



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Samuel Vaz Pinheiro

**DEFINIÇÃO DE UM PROCESSO DE
REEMBALAMENTO DE COMPONENTES NA
INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão
Industrial orientada pelo Professor Doutor Samuel de Oliveira
Moniz e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica.**

Outubro de 2021



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Definição de um processo de reembalamento de componentes na indústria automóvel

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Definition of component repackaging process in the automotive industry

Autor

Samuel Vaz Pinheiro

Orientador

Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz

Júri

	Professor Doutor Cristóvão Silva
Presidente	Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Miguel Jorge Vieira Professor Auxiliar da Universidade de Lusófona
Orientador	Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



BorgWarner Emissions Systems

Coimbra, Outubro, 2021

Agradecimentos

Deixo uma palavra de agradecimento pelo apoio prestado durante o desenvolvimento desta dissertação que é apresentada.

Em primeiro lugar à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão pelo apoio demonstrado ao longo destes anos.

Agradeço à *BorgWarner* Viana do Castelo pela oportunidade de integrar numa equipa incrível. Obrigado a todos pelo acolhimento, pela compreensão e sobretudo pela ajuda prestada durante a realização deste projeto. Agradeço em particular aos Engenheiros Martinho Oliveira, João Costa e Victor Enriquez, por todo o apoio, ajuda e partilha de conhecimentos.

Ao Professor Doutor Samuel Moniz, por todo o acompanhamento ao longo do desenvolvimento deste projeto, e por todo o apoio prestado.

Agradeço à Universidade de Coimbra, personificada através dos colegas, funcionários e docentes que me acompanharam ao longo do meu percurso académico.

Aos meus amigos, obrigado por todos os momentos partilhados.

A todos, um enorme obrigado!

Resumo

Atualmente, os produtos eletrónicos possuem uma elevada importância na indústria automóvel. A sua elevada sensibilidade a agentes contaminadores, exige uma área produtiva limpa para que, sejam mantidos elevados índices de produtividade e qualidade.

O presente trabalho, desenvolvido no departamento de *Manufacturing Operations* da empresa *BorgWarner* Viana do Castelo, teve como finalidade a projeção de uma operação de reembalamento para os componentes constituintes de um produto eletrónico, cuja área produtiva possui normas de funcionamento específicas.

Os principais entraves vincaram-se no embalamento primário das matérias-primas, maioritariamente provindas do continente asiático, cuja embalagem é constituída por cartão que, segundo as normas de funcionamento da área produtiva, não pode ser introduzido na área de produção.

Posto isto, desenvolveu-se uma linha de reembalamento em que, primeiramente, se procedeu às alterações físicas, a criação de um *layout*. Para obter um funcionamento em fluxo contínuo da linha, é fundamental garantir que os processos a montante possuem capacidade para abastecer os processos a jusante. Assim, desenvolveu-se uma metodologia para balancear a linha de reembalamento, no sentido de obter a configuração mais apropriada durante o tempo de produção do *heater*.

Contudo, de forma a tornar a linha de reembalamento mais flexível a anomalias que possam surgir ao longo do tempo produtivo, foi inserido no *layout* um supermercado de abastecimento, a funcionar como um *buffer*, com a finalidade de minimizar as probabilidades de possíveis roturas de componentes. Desta forma, definiu-se um *stock* no supermercado, para os diferentes anos, baseado na procura de componentes por tempo e rota do comboio logístico.

Em suma, para que a empresa possa tornar todo o processo mais eficaz, apresentam-se um conjunto de ações de implementação e de melhoria desenvolvidas na presente dissertação.

Palavras-chave: Logística Interna, Reembalamento, Supermercado, Lean Manufacturing.

Abstract

Nowadays, electronic devices have a huge importance on all of the automotive industry. The high to contaminating agents, requires a clean productive area, so that the highest levels of productivity and quality are maintained.

This work, developed while on the Manufacturing Operations department at BorgWarner Viana do Castelo, had as a goal the projection of a repackaging operation for the constituents of an electronic product, whose productive area has very specific norms.

The main obstacles were on the primary packaging of the raw material, which comes mostly from Asian Continent whose packaging is made of cardboard material, which according to the norms, cannot be allowed in the production area.

That said, a new line of repackaging was developed in which, in first place, physical changes were made and a layout was created. To ensure a continuous flow functioning, it is fundamental to make sure that the primary process are capable of supplying the later processes. That way, a methodology was developed to balance the packaging line, in order to obtain the best configuration during the heater production time.

However, in an attempt to make the repackaging line more flexible to abnormalities that might happen over the productive time, a supplying supermarket was inserted in the layout, working as a buffer, with the goal of minimizing the odds of possible ruptures of the components. That way, a stock in the supermarket was defined for the different years, based on the demand of components by time and route of the logistic train.

In short, in order for the company to make the whole process more effective, some actions of implementation and improvement developed in this dissertation are hereby presented.

Keywords Internal Logistics, Repackaging, Supermarket, Lean Manufacturing.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xv
Simbologia.....	xv
Siglas	xv
1. Introdução.....	17
1.1. Enquadramento	17
1.2. Objetivos.....	17
1.3. Estrutura do documento	18
2. Enquadramento teórico.....	21
2.1. Toyota Production System (TPS)	21
2.1.1. Just-in-Time (JIT).....	22
2.1.2. Jidoka.....	23
2.2. Lean Thinking.....	23
2.2.1. Princípios Lean Thinking	23
2.2.2. Tipos de desperdícios	24
2.3. Ferramentas Lean.....	26
2.3.1. Gestão Visual.....	26
2.3.2. Kanban.....	27
2.3.3. Instruções de trabalho	27
2.4. Layout de uma linha de produção.....	28
2.4.1. Objetivos a atingir com a elaboração de um <i>layout</i>	29
2.4.2. Etapas para a elaboração de um <i>layout</i>	29
2.5. Supermercado de abastecimento à produção	30
2.6. Mizusumashi	31
2.7. Balanceamento de uma linha de produção	32
2.8. Dimensionamento de <i>buffers</i>	33
3. Caso de estudo	35
3.1. Apresentação da empresa.....	35
3.2. BorgWarner Global.....	35
3.3. <i>BorgWarner</i> Viana do Castelo.....	36
3.3.1. Portefólio de Produtos	36
3.3.2. PTC <i>Heaters</i> – HVAH.....	37
3.3.3. Layout e funcionamento geral da fábrica	38
3.3.4. Layout e operações do armazém geral da fábrica.....	39
3.3.5. Requisitos de funcionamento da Área ESD	40
3.3.6. Embalamento primário de matérias-primas.....	42
3.4. Análise da situação atual.....	43
3.5. Descrição do problema	45
4. Definição da Operação de Reembalamento.....	47
4.1. Abordagem metodológica.....	47

4.1.1.	Definição do novo <i>layout</i> do armazém	49
4.1.2.	<i>Layout</i> da linha de reembalamento e fluxo de informação e material	49
4.1.3.	Definição de tarefas para o posto de trabalho de reembalamento.....	54
4.1.4.	Análise da procura de matérias-primas	55
4.1.5.	Cálculo do tempo de ciclo de preparação de um pedido.....	59
4.1.6.	Análise de resultados.....	64
4.2.	Dimensionamento do supermercado de abastecimento à produção	66
5.	Apresentação de Propostas de Melhoria	69
5.1.	Gestão Visual.....	69
5.1.1.	Criação de uma instrução de trabalho	69
5.1.2.	Mecanismo de identificação de material no supermercado	70
5.2.	Implementação de um saco ESD no embalamento primário.....	71
6.	Conclusão.....	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
	Anexo A	81
	Apêndice A.....	83
	Apêndice B.....	85
	Apêndice C.....	87
	Apêndice D.....	89
	Apêndice E	91
	Apêndice F	93
	Apêndice G.....	95
	Apêndice H.....	97
	Apêndice I	99
	Apêndice J.....	101
	Apêndice K.....	103
	Apêndice L	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Supermercado (Indeva).....	31
Figura 2.2. Diferença entre o sistema de abastecimento tradicional e <i>mizusumashi</i> (Coimbra, 2013).....	32
Figura 3.1. Instalações da <i>BorgWarner</i> Viana do Castelo	36
Figura 3.2. Tipos de produtos (A- Módulo; B- Tubo EGR; C- Válvula EGR; D- GPCM; E- Cooler EGR; F- eBooster).....	37
Figura 3.3. Desenho 3D de um HVAH	38
Figura 3.4. Layout da fábrica.....	38
Figura 3.5. Layout do armazém geral da fábrica.....	39
Figura 3.6. EPI's da área ESD.....	41
Figura 3.7. Sistemas de torniquetes: Área ESD	42
Figura 3.8. Sequência operacional entre Receção de material – Linha de produção	44
Figura 4.1. Representação da alteração no <i>layout</i> do armazém.....	49
Figura 4.2. <i>Layout</i> da linha de reembalamento e posto de trabalho	50
Figura 4.3. Exemplo de um posto de trabalho para a linha de reembalamento (<i>FlowTube</i>).....	51
Figura 4.4. Sequência operacional entre Receção de material - Linha de produção	52
Figura 4.5. Esquema representativo do fluxo interno das matérias-primas	52
Figura 4.6. Esquema representativo do fluxo de embalagens ESD.....	54
Figura 4.7. Ficheiro de cálculo de tempo de ciclo do posto de trabalho	61
Figura 4.8. Gráfico gerado no ficheiro de cálculo do tempo de ciclo do posto de trabalho	61
Figura 4.9. <i>tc, Ped vs trota</i>	65
Figura 4.10. Layout a adotar em 2023.....	65
Figura 4.11. Layout a adotar em 2024 e 2025	66
Figura 5.1. Etiqueta identificadora de componentes no supermercado.....	70
Figura 5.2. E1XXXX55630C0 (A) e E1XXXX55630C0 (B).....	72
Figura 5.3. Melhoria implementada no embalamento primário	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Volume de vendas anual	56
Tabela 4.2. Dias úteis anuais	57
Tabela 4.3. Tempo disponível de produção por turno	57
Tabela 4.4. Procura de embalagens de matérias-primas por volta	58
Tabela 4.5. Tempos das restantes operações	60
Tabela 4.6. Tempo de ciclo do posto de trabalho das diferentes matérias-primas	62
Tabela 4.7. Valores de tc , Ped	64
Tabela 4.8. Dimensionamento do supermercado	67

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

t_{Reemb} - Tempo de reembalamento de uma embalagem

$t_{c,PT}$ - Tempo de ciclo do posto de trabalho

t_{Ref} - Tempo de realização da operação para cada referência

$t_{c,Pea}$ - Tempo de ciclo de preparação de um pedido

t_{rota} - Tempo de rota do comboio logístico

$t_{picking}$ - Tempo de *picking*

t_{desloc} - Tempo com deslocamentos

$B_{componente}$ - *Buffer* do componente

$P_{componente}$ - Procura do componente

Siglas

BOM – Bill of Material

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ESD – Eletrostatic Discharge

HVAH- High Voltage Air Heaters

HVCH- High Voltage Coolant Heaters

JIT – Just-in-Time

LVAH- Low Voltage Air Heaters

RFID – Radio Frequency Identification

TPS – Toyota Production System

WIP – Work-in-Progress

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi realizada na *BorgWarner* Viana do Castelo, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Coimbra. Neste capítulo é efetuado um enquadramento do projeto, são apresentados os objetivos e, por fim, a estrutura deste documento.

1.1. Enquadramento

Atualmente, no ambiente competitivo global, é extremamente desafiante para as empresas, as tarefas de desenvolvimento de novos produtos, de forma rápida e económica, garantindo simultaneamente a novidade perante um mercado estreito (Homfeldt et al. 2017). Inserida num dos mercados mais competitivos, a indústria automóvel está sujeita continuamente a novas tendências de mercado, que exigem diferentes abordagens de fabrico (Pou et al. 2021).

A empresa onde foi desenvolvida a presente dissertação está inserida na indústria automóvel. Face às constantes mudanças do mercado aliadas com a sua exigência, surge a necessidade de implementação de novos processos, com vista a manter a competitividade da empresa. Recentemente, esta organização inseriu-se num novo mercado, sendo definida uma transferência de linhas instaladas em Tralee, Irlanda, para a localização de Viana do Castelo. A correta implementação destas linhas de produção é um fator fundamental e com elevado risco, que pode ser um ponto de partida para a implementação e definição de novos processos. Deste modo, foi proposto ao autor dar suporte na implementação de uma das linhas de produção transferidas, assim como a criação de um processo exigido por cliente.

1.2. Objetivos

O desenvolvimento deste projeto surge com a inserção em novos mercados por parte da *BorgWarner* Viana do Castelo. Os requisitos de cliente aliados aos requisitos da nova área produtiva, conduziram à necessidade de criação de um processo de reembalamento, onde as matérias-primas transportadas em embalagens de cartão sofrem um processo de troca de embalagem, para uma embalagem ESD.

Assim, os objetivos a alcançar com a realização deste projeto são:

- projetar uma linha de reembalamento;
- garantir um fluxo contínuo;
- garantir um abastecimento eficaz da linha de produção;
- desenvolver ações de implementação e de melhoria que permitam normalizar o abastecimento à linha de produção.

