitam de um **Ponto de Encomenda** (quantidade de stock necessário para cobrir as necessidades de material, até à receção da encomenda).

Todas as referências externas possuem um cartão PE (Ponto de Encomenda), que se encontra na última caixa dessa referência.

Ponto de Encomenda	
Designação:	Cartão Box 17M Para Contentores
Código:	AC3333
QTD/Contentor:	17
Nº Contentores (PE):	1 Contentor
Destino:	Interface
Material:	CA, Horizontal

3 Procedimento

Retirar material da frente para trás e da esquerda para a direita, até chegar ao contentor do PE. Assim que seja necessário retirar unidades do contentor PE, retirar o cartão PE e colocá-lo na respetiva caixa (Figura 1). Estes cartões devem ser colocados na Caixa "COMPRAS", para serem entregues no Departamento COMPRAS no final de efetuar as rotas.



Figura 1 - Remover cartão PE do contentor vermelho e colocar na Caixa "COMPRAS"

(continua na página seguinte)

Quando ocorre a receção da encomenda, o cartão PE será recolhido das "COMPRAS" por colaboradores do Armazém. De seguida, entrega-se o material no Interface e **armazena-se na prateleira "Receção de Mercadoria" na Estante D** e coloca-se o cartão PE na Caixa 2 (Figura 2).



Figura 2 - Colocação de material rececionado na Estante D e do cartão na Caixa "Receção de Mercadoria"

3.1 Retorno do Cartão Ponto de Encomenda para os Contentores

Quando se procede a reabastecer os contentores do Interface com o material rececionado, é necessário **colocar o cartão do Ponto de Encomenda no último contentor (vermelho)**, que terá a quantidade correspondente à "QT/Contentor", presente no Cartão Ponto de Encomenda. Por fim, com os contentores abastecidos, coloca-se o contentor PE (vermelho) para trás, de modo a permitir que se comece sempre por retirar material do contentor azul.




Figura 3- Introduzir o cartão PE no contentor vermelho e colocar contentor azul à frente

Notas

1. Durante a reposição dos contentores com material rececionado, caso o contentor azul não consiga armazenar toda a quantidade, deve-se **armazenar o excedente na prateleira "FLUTUAÇÕES" da Estante D**. Nesse caso, colocar o papel de aviso "Retirar Material da Estante D" por cima do cartão Ponto de Encomenda no contentor vermelho.
2. As referências que ocupam mais do que uma fila apresentam uma seta (→) no próprio contentor a evidenciar esse aspeto.
3. No caso das duas referências de chaços (AC39271 e AC39272), existem dois contentores associados ao Ponto de Encomenda, tendo em conta o seu peso. Nestes casos, o cartão Ponto de Encomenda deve ser colocado no 1º contentor vermelho (virado para a frente da Estante).

ANEXO A - PEDIDO DE ORÇAMENTAÇÃO



All you need. **With love.**

4476-908 Maia Portugal
 Cliente Nº **PRT00008235**
 Nº Contribuinte **PT505005468**

ORÇAMENTO

Nº Q0091407-1
 (Na adjudicação do orçamento, indique a referência acima)
 Data : **20/05/2022**
 Referência cliente : **Conjunto de caixa de bico kangourou**
 Contacto cliente : **Senhor David Lima**

Morada de faturação
 PROHS - Equipamento Hospitalar e Serviços Associados, sa
 Rua Do Castanhal, nº 316
 Zona Industrial Maia I - Sector II
 Apartado 6019 EC Outeiro
 4476-908 Maia Portugal



Cliente Nº **PRT00008235**
 Nº Contribuinte **PT505005468**

Morada de entrega
 PROHS - Equipamento Hospitalar e Serviços Associados, sa
 Rua Do Castanhal, nº 316
 Zona Industrial Maia I - Sector II
 Apartado 6019 EC Outeiro

Morada do transitário

Tel. : **+351 21 424 10 60** / E-mail : **comercial@manutan.pt**
www.manutan.pt

Esta proposta é válida até ao **04/06/2022**

Ref.	Descrição	Pauta aduaneira	Or.	Prazo em dias úteis	Qty.	Unidade de venda	Preço unit. s/IVA	Total s/IVA	TX
<small>Para mais informações ou consulta das fichas técnicas, clique sobre o artigo</small>									
A150349	Caixa de bico Kangourou Azul 10l 	39231010	IT	6	2	20 PCE	115,75 €	231,50 €	ST
A150350	Caixa de bico Kangourou Vermelha 10l 	39231010	IT	6	2	20 PCE	115,75 €	231,50 €	ST

Portes de envio gratuitos em Portugal Continental a partir de 120€ (s/IVA)

Condições de pagamento	30 dias fim de mes - Cheque bancario
Comentários	

Total s/IVA	463,00 €
Valor IVA	(ST) 23,00% : 106,49 €
Total c/IVA	569,49 €

Adjudicação

Assinatura : Carimbo da empresa :

Página 1 / 1

BNP PARIBAS : 0013344016444 Iban : PT50003401090013344016444 Swift : BNPAPTPLXXX
 Manutan Unipessoal, Lda - Avenida do Forte, 3 Edifício Suécia III piso -1 - 2794-042 Carnaxide - Portugal
 Capital Social : Euro100.000-Contribuinte:PT 504 779 079 - Registada Cons.Reg.Com.Cascais nº 13118 Registada SIRPEEE nº PT000432