1.3. Estrutura do documento

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No capítulo 1 é feito um enquadramento, centralizado essencialmente na empresa e no seu comportamento face ao mercado atual. Seguidamente, é realizada uma apresentação dos objetivos do projeto, finalizando com uma síntese da estrutura do documento.

No capítulo 2 é realizada uma revisão da literatura, focada em tópicos relacionados com a Logística Interna e com metodologias *Lean*.

No capítulo 3 é apresentado o contexto empresarial onde está inserida a dissertação. Numa primeira fase é realizada uma contextualização histórica, seguida de uma descrição do mercado à qual está inserida, finalizando com a apresentação dos produtos fabricados nesta unidade fabril, juntamente com o produto onde foi desenvolvido o presente projeto. Em seguida, é realizada uma descrição do *layout* e funcionamento geral da fábrica, efetuando uma análise da situação atual, finalizando com uma descrição dos problemas identificados.

No capítulo 4, é apresentada a operação de reembalamento, representada pelas alterações de *layout* do armazém, definição do *layout* para o posto de trabalho, fluxo de matérias-primas e embalagens no chão de fábrica, finalizando com o balanceamento da linha de reembalamento, a configuração da linha e o dimensionamento do supermercado de abastecimento à produção.

No capítulo 5, são apresentadas propostas de implementação e melhoria com vista ao aumento dos índices de desempenho dos colaboradores, e o nível de proteção das matérias-primas.

No capítulo 6, é efetuada uma exposição das conclusões retiradas com a realização do projeto, assim como sugestões de trabalho futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo tem como foco enquadrar o leitor relativamente a todos os assuntos abordados ao longo da dissertação.

2.1. Toyota Production System (TPS)

Desenvolvido pelo vice-presidente da *Toyota Motor Company*, Taiichi Ohno, após a segunda guerra mundial, surgiu no Japão o *Toyota Production System* (TPS). O seu principal objetivo traduz-se na eliminação de diversos tipos de desperdício, utilizando atividades de melhoria, com a finalidade de reduzir os custos (Sugimori et al. 1977). Este sistema teve como ponto de partida as características distintas do Japão, que o colocam em desvantagem em relação a outros países. Dentro do leque de características, destaca-se a falta de recursos naturais, que implica uma grande importação de matérias-primas, originando um aumento de custos. Por esse motivo foi fulcral orientar os esforços no sentido de obter custos de produção mais baixos que os restantes países, garantindo os produtos de melhor qualidade.

Posto isto, a Toyota planeou o seu sistema produtivo com base em dois conceitos. O primeiro conceito está associado à redução de custos através da eliminação de desperdícios, originando um sistema produtivo que utiliza apenas os recursos necessários. O segundo conceito está associado à importância da criação de um ambiente de trabalho favorável aos trabalhadores, que permita fortalecer o seu potencial e exibir todas as competências (Sugimori et al. 1977; Ohno, 1988). Resumindo, o TPS baseia-se na produção com a melhor qualidade, o menor custo, o menor *lead time*, com a segurança requerida e o agradável ambiente de trabalho na organização.

Este sistema tem como suporte dois pilares fundamentais, *Jidoka* e *Just-in-Time*, que serão abordados em seguida.

2.1.1. Just-in-Time (JIT)

Um dos princípios do TPS baseia-se na produção da quantidade certa ao momento certo. Este conceito é designado por *Just-in-Time*. (Monden, 2011).

Relativamente à sua implementação, o JIT requer o cumprimento de alguns requisitos tais como, o estabelecimento de um sistema produtivo tipo “*Pull*”, estipular o *one-piece-flow* com o intuito de nivelar o fluxo produtivo e, a eliminação de desperdícios (Sugimori et al., 1977).

O primeiro requisito consiste em estabelecer uma produção do tipo “*pull*”. Aplicado ao sistema produtivo, este processo encontra-se mitigado no planeamento de todos os processos produtivos. Existe um plano que mantém alinhados todos os processos produtivos, onde os processos a montante abastecem os sistemas a jusante, guiando o produto ao longo do sistema produtivo. Os problemas de processos ou as oscilações da procura provocam mudanças repentinas, tornando-se implicações da adoção do método de produção do tipo “*Pull*”. Assim, esta abordagem torna-se difícil de aplicar num contexto de necessidade de mudanças constantes. Com isso, as empresas ligadas a este contexto tendem a acumular inventário, com a finalidade de minimizar problemas relacionados aos processos produtivos e às alterações na procura. Concluindo, este tipo de sistemas normalmente guiam a existência de material obsoleto, excesso de colaboradores e equipamento quando surgem alternâncias.

O segundo requisito é estabelecer o *one-piece-flow*, ou seja, incorporar a condição de que todos os processos produzem uma peça de cada vez, apenas uma peça seja transportada e exista apenas uma peça entre equipamentos e processos. Deste modo, os processos não devem produzir mais que o definido, nem possuir excesso de inventário entre processos.

O terceiro requisito é referente ao nivelamento de produção através do conceito *Takt time*. O conceito *Takt Time* está relacionado com o dimensionamento da produção de acordo com as necessidades de cliente, onde todos os processos inseridos no sistema produtivo devem estar alinhados de acordo com essas necessidades.

O quarto princípio é referente à eliminação de desperdícios consequente da sobreprodução. O princípio JIT considera que o valor do inventário não deve ser posto de parte, mas sim ser considerado prejudicial. Num sistema produtivo comum, o *stock* é

rotulado como uma forma de responder a problemas causados com complicações nos processos ou oscilações na procura.

2.1.2. Jidoka

O *Jidoka* ou automação significa um controlo automático de defeitos através da atribuição de responsabilidade e autonomia à máquina ou ao colaborador para parar a produção, caso sejam detetadas algum tipo de anomalias.

Segundo Sugimori et al. (1977), são duas as razões que conferem importância a este pilar, sendo elas, a prevenção da sobreprodução e o controlo de anomalias que podem surgir ao longo da produção. Com a utilização do *Jidoka*, o sistema produtivo deve estar preparado para parar sempre que é atingida a produção prevista, garantindo uma produção JIT. Também, sempre que uma anomalia é identificada, o processo deve parar, prevenindo que os possíveis defeitos ocorridos a montante passem para jusante, e facilitando uma intervenção dirigida ao colaborador ou equipamento que solicitou a paragem. Assim, este pilar está fundamentado na eliminação de desperdícios relacionados com a sobreprodução e produtos defeituosos, permitindo uma melhoria contínua através da investigação das anomalias resultantes ao longo da produção.

2.2. Lean Thinking

O conceito *Lean Manufacturing*, é utilizado pela primeira vez por Krafcik em 1988, mas apenas surge com mais incidência em 1990, com a divulgação do livro “*The Machine That Changed the World*” de Womack, divulgado em 1990. No entanto, em 1996 surge o termo *Lean thinking*, resultante do desdobramento da filosofia *lean* para outras áreas para além da *Lean Manufacturing*.

2.2.1. Princípios Lean Thinking

A filosofia *Lean* é caracterizada por cinco princípios fundamentais, descritos por Womack e Jones (1996), sendo eles a definição de valor, identificação da cadeia de valor, o fluxo contínuo, o sistema *Pull* e a busca pela perfeição.

Valor é o conjunto de todas as características e funções que o cliente está disposto a pagar. O primeiro princípio está associado à definição e identificação de valor do ponto de vista do cliente. É necessário agrupar e analisar todos os requisitos de cliente, de

forma a permitir definir quais são as operações que acrescentam valor ao produto, considerando as restantes como desperdícios.

O segundo princípio define-se como a identificação da cadeia de valor. É importante agrupar e identificar todas as atividades que estão relacionadas com um determinado produto e, posteriormente, mapear as mesmas. Estas atividades podem ser classificadas como atividades que acrescentam valor e atividades que não acrescentam valor ao produto. Existem atividades que não acrescentam valor, mas que são necessárias, no entanto podem existir atividades que não são necessárias e que devem, portanto, ser eliminadas.

O terceiro princípio está relacionado com a criação de um fluxo contínuo ao longo de toda a cadeia de valor. O objetivo deste princípio prende-se por ter um fluxo produtivo sem inventários entre os processos e sem tempos de espera associado a faltas de material, avarias, tempos de *change-over*, etc. A preferência é existir um fluxo unitário de produtos, de acordo com os requisitos e necessidades do cliente.

O quarto princípio está relacionado com o estabelecimento de um sistema de produção do tipo “*Pull*”. Esta abordagem significa, organizar a cadeia de abastecimento, ou simplificar os conceitos de logística interna e fluxo de produção, em busca de um ideal fluxo de informação e de material (Coimbra, 2013), onde a produção é apenas iniciada quando solicitada pelo cliente e efetuada de acordo às necessidades do mesmo. Isto implica que, em termos de sistema de produção, um processo a jusante não produza enquanto o processo a montante não solicitar. Assim, é evitado um dos desperdícios, designado por sobreprodução, que será explicado seguidamente.

O quinto princípio, intitulado como a busca pela perfeição, está diretamente associado à importância da melhoria contínua e no que representa na filosofia *Lean*. De uma forma explícita, a perfeição busca-se através da produção de acordo com os requisitos do cliente, em termos de qualidade, no prazo de entrega definido, ao preço estipulado, sem qualquer tipo de defeitos.

2.2.2. Tipos de desperdícios

Como foi transmitido anteriormente, a identificação e eliminação dos desperdícios tem um papel fundamental na filosofia de *Lean Manufacturing*. Segundo Ohno

(1988), os sete desperdícios associados a processos produtivos são a sobreprodução, o tempo de espera, o sobreprocessamento, as movimentações, o inventário, o transporte e os defeitos.

A sobreprodução ocorre quando se produz de forma antecipada em relação aos pedidos feitos pelo cliente ou se produz mais do que as quantidades necessárias. Este desperdício refere-se à acumulação de inventário, causada por erros de previsão da procura de cliente, erros de cálculo de capacidade de produção, desequilíbrio entre máquinas, ou por outros motivos (Coimbra, 2013). De todos os sete desperdícios enumerados, a sobreprodução é considerado o que tem mais impacto visto que, está na origem de outros desperdícios, como por exemplo o tempo de espera, os inventários, os transportes e as movimentações.

O tempo de espera presencia-se quando existem períodos não produtivos por parte dos colaboradores ou por parte de equipamentos. São diversas as razões que podem originar este tipo de desperdício, tais como, as falhas de equipamentos, falhas de material, tempo de *change-over* ou até mesmo quando os processos estão desbalanceados, onde uns processos ficam à espera que outros terminem. Enquanto um material se encontra à espera, não está a ser sujeito a nenhuma transformação logo, não está a ser acrescentado valor ao componente (Coimbra, 2013).

O transporte é um desperdício associado a qualquer tipo de movimento ou transferência de material. Este, é considerado um processo que não acrescenta valor ao produto, uma vez que, não existem transformações de material (Coimbra, 2013). No ambiente industrial é evidente a necessidade de transportar material, no entanto, deve haver um bom planeamento de modo a reduzir este conceito. Por exemplo, a adoção de um *layout* eficiente é uma medida capaz de minimizar este conceito e, conseqüentemente, minimizar os desperdícios.

As movimentações são um desperdício que ocorre quando existem movimentos desnecessários efetuados pelos operadores. As principais causas apontadas para este desperdício são a desorganização dos postos de trabalho e a adoção de *layouts* ineficientes das linhas de produção.

O sobreprocessamento presencia-se quando são executadas operações ou processos desnecessários, ou seja, quando são efetuadas atividades que não acrescentam valor ao produto final e pelas quais o cliente não está disposto a pagar.

Os inventários são desperdícios relacionados com os excessos de matéria-prima, material entre processo (WIP) e produto acabado. Inúmeras são as causas da sua origem, entre elas a sobreprodução ou o desbalanceamento do fluxo de produção. Este caso pode representar um elevado desperdício económico uma vez que está relacionado com o investimento desnecessário de capital na produção.

Os defeitos são o tipo de desperdícios referentes a produtos não conformes com os requisitos de cliente. Tipo de desperdício que está por detrás de custos relacionados com retrabalho de peças, inspeções, reparações, sucata e reclamação de cliente e, por isso, é fulcral centrar o processo produtivo na qualidade para que seja possível reduzir ou até eliminar alguns dos custos referidos anteriormente.

2.3. Ferramentas Lean

2.3.1. Gestão Visual

Os *standards* visuais integram o conceito de que uma imagem vale mais que mil palavras (Coimbra, 2013). Para o autor Steenkamp et al., (2017), a gestão visual é uma ferramenta *lean* que procura melhorar o desempenho organizacional através da utilização de estímulos visuais. Estes estímulos transmitem a informação fulcral de forma rápida e eficiente, proporcionando um maior foco nos objetivos de uma empresa. Segundo Bevilacqua et al., (2013), o objetivo da gestão visual é tornar a informação disponível, compreensível e oportuna, permitindo observar onde estão a ocorrer os erros e os desperdícios. Assim, é possível gerir, melhorar, controlar ou corrigir entraves ao longo do processo.

Este tipo de ferramenta, pode ser detetada numa organização, por exemplo, através da marcação dos corredores, cartões *Kanban*, instruções de trabalho, quadros com a informação relativa a indicadores de desempenho e sinais luminosos nos equipamentos.

Ainda, os autores Singh e Kumar (2021) afirma que existem três fatores que aumentam com a utilização da gestão visual, sendo eles:

- Comunicação;
- Transparência;
- Capacidade de autogestão.

2.3.2. Kanban

O sistema *Kanban* é uma ferramenta *lean* utilizada para gerir a produção JIT, através do controlo de quantidades produzidas nos vários processos produtivos (Monden, 2011). Em termos de funcionamento, neste sistema são escritos numa etiqueta (*Kanban*) o tipo e a quantidade necessária de um componente. Seguidamente, é enviado pelos colaboradores de um processo para os colaboradores do processo anterior.

O mesmo autor defende que este sistema é suportado por:

- Produção regular;
- Padronização dos trabalhos;
- Atividades de melhoria;
- Redução dos tempos de *setup*;
- Automação;
- Design do *layout* das máquinas.

Este sistema, normalmente surge em dois tipos de cartões, o *kanban* de produção e o *kanban* de transporte. O *kanban* de transporte, é o cartão transportado de um processo até ao processo anterior, ou seja, quando uma unidade de carga de um componente é consumida, o operador logístico retira o cartão da respetiva unidade de carga e transporta-o até ao *stock* do processo anterior, finalizando com a colocação desse mesmo cartão na unidade de carga que possui componentes. O *kanban* de produção é utilizado para ordenar a produção dos componentes que foram retirados do processo subsequente, ou seja, quando um cartão deste tipo é retirado de uma unidade de carga, torna-se uma informação de despacho para o processo, onde se começa a produzir determinado componente, no sentido de reabastecer o mais rapidamente possível o material consumido (Sugimori et al., 1997).

2.3.3. Instruções de trabalho

A melhor forma de aumentar o desempenho de uma operação consiste na criação de padrões normalizados de trabalho. Quando uma tarefa é executada por vários operadores, se esta não estiver padronizada, é provável que a maneira como é executada seja variável (Coimbra, 2013). Assim, a criação de padrões visuais tornou-se um conceito fundamental na execução de operações já que, proporcionam uma maior facilidade e rapidez de compreensão dos processos.

As instruções de trabalho são uma ferramenta *lean* utilizada para sustentar outra ferramenta *lean*, o trabalho padronizado. Este funciona como suporte da produção *one-piece-flow*. A instrução de trabalho *standard* é o que define ao detalhe todas as operações realizadas por um colaborador numa estação de montagem, de forma gráfica e visual (Horbal et al., 2008). Segundo Allen e Laure (2006), as instruções de trabalho são parte fundamental para a formação de novos funcionários, já que proporciona uma rápida interiorização dos processos. Também este conceito é fulcral para os funcionários mais experientes, quando um processo é melhorado, onde é necessário mudanças operacionais. Esta ferramenta tem como objetivo formar os operadores, para que estes trabalhem da mesma forma.

2.4. Layout de uma linha de produção

Atualmente, devido ao constante aumento de competitividade de mercado, as empresas focam-se, cada vez mais, em encontrar soluções que permitam uma maior eficiência a nível produtivo. O desenvolvimento de um *layout* eficiente permite reduzir a taxa de desperdício, aumentar a taxa de utilização de área produtiva e, aumentar a escala de produção (Zhang et al., 2019).

O *layout* de uma linha de produção pode ser definido como o método que atribui tarefas a um conjunto de estações e decide a disposição das mesmas assim como dos recursos, no chão de fábrica. Segundo Drira et al. (2007), os problemas de *layout* foram descobertos em vários tipos de sistemas de produção e representam grande impacto no seu desempenho. Este tipo de problema, é responsável por causar sequelas em fatores como os custos de produção, *WIP*, *lead times* e produtividade.

O autor Delchambre e Rekiek (2006), defende que para elaborar o *layout* de uma linha de produção é necessário subdividir em dois conceitos, o *layout* lógico e o *layout* físico. O *layout* lógico consiste na distribuição de tarefas entre as estações ao longo da linha, enquanto o *layout* físico decide a localização das estações de trabalho, dos recursos, dos *buffers*, etc. Por outras palavras, o *layout* lógico é constituído pelo planeamento de recursos e, pelo balanceamento de uma linha de produção, que também será abordado neste enquadramento teórico.

2.4.1. Objetivos a atingir com a elaboração de um *layout*

Segundo Martins e Laugueni (2005) a realização de um *layout* visa a atingir determinados objetivos, sendo eles:

- Garantir a suficiente capacidade de produção;
- Reduzir os custos com manuseamento de matérias-primas;
- Adequar-se às restrições do lugar;
- Garantir a existência de espaço para todos os equipamentos da produção;
- Permitir uma elevada utilização e produtividade da mão-de-obra, das máquinas e do espaço;
- Garantir a existência de espaço para balneários ou outros cuidados pessoais dos operadores;
- Garantir saúde e segurança para os empregados;
- Permitir a facilidade de manutenção e supervisão;
- Atingir os objetivos com o menor investimento de capital possível;
- Permitir carga e descarga eficiente do veículo de transporte;
- Permitir uma facilidade de contagem e de registo de *stock*;
- Fornecer conforto e conveniência ao cliente;
- Proporcionar um ambiente atraente para os clientes;
- Promover a comunicação entre as áreas de trabalho.

2.4.2. Etapas para a elaboração de um *layout*

De acordo com Martins e Laugueni (2005), existem etapas a realizar para que sejam atingidos os objetivos enumerados anteriormente, sendo elas:

- Determinar a quantidade a produzir;
- Planear o todo e depois as partes;
- Planear o ideal e depois o prático;
- Seguir a sequência:
 1. Local;
 2. *Layout* global;
 3. *Layout* detalhado.
- Calcular o número de máquinas;

- Selecionar o tipo de *layout* e elaborando-o mediante os processos e equipamentos;
- Desenvolver ferramentas que permitam uma clara visualização do *layout*;
- Utilizar a experiência de todos;
- Verificar o *layout* e avaliar a possível solução;
- Implementar.
- Definir os objetivos em termos de quantidade e qualidade;
- Estabelecer um plano de como atingir os objetivos;
- Conhecer a apropriada distância entre os equipamentos, as larguras, os corredores de circulação, a altura do prédio, entre outros;
- Reservar áreas com vista a futuras possíveis alterações;
- Verificar a ventilação, iluminação, higiene e segurança.

2.5. Supermercado de abastecimento à produção

Os supermercados são áreas de armazenamento descentralizadas, distribuídas ao longo do chão de fábrica, que servem como um local de armazenamento intermédio de componentes para as peças que são solicitadas no bordo de linha. Estas áreas contêm uma quantidade pré-determinada e limitada de *stock*, calculada para garantir a disponibilidade de componentes durante o período de reposição (Powell, 2018).

Com estas áreas de armazenamento, o abastecimento é realizado frequentemente em pequenos lotes de peças, permitindo um inventário reduzido junto das linhas de produção e, evitando entregas de componentes a longas distâncias (Emde e Boysen, 2012). Assim, através destas estruturas de armazenagem, as operações de *picking* e *put-away* tornam-se mais acessíveis, uma vez que, o material se encontra em embalagens de pequenas dimensões. Na indústria automóvel, o espaço existente entre as linhas de produção é cada vez mais escasso, o que torna este conceito ainda mais vantajoso (Battini et al., 2012).



Figura 2.1. Supermercado (Indeva).

Os supermercados devem-se organizar por diferentes estantes de armazenagem, onde cada posição corresponde a uma referência, delimitada por um limite mínimo e máximo previamente estabelecido (Figura 2.1). Este mecanismo, funciona com dois corredores distintos, um destinado ao abastecimento de material retirado das estantes e, o segundo corredor, é utilizado para a operação de *picking*, onde o material é retirado do supermercado pelo operador logístico e, posteriormente, transportado para o bordo de linha.

Este tipo de armazenagem juntamente com o comboio logístico, funciona segundo a metodologia JIT, através da produção apenas quando é solicitado (sistema *Pull*), proporcionando reduções de inventário associadas aos limites mínimos de produção.

2.6. Mizusumashi

O setor automóvel é um dos setores com maior importância em termos de economia mundial. Devido às elevadas mudanças existentes no mercado industrial, este setor enfrenta demasiados obstáculos na procura da qualidade, aplicando novas tecnologias e inovações, que o tornam mais atraente perante os clientes. Uma das ferramentas *lean* utilizada para otimizar as operações designa-se por *mizusumashi* ou *milk-run* (Tellini et al. 2019).

O abastecimento tradicional das linhas de produção era realizado com recurso a um empilhador. O empilhador tem capacidade para transportar um contentor do tamanho de uma paleta. Em termos operativos, estes originam não só, desperdícios de excesso de *stock* junto das linhas de montagem, como também, desperdícios de excesso de movimentações

entre armazém e produção. Como forma de minimizar os desperdícios e de normalizar o abastecimento das linhas de produção surge um novo sistema de ligação entre o armazém e a produção designado por *mizusumashi*. Este termo foi introduzido pela primeira vez em 1955, continuando em constante processo de melhoria, evoluindo em 1977 para um sistema de entrega de múltiplas paragens (Toyota, 2021). A figura 2.2, elabora uma relação entre o sistema de abastecimento tradicional e o sistema de abastecimento com recurso ao *mizusumashi*.

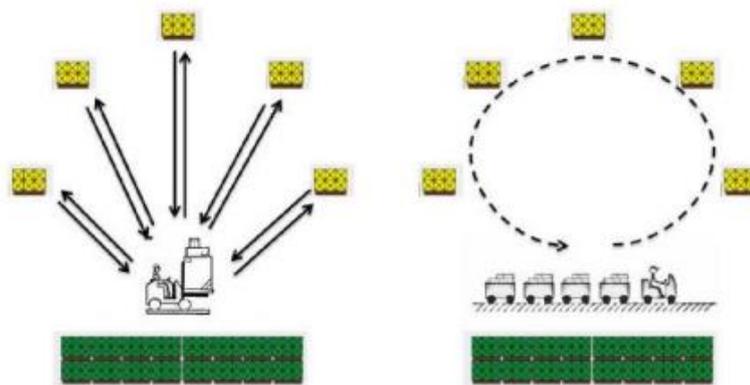


Figura 2.2. Diferença entre o sistema de abastecimento tradicional e *mizusumashi* (Coimbra, 2013)

Assim, em termos de funcionamento, este sistema é responsável por realizar o reabastecimento de um conjunto de linhas de produção, através de uma rota pré-definida que interliga a zona de armazenamento e cada uma dessas linhas. Os operadores movimentam-se entre o local de armazenamento de componentes e as linhas de produção regularmente e abastecem as quantidades necessárias de cada tipo de matérias-primas (Nomura e Takakuwa, 2006).

2.7. Balanceamento de uma linha de produção

Pertencentes aos sistemas de produção em linha de fluxo, as linhas de produção possuem elevada importância na produção industrial de grande quantidade de mercadorias padronizadas (Boysen et al., 2008). Os elevados custos de instalação e de redesenho de uma linha de montagem, levou os profissionais à criação de um modelo de suporte à otimização do planeamento prático da configuração da linha. O princípio da divisão do trabalho assume uma forma de linha de produção progressiva quando é aplicado numa linha de montagem

em massa de produtos manufacturados. O trabalho é dividido por postos e atribuído a operadores consecutivos na linha onde, à medida que o produto avança de posto de trabalho, cada operador acrescenta a sua tarefa individual ao produto. Ao processo de repartição de trabalho pelos postos e pelos operadores chama-se **balanceamento de linhas de produção** (Lewis e Slack, 2003).

O **balanceamento de uma linha de produção** corresponde à sequenciação de estações de trabalho, atribuindo tarefas em cada estação, com o intuito de satisfazer todas as relações de precedência, assim como, otimizar alguma medida de desempenho (Erel e Sarin, 1998). Para balancear uma linha de produção, é necessário o conhecimento relativo aos produtos, *layout*, processos, mão-de-obra, ferramentas e ao conjunto de regras estabelecidas para efetuar a junção de toda esta informação (Shofield, 1979).

Para garantir um eficiente balanceamento de uma linha de produção, são três os termos necessários a interiorizar: tempo de ciclo, postos de trabalho e *takt time*. O tempo de ciclo, numa linha de produção, é definido como o tempo de operação mais longa, ou seja, é um intervalo de tempo durante o qual duas ações consecutivas ocorrem (Rekha et al. 2016). O *takt time* é o termo associado ao tempo médio de produção necessário para atender à procura de cliente (Lam et al. 2016). Para o cálculo desta variável é necessário a disponibilidade de dados relativamente ao tempo disponível de produção, assim como, a procura diária do cliente, obtendo-se a seguinte equação

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível\ de\ produção}{Procura} \quad (2.1)$$

Com o resultado desta fórmula, é obtido o valor o tempo necessário de produção de uma peça.

Segundo Scholl e Klein (1999), o objetivo do balanceamento de uma linha de produção é, através dos valores de tempo de ciclo, minimizar os postos de trabalho ou através dos valores do número de postos de trabalho minimizar o tempo de ciclo.

2.8. Dimensionamento de *buffers*

O dimensionamento de *buffers* é um processo de elevada complexidade, cuja realização exige o conhecimento de um elevado número de fatores.

Tendo como base o trabalho desenvolvido por Urru et al., (2018), desenvolvido para o dimensionamento e planeamento de um *mizusumashi*, o dimensionamento de um *buffer* realiza-se segundo a equação

$$q_{A,H} = 1 + n_{LT,A,H}, \quad (2.2)$$

sendo $q_{A,H}$ a dimensão do *buffer* e $n_{LT,A,H}$ o consumo médio do componente, em embalagens, até à paragem do *mizusumashi*. Segundo o mesmo autor, esta equação foi desenhada para sistemas produtivos que operam segundo a abordagem *push*, onde o material chega à linha de acordo com estimativas sem ter em conta a produção vigente.

O presente projeto foi desenvolvido seguindo uma abordagem *pull*, que opera segundo o método *Kanban*, onde os componentes são fornecidos às linhas de produção com recurso a um supermercado de abastecimento. Por isso, foi necessário desenvolver uma expressão capaz de se adaptar a este estudo.

Segundo a abordagem *push*, os componentes devem ser abastecidos a cada volta de abastecimento, ou seja, a autonomia deve estar programada para uma volta do comboio logístico, pois os componentes consumidos durante uma volta, são imediatamente reabastecidos no final da mesma. No entanto, no caso do princípio *pull* os componentes são reabastecidos quando surge uma necessidade na linha de produção, ou seja, quando é consumida uma unidade de carga. Assim, se o *buffer* estiver dimensionado para suportar uma volta de abastecimento, irá ocorrer rotura por falta de componentes. Deste modo, para a abordagem *pull*, as matérias-primas devem possuir autonomia para abastecer duas voltas de abastecimento do comboio logístico.

Assim, o cálculo das dimensões de *buffer* pode ser realizado segundo a seguinte equação,

$$B_{componente} = (P_{componente} \times 2) + 1 \quad (2.3)$$

onde, $B_{componente}$ representa o tamanho do *buffer* do componente em embalagens e $P_{componente}$ representa a procura por referência, em embalagens.

3. CASO DE ESTUDO

3.1. Apresentação da empresa

Este capítulo é reservado a uma breve introdução à empresa *BorgWarner Emissions Systems* Portugal, localizada em Viana do Castelo, onde se encontra inserida a presente dissertação.

3.2. BorgWarner Global

O grupo *BorgWarner* é uma multinacional produtora de componentes para a indústria automóvel. Com início em 1928, resultante da união de várias empresas fundadoras, surge assim a “*Borg-Warner Corporation*”. Com sede localizada em Michigan, esta organização atua segundo a visão “Um mundo de energia limpa e eficiente”. Na sua estrutura predominam um conjunto de valores, fundamentados em:

- Inclusão;
- Integridade;
- Excelência;
- Responsabilidade;
- Colaboração.

Em 2020, o grupo contava com aproximadamente 48.000 funcionários, situados em 99 localizações, distribuídos por 24 países constituintes dos continentes americano, asiático e europeu. Com o objetivo de elevar a tecnologia certa, ao valor correto de mercado, surge a sua ampla distribuição global.

Como líder de mercado, esta organização oferece soluções para veículos de combustão, híbridos e elétricos. Por isso, neste momento, a *BorgWarner* encontra-se fragmentada nas seguintes áreas:

- *Morse Systems*;
- *PowerDrive and Systems*;
- *Transmission Systems*;

- *Emissions, Thermal and Turbo Systems.*

Atualmente, em Portugal, são duas as localizações da *BorgWarner*, no Seixal e em Viana do Castelo, que será abordada seguidamente.

3.3. BorgWarner Viana do Castelo

Inaugurada no ano de 2005, em Valença do Minho, a localização em Viana do Castelo apenas começou a fazer parte do grupo *BorgWarner* em 2010. Em 2014, tendo como causa o crescimento do volume de negócios, foram construídas as instalações atuais, localizadas no Parque Empresarial de Lanheses, no Lugar Salvaterra. No ano de 2020, ocupava cerca de 56 km^2 , onde empregava 971 colaboradores. Ao dia de hoje, devido à inserção em novos mercados, as instalações encontram-se em expansão de área produtiva, de armazenamento, abrangendo um investimento de 7 milhões de euros.



Figura 3.1. Instalações da *BorgWarner* Viana do Castelo

3.3.1. Portefólio de Produtos

Pertencendo à área de negócios de *Emissions, Thermal and Turbo Systems*, a *BorgWarner* Viana do Castelo, em termos de portefólio de produtos, pode ser categorizada da seguinte forma:

- Tubos EGR (Tubos *bypass* e Tubo EGR);
- *Coolers* EGR (*Coolers* e Módulos);

- Válvulas EGR;
- Eletrônicos (GPCM, *eBooster*, PTC *Heaters*).

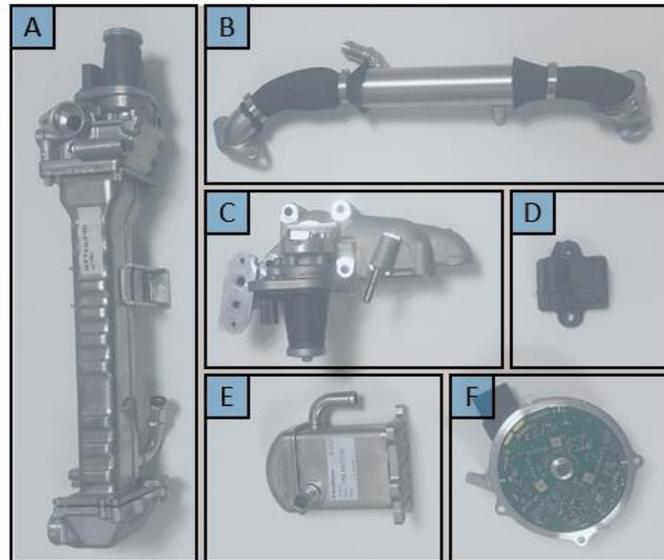


Figura 3.2. Tipos de produtos (A- Módulo; B- Tubo EGR; C- Válvula EGR; D- GPCM; E- Cooler EGR; F- eBooster).

3.3.2. PTC *Heaters* – HVAH

O presente projeto, foi desenvolvido para um produto eletrônico, os PTC *Heaters*.

Os PTC *Heaters* são componentes instalados no sistema AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) do veículo, providenciando o aquecimento da cabine, desembaciamento e descongelamento do para-brisas. Tendo como função o aquecimento de ar através da aplicação da corrente elétrica, este produto garante o máximo de conforto aos passageiros mantendo os mais elevados *standards* de segurança.

O produto em si encontra-se dividido em três classes: os LVAH (*Low Voltage Air Heaters*), os HVCH (*High Voltage Coolant Heaters*) e os HVAH (*High Voltage Air Heaters*). Este trabalho foi elaborado no âmbito dos HVAH.

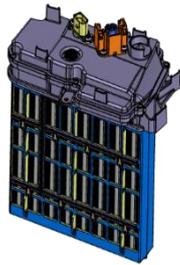


Figura 3.3. Desenho 3D de um HVAH

3.3.3. Layout e funcionamento geral da fábrica

Através da análise do *layout* da fábrica, verifica-se que este divide-se fisicamente em 4 áreas distintas: o Armazém, a área ESD 1, a área ESD 2 e a Produção (Figura 3.4).

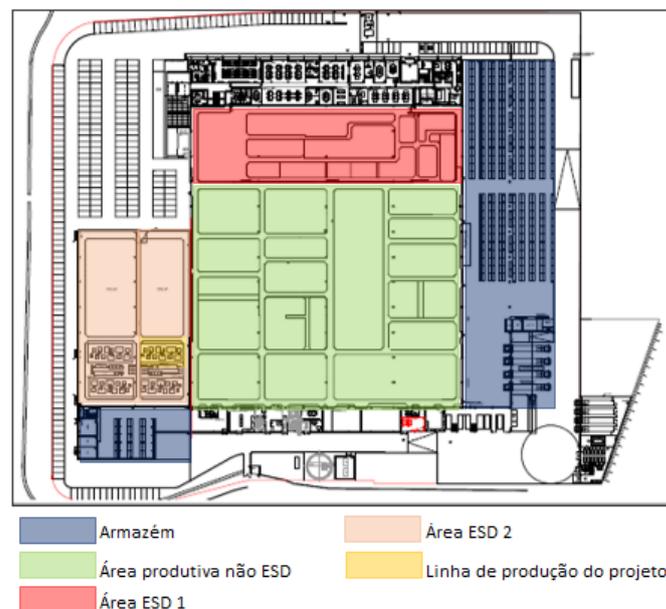


Figura 3.4. Layout da fábrica

Com o impacto da inserção em novos mercados, surgiu a necessidade de expansão da área produtiva e de armazenamento de material. Como resposta a estas necessidades, a *BorgWarner Viana do Castelo*, criou um novo espaço produtivo dedicado às novas linhas a serem implementadas nas suas instalações, a área ESD 2. Procedeu também à criação de um novo espaço para armazenamento de matérias-primas, existindo ao dia de hoje, dois armazéns nas instalações, onde o de maiores dimensões é geral a todos os produtos

inseridos no portefólio da empresa e, o de menores dimensões é responsável por suportar a nova área ESD (Área ESD 2).

A Produção encontra-se dividida em 3 partes: a montagem, os fornos e o fugado. A zona de montagem é o local onde são efetuadas as operações primárias do processo produtivo, nomeadamente, a junção de elementos mais pequenos, dando origem a peças finais, antes dos últimos tratamentos a que são submetidas. Seguidamente, as peças são transportadas para os fornos com a finalidade de aplicar pasta em zonas, cujas ligações são necessárias de vedar, para que sejam evitadas fugas. O processo termina com as peças a dirigirem-se para a zona de fugado, onde são submetidas a testes de fugas e a um controlo final de geometria. Com todos os requisitos cumpridos, as peças estão prontas a ser embaladas e expedidas para o cliente.

A área ESD 1 e a área ESD 2, são duas áreas isoladas da restante produção, uma vez que, se dedicam à produção de produtos eletrónicos. A sua distinção da restante área produtiva, deve-se exclusivamente à composição destes produtos, onde predominam requisitos necessários a cumprir por parte dos colaboradores para uma montagem segura e eficiente.

3.3.4. Layout e operações do armazém geral da fábrica

O armazém interno é dividido em duas partes, uma destinada à movimentação e armazenamento de matéria-prima, e o outro, destinado a produto terminado (Figura 3.5).

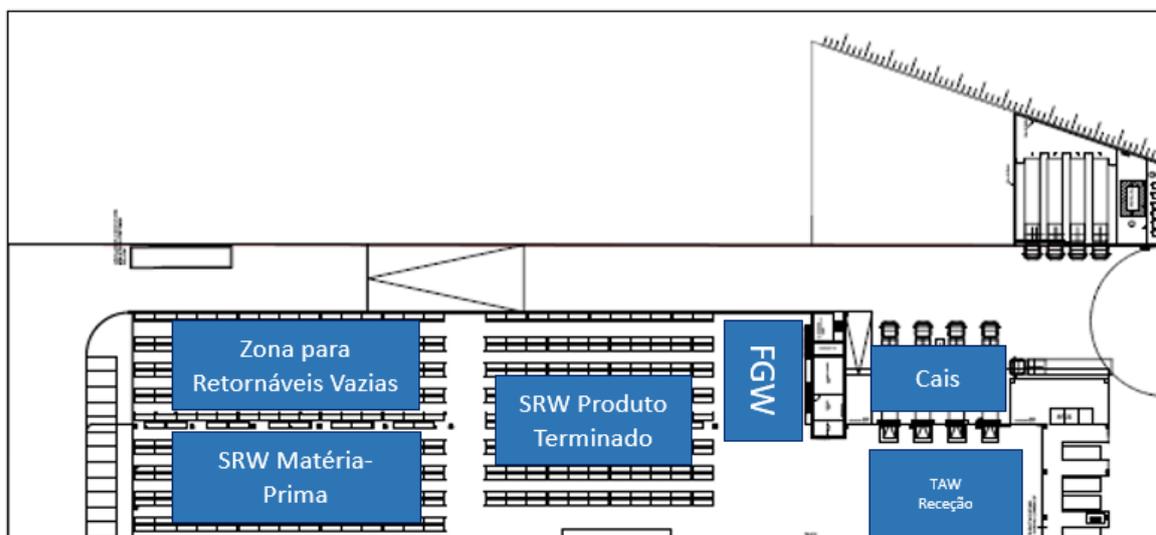


Figura 3.5. Layout do armazém geral da fábrica

Assim, existem áreas definidas para cada um dos processos, sendo elas:

- Cais de Descarga e Cais de Carga: São os locais destinados para estacionamento de camiões aquando da descarga de fornecedor ou da carga para cliente.
- Receção TAW: É a zona onde os materiais vindos dos fornecedores são rececionados e armazenados enquanto aguardam para ser colocados nas estantes.
- SRW Matéria-Prima: É a zona onde é armazenada a matéria-prima proveniente de fornecedor.
- FGW (*Finished Goods Warehouse*): Área destinada à preparação de pedidos para cliente.
- SRW Produto Terminado: Análogo às matérias-primas, mas neste caso, destinado ao armazenamento de produto terminado.
- Zona para retornáveis vazias: Zona reservada para o armazenamento das embalagens retornáveis vazias antes de regressarem aos fornecedores/clientes.

3.3.5. Requisitos de funcionamento da Área ESD

Este trabalho foi desenvolvido para um produto eletrónico cuja área produtiva possui normas próprias e requisitos de funcionamento que necessitam de ser cumpridos para que se mantenha livre de contaminações e, conseqüentemente, garanta uma produção segura e eficiente. Esta área designa-se por Área ESD.

O termo ESD, *Eletrostatic Discharge*, simboliza as descargas electroestáticas existentes entre dois objetos, ocorrendo quando há transferência de cargas elétricas entre corpos que possuem diferentes potenciais elétricos. No nosso dia a dia, é possível presenciarmos este fenómeno, sentindo “choques” quando tocamos em determinado material. Isto deve-se exclusivamente ao facto do nosso corpo possuir um diferente potencial eléctrico relativamente ao corpo com o qual estamos em contacto, conferindo uma sensação como um “choque” eléctrico.

No caso da indústria, este fenómeno também pode ser presenciado na produção. As descargas eletrostáticas são uma grande fonte de contaminação de componentes eletrónicos, podendo-o degradar ou, em situações extremas, causar a destruição dos mesmos.

Os produtos eletrônicos possuem um papel fundamental na constituição deste produto, por isso é fundamental projetar a produção em prol de uma manutenção das características destes componentes. Deste modo, a montagem deste produto é realizada numa área produtiva específica, caracterizada por um conjunto de normas de funcionamento próprias necessárias a ser cumpridas, com a finalidade de manter todos os intervenientes na área produtiva com a mesmo potencial elétrico, prevenindo as descargas electrostáticas.

Uma pessoa, quando caminha ou quando se movimenta sobre um corpo, por exemplo uma cadeira, é capaz de acumular eletricidade estática no seu corpo. Um simples contacto entre o corpo e um dispositivo sensível a ESD, pode causar riscos de danificar um componente. Desse modo, existe uma série de controlos necessários para manutenção de limpeza da área, desde equipamento obrigatório a utilizar por todos os colaboradores que exerçam trabalhos neste tipo de espaço, à realização do controlo à entrada da área ESD. Todas estas normas surgem no sentido de prevenir a área da entrada de agentes contaminadores. No que se refere aos colaboradores é obrigatória a utilização dos seguintes equipamentos de proteção individual (EPI) (Figura 3.6):

- umas botas ESD (A);
- luvas ESD (B);
- óculos de proteção (C);
- uma bata ESD (D).



Figura 3.6. EPI's da área ESD

Para além de todos os EPI's necessários a utilizar pelos colaboradores, a fábrica possui um mecanismo de controlo de torniquetes à entrada da área ESD, com o intuito de inibir a passagem de colaboradores que não cumpram condições de entrada para a produção (Figura 3.7). Estes sistemas são constituídos por circuitos eletrónicos sofisticados que medem a resistência em cada pé, quando estes são colocados sobre a placa de teste,

localizada no tapete constituente do torniquete. Os torniquetes são calibrados pela fábrica e, sempre que um colaborador não cumpra as normas de calibração, este é impedido de ter acesso à área produtiva.



Figura 3.7. Sistemas de torniquetes: Área ESD

A constituição dos materiais que auxiliam a área produtiva, também possui um papel importante para o bom funcionamento da produção. Existem materiais, cujas características lhes confere uma maior capacidade de gerar campos electrostáticos. Um dos casos mais críticos é o caso dos materiais que constituem as embalagens, essencialmente o cartão. O cartão confere uma baixa resistência abrasiva que, conseqüentemente, pode originar perda de partículas, funcionando como agentes de contaminação. O contacto direto entre este, e um componente sensível a ESD, pode causar danos e destruição do mesmo. Deste modo, o cartão é um componente que não deve estar presente na área ESD, já que põe em causa a configuração eletrónica dos produtos.

Para concluir, todos estes conceitos devem ser cumpridos à regra, para que se usufrua de uma área de produção limpa, e se reduza a probabilidade de danos de produtos. Caso não sejam cumpridos, a probabilidade de se traduzir num alto risco de contaminação é bastante elevada.

3.3.6. Embalamento primário de matérias-primas

A *BorgWarner* Viana do Castelo adquire um papel de cliente, quando interage com diversos fornecedores. A relação entre estas entidades traduz-se na aquisição de matérias-primas por parte de cliente e a produção por parte do fornecedor. As matérias-primas necessitam de ser enviadas para o cliente de modo flexível e seguro, por isso, estas são devidamente embaladas. A função principal das embalagens é o transporte de

componentes, conferindo os níveis de proteção necessários. Estas embalagens podem ser descartáveis, essencialmente de cartão ou retornáveis, compostas por um material mais rígido. Neste trabalho apenas estão presentes embalagens de conteúdo descartável.

Comparando estes dois métodos de embalamento, as principais diferenças estão na sua composição e no seu ciclo de vida. As embalagens retornáveis são compostas por um material mais rígido, normalmente plástico, enquanto as embalagens descartáveis são compostas por um material menos rígido, habitualmente o cartão. Em questões relativas ao ciclo de vida, o recipiente retornável confere um ciclo de vida superior em relação ao recipiente descartável.

No projeto onde é desenvolvida a dissertação, após consulta e análise de todas as gamas de embalagem (ANEXO A), verificou-se que os componentes eram transportados segundo embalagens de conteúdo descartável. Assim, os tipos gamas de embalagem presentes nos componentes constituintes do *heater*, são:

- Embalagens de cartão revestidas com um saco ESD;
- Embalagens de cartão com separadores de cartão ESD.

A utilização de separadores ESD, assim como, sacos envolventes ESD, funcionam como proteção do contacto direto das matérias-primas com o cartão predominante nas embalagens. Dessa forma é minimizada a passagem de partículas constituintes do cartão, para os componentes.

3.4. Análise da situação atual

No contexto atual, a área ESD 2 não se encontra em funcionamento em série já que, as linhas de produção constituintes ainda se encontram a ser transferidas e instaladas, no entanto, a fábrica disponibiliza da área ESD 1 em funcionamento. Desse modo, nesta secção, será abordada parte da logística interna existente na empresa, essencialmente as etapas realizadas pelos materiais, desde que chegam à fábrica até serem introduzidas nas suas áreas de consumo.

Um material, quando chega à fábrica, passa por várias etapas de *stock*, identificação e transformação até que volta a sair da fábrica como parte de um produto final. Utilizando a legenda atribuída ao *layout* do armazém, serão explicadas todas as etapas realizadas pelas matérias-primas no sistema atual.

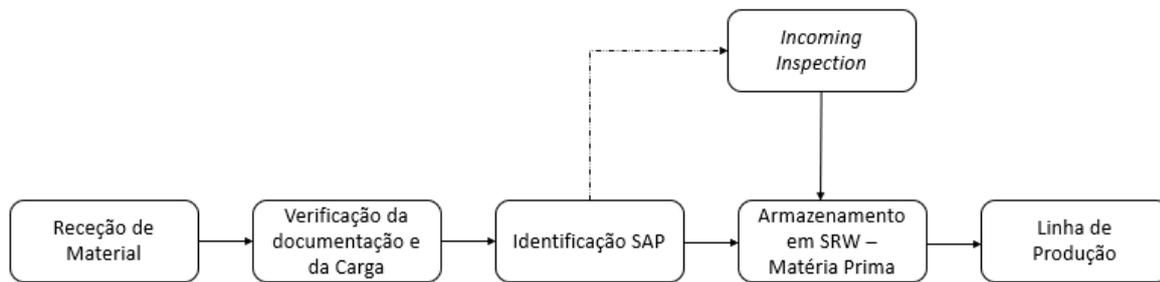


Figura 3.8. Sequência operacional entre Recepção de material – Linha de produção

Utilizando como suporte a figura 3.8, inicialmente, os materiais chegam ao cais do armazém geral da fábrica onde é realizada uma verificação de toda a documentação, assim como, da integridade e quantidade da carga. Caso estes dois tópicos estejam em conformidade, o material é descarregado e armazenado em TAW, onde é identificado em sistema. O sistema utilizado para controlo e gestão é o SAP, que em português significa Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados. À medida que os componentes são inseridos em sistema informático é impressa uma etiqueta de identificação, que será colocada na respetiva embalagem.

Em seguida, os materiais que necessitam de uma avaliação detalhada são sujeitos a uma inspeção por parte dos responsáveis da equipa da qualidade, designada por equipa de *Incoming Inspection*, enquanto que os materiais livres desta inspeção, são imediatamente transportados para SRW Matéria – Prima. Esta equipa é responsável por analisar possíveis problemas de componentes oriundos de fornecedor, que podem pôr em risco a qualidade do produto final. Dada a inspeção por parte da equipa, é realizada uma validação, onde é efetuado um carimbo com o intuito de diferenciar o material que já foi inspecionado, do material dependente de inspeção. O passo seguinte prende-se com o transporte e armazenamento das matérias-primas em SRW Matéria-Prima. Assim, as matérias-primas permanecem armazenadas até que surja uma necessidade nas linhas de produção.

A etapa seguinte de movimentação de material surge quando é realizado um pedido por parte da linha de produção. As solicitações de material são efetuadas com recurso a cartões *Kanban*. O abastecimento das linhas de produção é realizado com recurso ao comboio logístico e às suas rotas pré-definidas. Desse modo, sempre que um material é solicitado, o operador do comboio logístico dirige-se ao armazém para abastecer o comboio com os componentes predominantes no pedido, realizando assim o processo de *picking*.

Recolhidas todas as matérias-primas para as carruagens do comboio, estas são transportadas para as áreas de consumo, mais concretamente para o bordo de linha. Consumido o total dos componentes transportados pela embalagem, esta fica vazia, e é depositada no contentor localizado junto à linha de produção. Quando este se encontra cheio, o operador logístico é responsável por colocar um contentor vazio e, posteriormente, transportar o contentor cheio para a zona da fábrica destinada para reciclagem.

No sistema de funcionamento atual da fábrica, mais concretamente da área ESD 1, predominam embalagens de plástico e de cartão, não existindo qualquer tipo de controlo relativamente às embalagens destinadas ao bordo de linha.

3.5. Descrição do problema

Tal como foi referido na secção 3.4, não existe qualquer tipo de controlo relacionado com o tipo de embalagem a auxiliar a área produtiva, ou seja, as matérias-primas são depositadas no bordo de linha consoante são envidas pelo fornecedor. A inserção em novos mercados e, conseqüente aquisição de novos clientes, originaram novas exigências que necessitam de ser cumpridas à regra. Desta forma, tornou-se numa norma de funcionamento da nova área produtiva, a área ESD 2, o cumprimento de todos os requisitos mencionados na secção 3.3.5, desde equipamentos de colaboradores, a controlos nas entradas deste espaço, finalizando com a inibição de materiais suscetíveis ao transporte de agentes contaminadores para a área produtiva.

Na secção 3.3.6, foi abordado o tema relacionado com o embalamento primário das matérias-primas constituintes do produto onde foi desenvolvido este trabalho, onde apenas predominava o cartão como constituinte da embalagem. Segundo as novas normas impostas pelo cliente, aliadas com as normas impostas pela empresa para adoção de uma área limpa, os componentes não podem ser introduzidos nos bordos de linha a partir do seu embalamento primário. A solução ideal incidiria sobre um acordo entre a empresa e o fornecedor, baseado na mudança do tipo de embalamento primário, para uma embalagem ESD. No entanto, sendo os fornecedores maioritariamente de origem asiática, esta opção torna-se descartada devido à complexidade de adoção em termos logísticos e dos custos que acarreta. Desta forma, a solução apropriada para este caso de estudo centra-se na criação de

uma operação de reembalamento, onde as matérias-primas são retiradas da sua embalagem primária e colocadas numa embalagem ESD, própria para o abastecimento da área ESD 2.

O reembalamento é um processo que não acrescenta valor ao produto por isso, todas as atividades que serão atribuídas a este, devem ser projetadas no sentido de minimizar os desperdícios e minimizar todos os custos nele associados. Dessa forma será projetada uma linha de reembalamento, funcionando em fluxo contínuo com a linha de produção, minimizando os excessos de inventário nos bordos de linha, ou os tempos de espera por falta de componentes.

Assim, para a projeção da linha de reembalamento, em primeiro lugar é fundamental abordar questões físicas relacionadas com as alterações do *layout* do armazém e com a criação do *layout* do posto de trabalho e da linha, tendo em consideração a minimização das movimentações do operador. Em seguida é fulcral definir tarefas a realizar no posto de trabalho, para que o reembalamento seja efetuado.

Para além do que foi referido anteriormente, é fundamental verificar se a projeção da linha é capaz de suportar a linha de produção, de forma contínua. Assim, é imprescindível desenvolver uma metodologia para balancear a linha de reembalamento, com o intuito de alcançar a quantidade de postos de trabalho necessária para suportar a procura durante o tempo de vida do produto.

Resumidamente, as tarefas delineadas a ser desenvolvidas para a resolução do problema são:

- Alteração do *layout* do armazém;
- Criação do *layout* para o posto de trabalho e linha de reembalamento;
- Definir fluxos de matérias-primas e de informação;
- Definição das tarefas a realizar na operação;
- Balancear a linha de produção:
 - Análise da procura;
 - Cálculo de tempo de ciclo;
 - Análise de resultados;
- Definir a configuração da linha de reembalamento para os diferentes anos de produção do *heater*;
- Definir um mecanismo de abastecimento eficaz à linha de produção;
- Apresentar ações de implementação e melhoria.

4. DEFINIÇÃO DA OPERAÇÃO DE REEMBALAMENTO

Neste capítulo será apresentada a proposta para a realização do processo de reembalamento em que, primeiramente será apresentada a abordagem metodológica utilizada para a definição da operação e, em seguida, a aplicação da mesma.

4.1. Abordagem metodológica

O principal objetivo do desenvolvimento deste projeto de dissertação consiste na criação de um processo de reembalamento. Por este não existir na empresa, o processo terá de ser projetado de raiz. O tempo de produção do *heater* está projetado para quatro anos (2022, 2023, 2024 e 2025). Por isso, é necessário configurar a linha de reembalamento para os anos de produção esperados. Assim, considera-se pertinente introduzir a operação abordando as alterações físicas na estrutura da fábrica

Deste modo, inicialmente vai ser definida a zona mais apropriada para o reembalamento, juntamente com o *layout* da linha e do posto de trabalho. Posteriormente irá definir-se as tarefas a realizar no posto de trabalho projetado, assim como, os fluxos de informação e de material.

O funcionamento em fluxo contínuo permite operar no sentido de eliminar desperdícios relacionados não só, devido ao excesso de inventário como também, devido aos tempos de espera por falta de componentes. Para a adoção deste funcionamento é fundamental que as operações a montante e a jusante operem segundo tempos de ciclo normalizados. Assim, devido ao aumento da procura ao longo dos anos, será efetuado um balanceamento de linha de reembalamento, para que esta possua a devida capacidade de abastecimento da linha de produção. Este balanceamento terá como objetivo o cálculo do tempo de ciclo de preparação de um pedido realizado pelo comboio logístico ($t_{c,ped}$), onde este não poderá exceder o tempo de rota (t_{rota}) pois, caso contrário, haverá materiais que não poderão ser introduzidos na produção atempadamente.

Desta forma, para alcançar os valores de $t_{c,ped}$, foram considerados os seguintes parâmetros necessários:

- Procura de componentes, em embalagens, por rota do comboio logístico;
- Tempo de reembalamento de uma embalagem (t_{Reemb});
- Tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$);
- Tempo de realização da operação para cada referência (t_{Ref});
- Tempo de realização de outras operações intervenientes no processo ($t_{picking}$ e t_{desloc});

Desta forma, será elaborada uma análise da procura de embalagens de componentes por rota do comboio logístico, com a finalidade de obter uma noção mais ampla da quantidade de embalagens solicitadas por pedido, de cada referência. Posteriormente, serão definidos os valores temporais de cada uma das tarefas definidas anteriormente, com o objetivo de calcular o tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$) para cada referência. Este cálculo será efetuado para uma configuração de linha com um, dois, três e quatro postos de trabalho, para que seja facilitada a escolha da configuração no final da análise.

Mediante a variação da procura, o número de embalagens solicitadas por rota será diferente para os respetivos anos. Desse modo, será calculado o tempo de realização da operação para cada referência (t_{Ref}), através do tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$) calculado anteriormente, dos valores de procura e do tempo despendido noutras operações realizadas sempre que um pedido é introduzido na linha de reembalamento ($t_{picking}$).

Seguidamente, através do tempo de realização da operação para cada referência será calculado o tempo de ciclo de preparação de um pedido ($t_{c,Ped}$), através do somatório destes, juntamente com a adição de outros tempos a considerar (t_{desloc}).

Por fim, consoante os resultados obtidos de tempo de ciclo por pedido para os diferentes anos de produção, com configurações de um, dois, três e quatro postos de trabalho, será escolhida a configuração ideal de funcionamento, durante o tempo de vida do produto. A configuração a adotar deverá ser a que possui o menor número de postos de trabalho, onde o tempo de ciclo de preparação de um pedido de matérias-primas não excede o tempo de rota do comboio logístico ($t_{rota} = 30 \text{ min}$), traduzida na seguinte equação (4.1):

$$t_{c,Ped} < t_{rota}. \quad (4.1)$$

4.1.1. Definição do novo *layout* do armazém

A primeira fase enumerada na abordagem metodológica consistia nas alterações físicas, nomeadamente alterações no *layout* do armazém e, também, a definição do *layout* do posto de trabalho. A escassez de espaço na área de armazenamento proporcionou um aumento da dificuldade na escolha da zona destinada à linha de reembalamento. No entanto, após uma análise de todos os casos possíveis, foi determinado o local mais indicado para realizar esta operação. Na figura 4.1 é possível observar as alterações efetuadas no *layout* do armazém.



Figura 4.1. Representação da alteração no *layout* do armazém

Perante a conclusão desta análise determinou-se que a zona mais apropriada para a realização do reembalamento das matérias-primas seria junto da receção de material, esta que teria que encurtar as suas dimensões. Esta decisão, deve-se exclusivamente ao facto de ser o único espaço disponível, que não interfere com outras operações decorrentes no armazém.

4.1.2. *Layout* da linha de reembalamento e fluxo de informação e material

Neste subcapítulo será definido o *layout* do posto de trabalho e da linha de reembalamento. O reembalamento consiste numa atividade logística que não acrescenta

valor ao produto, por isso, é fundamental que a sua projeção seja feita no sentido de evitar ao máximo os desperdícios. Assim, após definição de uma zona própria para efetuar a operação, é necessário formar uma configuração para a sua realização. Desse modo, foi elaborado um *layout* destinado à nova linha de reembalamento, tendo como suporte a metodologia *lean*, focado na realização do mínimo de movimentações possível por parte do operador (Figura 4.2).

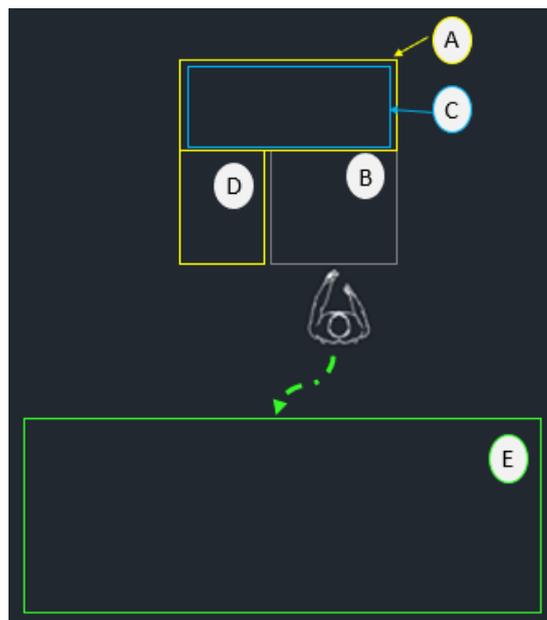


Figura 4.2. *Layout* da linha de reembalamento e posto de trabalho

O *layout* da linha é composto por um posto trabalho, constituído por uma estrutura formada por dois níveis, onde o primeiro nível é destinado para a receção de embalagens de material a reembalar (A) e, o segundo nível é destinado para armazenamento de embalagens ESD vazias (C). Também, na sua constituição encontra-se projetado um contentor para depositar o material resultante da embalagem primária de componentes (D) e uma bancada para a realização do reembalamento, na sua essência (B). Como forma de garantir um abastecimento eficaz da linha de produção foi adicionado um supermercado destinado a armazenamento de matérias-primas reembaladas (E). Assim, sempre que o operador efetuar a troca de componentes para a nova embalagem, este terá de posicioná-la na sua devida localização (E). O supermercado funcionará como um *buffer*, suportando a produção sempre que ocorrem variações na procura. Desta forma, é possível garantir abastecimento da linha de produção sempre que ocorrem problemas operacionais na linha

de reembalamento. O supermercado é um dos conceitos abordados na metodologia *lean*, que permite ao operador responsável por abastecer as linhas de produção, o operador do comboio logístico, um rápido acesso às matérias-primas, aumentando o seu desempenho operativo.

Relativamente ao posto de trabalho definido, foi retirado uma imagem ilustrativa existente num catálogo de uma empresa produtora de novas soluções para postos de trabalho *lean*, a *FlowTube*, que possui a mesma base da estrutura idealizada para este caso de estudo. Na figura 4.3 encontra-se representado o posto de trabalho.



Figura 4.3. Exemplo de um posto de trabalho para a linha de reembalamento (*FlowTube*)

Como se pode observar pela figura 4.3, este posto de trabalho é composto por três níveis para entrada de material, onde o nível inferior seria projetado para a entrada de produto a reembalar, e os níveis acima reservados ao armazenamento e entrada de embalagens ESD. Este exemplo é também composto por uma estrutura para a realização da operação, a bancada, ao mesmo nível da entrada de produto a reembalar. Assim, o operador disponibiliza de todo o material necessário à operação próximo da sua posição, sendo evitadas movimentações desnecessárias. Com isso, é possível obter baixos tempos de ciclo, garantindo elevados índices de desempenho. Neste *layout* definido, o colaborador apenas necessita de se movimentar para colocar a embalagem ESD no supermercado de abastecimento à linha de produção.

Em termos de fluxo, sempre que um material chegar às instalações irá passar por algumas etapas, até chegar à linha de produção. Na figura 4.4 está presente o esquema com

todas as operações realizadas sobre as matérias-primas desde a receção de material até à linha de produção.

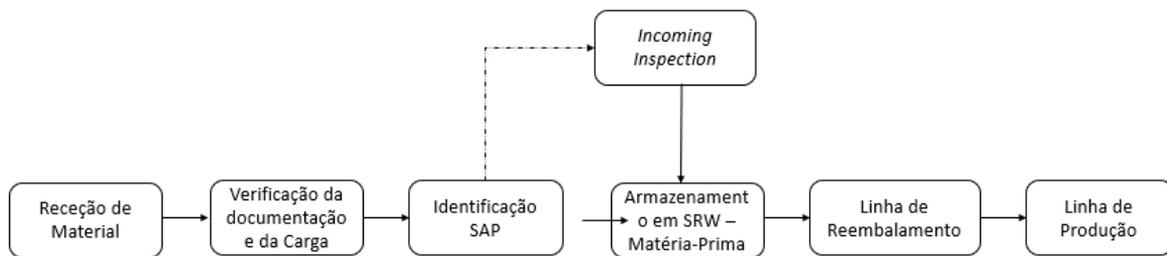
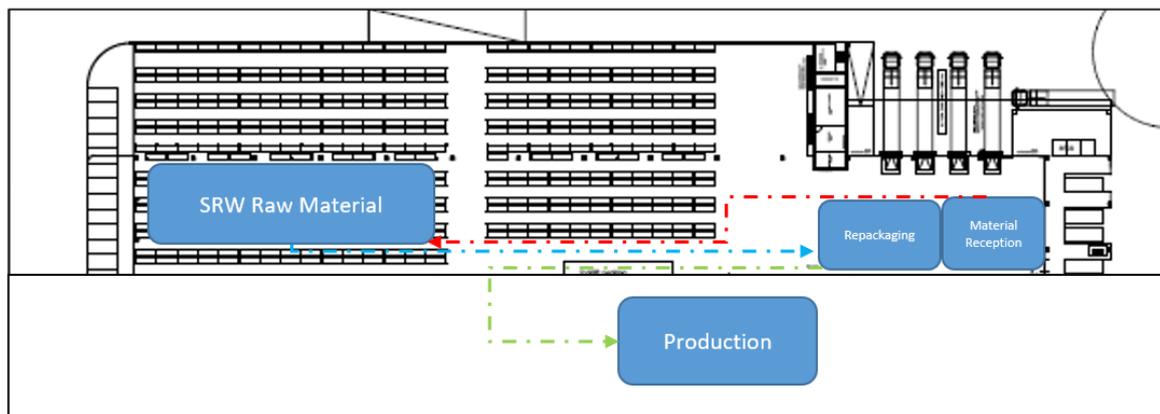


Figura 4.4. Sequência operacional entre Receção de material - Linha de produção

A sequência operacional abordada anteriormente (Figura 3.8) sofrerá alterações com a inserção de uma nova operação (Figura 4.4). Análogo à situação exposta na secção 3.4, as operações permanecem inalteradas até ao armazenamento em SRW Matéria – Prima. A operação de reembalamento posiciona-se entre o armazenamento e a linha de produção, funcionando em fluxo contínuo com a linha de produção, operando segundo as suas solicitações de componentes (abordagem *Pull*). Na figura 4.5 encontra-se o percurso que será realizado pelas matérias-primas, na fábrica, desde a sua receção até ao seu consumo.



- - - - - Material Reception - SRW Raw Material
- - - - - SRW Raw Material - Repackaging
- - - - - Repackaging - Production

Figura 4.5. Esquema representativo do fluxo interno das matérias-primas

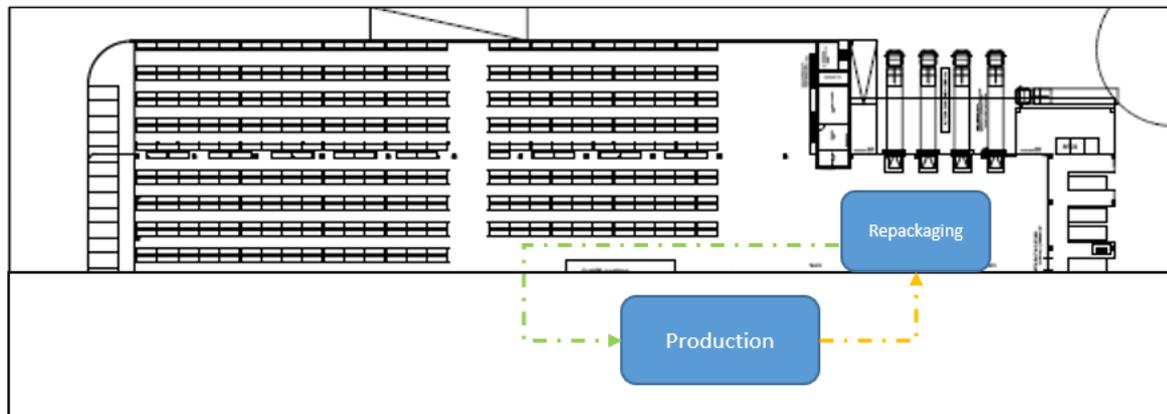
Utilizando as figuras 4.4 e 4.5 para descrever as movimentações efetuadas por parte dos materiais, o processo inicia-se com a descarga dos componentes no cais. Em

seguida, os materiais são transportados para TAW, onde são identificados com etiqueta SAP e registados em sistema informático. Os materiais que necessitarem de inspeção antes de serem armazenados, serão sujeitos a essa operação por parte da equipa de *Incoming Inspection*. Seguidamente, os materiais são alocados nas estantes reservadas a matérias-primas (SRW Matéria – Prima), onde ficarão armazenados até uma solicitação na linha de produção. As solicitações de matérias-primas são realizadas com recurso aos cartões *kanban*. Deste modo, quando existe um pedido da linha de produção, o operador do comboio logístico pega nesses cartões *kanban* com o pedido, recolhe no supermercado as matérias-primas já reembaladas, coloca os cartões na linha de reembalamento e, posteriormente, transporta-as para a linha de produção.

Nesta fase, um operador de armazém, responsável pelo *picking* no armazém, recolhe os cartões e dirige-se a SRW Matéria – Prima para proceder à atividade de *picking*. Com a atividade de *picking* de todos os materiais predominantes no pedido realizada, estes são transportados para a linha de reembalamento, para a rampa reservada para receção de material a reembalar. Após o posicionamento na rampa, irá dar-se início à operação de reembalamento, onde esta terminará novamente com o posicionamento do material no supermercado de abastecimento à linha de produção, criando assim o *stock* mínimo necessário de forma a evitar eventuais roturas ou paragens da linha de produção. Importa salientar que se assumiu que as solicitações de matéria-prima são sempre efetuadas no mesmo período temporal (30 min), variando apenas, de ano para ano, a quantidade de embalagens consoante a sua procura.

Externo à linha de reembalamento, os componentes reembalados serão transportados para a área de consumo, com recurso ao comboio logístico e às suas rotas. Este funciona, segundo rotas periódicas de 30 min. O colaborador logístico será responsável, não só, por posicionar as embalagens nos respetivos bordos de linha, como também, verificar se existem embalagens ESD vazias para retornar ao posto de reembalamento, retirando os respetivos cartões *Kanban* para efetuar o reabastecimento de material e, posteriormente, realizar o posicionamento do pedido na linha de reembalamento. No posto de reembalamento, este terá de as posicionar no segundo nível destinado ao armazenamento deste material (C) e devolver os cartões *kanban* das respetivas embalagens devolvidas. Na figura 4.6 está presente o esquema representativo do fluxo de embalagens ESD ao longo

das várias etapas do sistema produtivo. Estas apenas se movimentam da linha de reembalamento até à linha de produção e vice-versa.



- Repackaging - Production
- Production - Repackaging

Figura 4.6. Esquema representativo do fluxo de embalagens ESD

4.1.3. Definição de tarefas para o posto de trabalho de reembalamento

Desenvolvidos os *layouts* e seguindo a abordagem metodológica, o passo seguinte prendeu-se na definição de tarefas necessárias para a realização da operação de reembalamento. Esta definição foi projetada segundo o *layout* delineado na secção 4.1.2. Desse modo, serão inumeradas as tarefas básicas e fundamentais para a realização da operação com a ajuda da legenda utilizada na figura 4.2, sendo elas:

- Pegar numa embalagem de produto a reembalar (A);
- Posicionar na bancada de reembalamento (B);
- Pegar numa embalagem ESD (C);
- Posicionar a embalagem ESD na bancada de reembalamento (B);
- Fazer a leitura da etiqueta SAP do material (B);
- Imprimir nova etiqueta e colocar o *Kanban* na embalagem ESD (B);
- Colocar a nova etiqueta (B);
- Abrir a embalagem primária do componente (B);
- Reembalar os componentes para a embalagem ESD (B);

- Posicionar a embalagem de produto reembalado na zona destinada a matéria-prima pronta (E);
- Colocar embalagem primária no contentor de reciclagem (D).

Descrevendo a operação, o operador em primeiro lugar, pega numa embalagem de produto a reembalar posicionada em (A), e coloca-a na bancada de reembalamento (B). Na bancada, o operador, primeiramente, pega numa embalagem ESD vazia posicionada em (C), e coloca-a na bancada. Ainda em (B), realiza a leitura da etiqueta SAP identificadora do material e imprime a nova etiqueta, para colocar na nova embalagem. Enquanto a nova etiqueta de rastreabilidade é impressa, o operador da linha de reembalamento necessita de esperar que esta operação termine, já que depende do tempo de funcionamento da máquina. Assim, no tempo de espera gerado pela máquina, o operador da linha de reembalamento posiciona o cartão *Kanban* destinado à embalagem ESD de produto reembalado. Após colocar a etiqueta e o respetivo cartão *Kanban* destinados ao material reembalado, o operador dá início ao reembalamento, começando por abrir a embalagem primária de componentes e, posteriormente, efetuar a troca de matérias-primas para a embalagem ESD. Finalmente, após transferir todas as peças para a embalagem ESD, o operador posiciona-a no supermercado de abastecimento da linha de produção. Assim, no supermercado, as embalagens ESD são constituídas pelos respetivos componentes, pela etiqueta identificadora SAP e pelo cartão *Kanban*. Deste modo, sempre que o operador do comboio logístico recolhe as caixas vazias da linha de produção, recolhe também os cartões *Kanban* das respetivas caixas vazias, transmitindo desta forma a informação acerca do material que é necessário preparar à linha de reembalamento.

4.1.4. Análise da procura de matérias-primas

Neste subcapítulo será elaborada a primeira etapa do método de balanceamento da linha de reembalamento. A primeira etapa considerou-se que seria a análise da procura de matérias-primas, nos diferentes anos, do tempo de produção do *heater*. Para dar início à sua realização, é necessário ter acesso aos dados relativos ao volume de vendas previstos para os próximos anos, a quantidade consumida de determinado componente por peça final, a quantidade de matérias-primas transportadas por embalagem, finalizando com o tempo disponível de produção. Na tabela 4.1, estão disponibilizados os valores de vendas nos diferentes anos de produção do *heater*.

Tabela 4.1. Volume de vendas anual

	Ano			
	2022	2023	2024	2025
Vendas (Peças)	5500	177000	266500	266500

Analisando a tabela 4.1, é possível verificar que inicialmente, no ano de 2022, o valor de procura é de 5500 peças por ano, aumentando drasticamente no ano de 2023 para um valor de 177000 peças por ano. O pico da procura será no ano de 2024 e 2025 onde os valores de atingem o nível máximo de 266 500 peças por ano. Devido a estes resultados, a produção funcionará com apenas um turno no primeiro ano e com três turnos para os anos seguintes.

Estes valores de procura dizem respeito à peça final, no entanto, os valores requeridos estão relacionados com as matérias-primas constituintes do *heater*. Assim, o cálculo seguinte direccionou-se para a procura de componentes por ano. Para se obterem os valores de procura em matérias-primas foi necessário ter acesso à informação da quantidade consumida de cada componente por peça final. O documento que disponibiliza essa informação designa-se por BOM (*Bill of material*). Com o auxílio da BOM (Apêndice A), juntamente com os dados da tabela 4.1, foram obtidos os valores de procura de componentes por ano, aplicando a equação (4.2):

$$Procura\ anual = Volume\ de\ vendas \times Quantidade\ consumida\ por\ peça \quad (4.2)$$

Trabalhando agora com o foco nas matérias-primas, a próxima fase centrou-se no cálculo da procura, mas, em vez de ser na unidade de peças, obter-se os valores em número de embalagens. A principal razão para realização deste cálculo deve-se ao facto da operação de reembalamento ser um processo de troca da embalagem primária para uma embalagem ESD, por isso, é fundamental que os dados estejam nas mesmas unidades.

Para a realização deste cálculo, foi imprescindível a informação de embalagem primária de cada um dos componentes. A informação de embalagem de cada matéria-prima encontra-se disponibilizada num documento, designado por gamas de embalagem. No Anexo A, está disponibilizado um exemplo de gama de embalagem de um componente da *BorgWarner* Viana do Castelo. Assim, através da recolha e análise de todos estes

documentos, foi efetuada uma tabela síntese com a informação de quantidades de matéria-prima por embalagem e por palete (Apêndice B). Deste modo, com os dados resultantes do cálculo anterior, aplicando a equação (4.3), foram obtidos os dados de procura anual em número de embalagem:

$$Procura\ anual\ (emb.) = \frac{Procura\ (peças)}{Quantidade\ de\ peças\ por\ embalagem} \quad (4.3)$$

No sentido de aprofundar a análise da procura até aos dados que são necessários para a definição do processo, foi efetuado o cálculo da procura de matérias-primas por dia, em número de embalagens. Assim, através da procura anual e do número de dias úteis por ano, foram obtidos os dados de procura diária. Na tabela 4.2 está disponibilizado o número de dias úteis em cada ano.

Tabela 4.2. Dias úteis anuais

Ano	Dias úteis
2022	251
2023	250
2024	253
2025	251

Dessa forma, foram obtidos os resultados através da aplicação da equação (4.4):

$$Procura\ diária\ (emb.) = \frac{Procura\ anual\ (emb.)}{Dias\ úteis} \quad (4.4)$$

O passo seguinte, baseou-se no cálculo da procura por hora. Para isso, aos dados obtidos pela aplicação da equação 4.3, foi necessário considerar o tempo disponível de produção por dia. Para o cálculo do tempo disponível de produção, foi imprescindível o número de turnos a operar e o tempo disponível por turno. Na tabela 4.3, estão disponíveis os valores de tempo disponível de produção por turno.

Tabela 4.3. Tempo disponível de produção por turno

Número de Turnos	Horas	Minutos	Segundos
1	7,5	450	27000
2	15	900	54000
3	22,5	1350	81000

Assim, mediante o número de turnos associados a cada ano, foram obtidos os valores de procura por hora, aplicando a equação (4.5):

$$Procura (emb./h) = \frac{Procura\ diária\ (emb.)}{Tempo\ disponível\ de\ produção\ por\ dia\ (h)} \quad (4.5)$$

Para finalizar, como o balanceamento da linha de reembalamento requer a procura por rota do comboio logístico, foi aplicada a equação (4.6), aos dados obtidos no cálculo anterior:

$$Procura\ (emb./rota) = Procura\ (emb./h) \times 0.5, \quad (4.6)$$

onde 0.5 represente o tempo de cada rota do comboio logístico (30 min). Deste modo, foi obtido o valor de procura desejado para efetuar o balanceamento da linha de reembalamento. As matérias-primas cuja embalagem possuía uma autonomia superior a um dia de produção, foram descartadas desta análise, uma vez que, o abastecimento destas às linhas de produção será realizado no final do turno. No ano de 2022 como os valores de procura são bastante baixos em relação aos prósperos anos, não chegando a uma unidade por rota, considerou-se para as referências que consumiam mais do que uma embalagem por dia, que a procura por rota seria de uma unidade. No apêndice C encontram-se todos os valores calculados nesta secção. Deste modo, foram obtidos os seguintes resultados para a procura por rota do comboio logístico (Tabela 4.4):

Tabela 4.4. Procura de embalagens de matérias-primas por volta

Referência	Procura (embalagens) / rota			
	2022	2023	2024	2025
E1XXXX55628C0	1	1	2	2
E1XXXX51746B0	-	1	1	1
E1XXXX52884A0	-	1	1	1
E2XXXX56339B0	-	1	1	1
E2XXXX59306A0	1	2	2	2
E2XXXX59305A0	-	1	1	1
E2XXXX56341B0	1	2	2	2
E2XXXX56342B0	-	1	1	1
E2XXXX57475B0	-	1	1	1
E2XXXX56987B0	-	1	1	1
E1XXXX56125C0	-	-	1	1
E1XXXX56126A0	1	3	4	4
E2XXXX55339B0	1	1	2	2
E2XXXX55332A0	-	1	1	1
E2XXXX55574B0	-	1	1	1

E2XXXX55349A0	-	1	1	1
E2XXXX54612A0	-	1	1	1
E1XXXX55348A0	-	1	1	1
E1XXXX55630C0	1	1	2	2
E2XXXX55344B0	-	1	1	1
E2XXXX55342A0	-	1	1	1
E9XXXX58447B0	-	1	1	1
E1XXXX55003B0	-	1	1	1
E1XXXX57480B0	-	1	1	1

4.1.5. Cálculo do tempo de ciclo de preparação de um pedido

Anteriormente, na abordagem metodológica, foi definido que seria necessário calcular o valor de tempo de ciclo de preparação de um pedido ($t_{c,ped}$). No entanto, havia um conjunto de parâmetros imprescindíveis a calcular em primeiro lugar, para a obtenção do $t_{c,ped}$. Desse modo, foi necessário calcular o tempo que demoraria a reembalar uma embalagem de determinada referência (t_{Reemb}). As matérias-primas não possuem características físicas e gamas de embalagens iguais e, por isso, o tempo de reembalamento será diferente para todos os componentes.

Assim, em primeiro lugar foi efetuada uma medição do tempo que demoraria efetuar a troca de todos os componentes da embalagem primária para uma embalagem ESD (Apêndice D), t_{Reemb} , para todas as referências. Em seguida, para obter os valores tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$) foi necessário contabilizar as restantes tarefas, definidas anteriormente, a realizar no posto de trabalho. Assim, para o cálculo do tempo de ciclo no posto de trabalho, os valores temporais das restantes tarefas foram considerados iguais para todos as matérias-primas, diferindo unicamente o valor do t_{Reemb} . (tabela 4.5).

Tabela 4.5. Tempos das restantes operações

Operação	T Operador (seg)	T Máquina (seg)	T Deslocamento (seg)
Pegar numa embalagem de produto a reembalar	2	-	-
Posicionar na bancada de reembalamento	2	-	-
Pegar numa embalagem ESD	2	-	-
Posicionar a embalagem ESD na bancada de reembalamento	2	-	-
Fazer a leitura SAP do material	2	-	-
Imprimir a nova etiqueta e colocar o cartão Kanban	-	5	-
Colocar a nova etiqueta na nova embalagem	5	-	-
Abrir a embalagem primária	5	-	-
Reembalar os componentes para a nova embalagem	X	-	-
Posicionar a embalagem ESD de produto reembalado no supermercado	2	-	8
Colocar embalagem primária no contentor	2	-	-

Para alcançar o valor do tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$), foi desenvolvido um método de cálculo, na ferramenta *Excel*, que a partir valores temporais associados ao conjunto de tarefas e da sua sequência operacional, gera o tempo de ciclo do posto de trabalho de uma referência ($t_{c,PT}$), (figuras 4.7 e 4.8). Em termos de funcionamento deste ficheiro neste método, em primeiro lugar são colocadas todas as tarefas que serão realizadas no posto de trabalho. Seguidamente, é colocado o *takt time* requerido de determinada operação que pretendemos avaliar. Neste sistema, existem três colunas associadas à atribuição de valores temporais, onde a primeira está relacionada com os casos de tempo realizado pelo operador em trabalho manual (T Operador), a segunda associada ao tempo que uma máquina demora a realizar um ciclo (T Máquina), finalizando com o tempo com deslocamentos por parte do operador (T deslocamentos). Em cada uma das tarefas é atribuído um valor temporal para cada uma das colunas. Os valores apresentados na figura abaixo são valores aleatórios utilizados apenas para exemplificar o funcionamento do ficheiro de cálculo do tempo de ciclo do posto de trabalho.

TACK TIME REQUERIDO: 60									
OP	Descrição	Tak Time	Tempo de ciclo	OP inicia no fim da OP:	T Operador	T Máquina	T Deslocamento	Offset	Acumulado
P1 POSTO DE REEMBALAMENTO									
TAK TIME P1		60							
T. Ciclo P1		51,2							
1.1	Pegar numa embalagem de produto a reembalar		1.0		2			0	2
1.2	Posicionar na bancada de reembalamento		1.1		2			2	4
1.3	Pegar numa embalagem ESD		1.2		2			4	6
1.4	Posicionar a embalagem ESD na bancada de reembalam		1.3		2			6	8
1.5	Fazer a leitura da etiqueta SAP do material		1.4		2			8	10
1.6	Imprimir a nova etiqueta e colocar o cartão Kanban		1.5			5		10	15
1.7	Colocar a nova etiqueta na nova embalagem		1.6		5			15	20
1.8	Abriu a embalagem primária		1.7		5			20	25
1.9	Reembalar os componentes para a nova embalagem		1.8		14,2			25	39,2
1.10	Posicionar embalagem de produto reembalado no superm		1.9		2		8	39,2	49,2
1.11	Colocar embalagem primária no contentor de reciclagem		1.10		2			49,2	51,2

Figura 4.7. Ficheiro de cálculo de tempo de ciclo do posto de trabalho

Ainda relativamente ao método de cálculo desenvolvido em *Excel*, existe uma coluna designada por “OP inicia no fim da OP.”, com a finalidade de mencionar a sequência operacional. Através dos dados atribuídos é gerado o tempo de “Offset” relacionado com o intervalo de tempo entre uma operação e a que a precede e, consecutivamente, é obtido o tempo “Acumulado” associado à soma de todos os parâmetros mencionados anteriormente. Deste modo, após o preenchimento de todos os campos, é gerado o tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$), originando um gráfico onde estão expostos todos os tempos inseridos, assim como, a diferença entre *takt time* e tempo de ciclo do posto de trabalho (Figura 4.8).

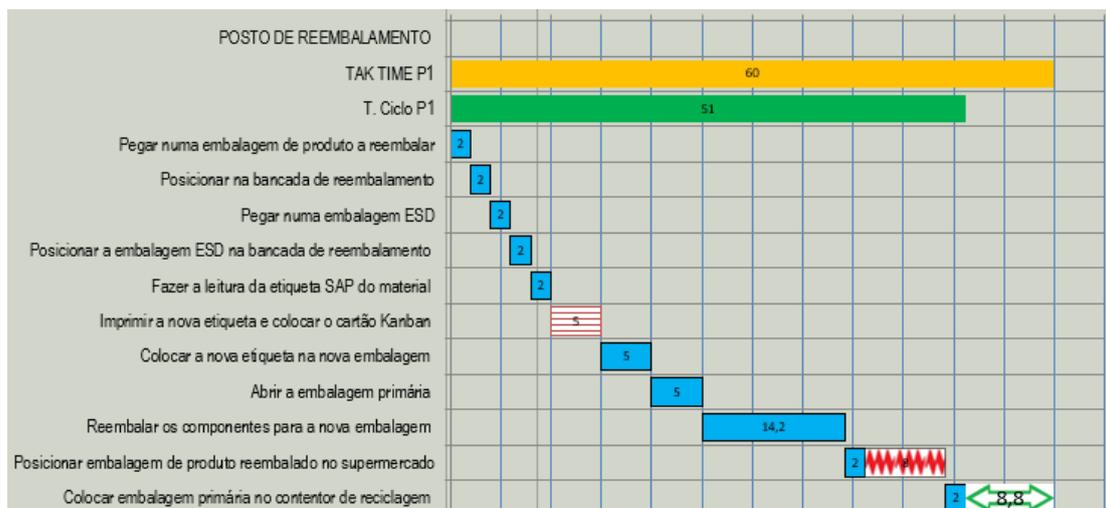


Figura 4.8. Gráfico gerado no ficheiro de cálculo do tempo de ciclo do posto de trabalho

Deste modo foi calculado o tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$), para uma configuração constituída por um posto de trabalho. Para as restantes configurações, o tempo de ciclo do posto de trabalho é obtido através do valor calculado anteriormente para um único posto, dividido pelo número de postos de trabalho existente na configuração. Por exemplo, se um colaborador efetuar o reembalamento de uma embalagem com um $t_{c,PT}$, dois operadores irão efetuar a operação em metade do tempo já que, operam sobre duas embalagens com o mesmo $t_{c,PT}$. A mesma metodologia foi utilizada para os restantes postos de trabalho. Assim, foram obtidos os resultados de $t_{c,PT}$ (tabela 4.6).

Tabela 4.6. Tempo de ciclo do posto de trabalho das diferentes matérias-primas

Referência	$t_{c,PT}$ 1 (1 Posto)	$t_{c,PT}$ 2 (2 Postos)	$t_{c,PT}$ 3 (3 Postos)	$t_{c,PT}$ 4 (4 Postos)
E1XXXX55628C0	108,8	54,4	36,3	27,2
E2XXXX55575B0	95,5	47,8	31,8	23,9
E1XXXX51746B0	134,2	67,1	44,7	33,6
E1XXXX52884A0	49,2	24,6	16,4	12,3
E2XXXX56339B0	77,1	38,6	25,7	19,3
E2XXXX59306A0	68,6	34,3	22,9	17,2
E2XXXX59305A0	67,8	33,9	22,6	17,0
E2XXXX56341B0	94,6	47,3	31,5	23,7
E2XXXX56342B0	119,2	59,6	39,7	29,8
E2XXXX57475B0	78,5	39,2	26,2	19,6
E2XXXX56987B0	78,5	39,3	26,2	19,6
E1XXXX56125C0	50,0	25,0	16,7	12,5
E1XXXX56126A0	100,6	50,3	33,5	25,1
E2XXXX55339B0	55,0	27,5	18,3	13,8
E2XXXX55332A0	60,0	30,0	20,0	15,0
E2XXXX55574B0	53,6	26,8	17,9	13,4
E2XXXX55349A0	112,9	56,4	37,6	28,2
E2XXXX54612A0	57,0	28,5	19,0	14,2
E1XXXX55348A0	59,2	29,6	19,7	14,8
E1XXXX55630C0	145,7	72,9	48,6	36,4
E1XXXX55631A0	48,7	24,4	16,2	12,2
E2XXXX55344B0	54,2	27,1	18,1	13,5
E1XXXX52883A0	51,7	25,8	17,2	12,9
E2XXXX55342A0	54,9	27,4	18,3	13,7
E1XXXX09952	55,9	27,9	18,6	14,0
E1XXXX33178A0	53,6	26,8	17,9	13,4
E9XXXX58447B0	67,6	33,8	22,5	16,9
E1XXXX55003B0	51,1	25,5	17,0	12,8
E1XXXX59565A0	53,0	26,5	17,7	13,2
E1XXXX59564A0	52,0	26,0	17,3	13,0
E1XXXX32691A0	50,4	25,2	16,8	12,6
E1XXXX57480B0	50,0	25,0	16,7	12,5

Analisando a tabela 4.6, os tempos de ciclo do posto de trabalho variam mediante a constituição de embalagem do componente, onde as matérias-primas que possuem no seu embalamento bandejas ou sacos ESD, conferem um tempo de ciclo do posto de trabalho mais baixo, ao contrário dos componentes cujo reembalamento necessita de ser realizado peça a peça. As matérias-primas correspondentes às referências E1XXXX55628C0, E1XXXX51746B0, E2XXXX56342B0, E2XXXX55349A0, E1XXXX55630C0, são os casos onde se verifica um elevado tempo de ciclo do posto de trabalho relacionado com o tipo de embalagem utilizado numa fase primária.

Em seguida, baseado no número de embalagens de cada referência, solicitadas por rota do comboio logístico, foram calculados os valores de tempo de realização da operação para cada referência (t_{Ref}), por pedido. Para o cálculo deste parâmetro, é necessário contabilizar outras operações intervenientes em todo o processo, como o tempo de *picking* de material em SRW Matéria –Prima ($t_{picking}$). Para a contabilização destes valores temporais do processo de *picking* foi definido um tempo máximo de 20 segundos por embalagem.

Deste modo, com os valores de procura por rota, em número de embalagens, com o tempo de ciclo do posto de trabalho ($t_{c,PT}$) e com o tempo de *picking* por embalagem ($t_{picking}$), obteve-se o tempo de realização da operação para cada referência (t_{Ref}). A equação (4.7) traduz o cálculo efetuado para obtenção do t_{Ref} ,

$$t_{Ref} = Procura\ por\ rota \times (t_{c,PT} + t_{picking}) \quad (4.7)$$

onde $t_{picking}$ representa o tempo de *picking* por embalagem.

Para chegar ao parâmetro definido no início da abordagem metodológica, o tempo de ciclo de preparação de um pedido ($t_{c,Ped}$), este valor foi obtido através do somatório entre os t_{Ref} , adicionando ainda o tempo com deslocamentos (t_{desloc}). Análogo ao caso do tempo de *picking*, o t_{desloc} foi definido para valores máximos de 500 segundos por pedido. Assim, o cálculo traduziu-se pela equação (4.8):

$$t_{c,Ped} = \sum t_{Ref} + t_{desloc} \quad (4.8)$$

O t_{Ref} e o t_c foram calculados em simultâneo, com recurso a uma tabela *Excel*. Para o cálculo do t_{Ref} , foram utilizados os valores da tabela 4.4, relativos à procura por rota, os valores da tabela 4.6 relativos ao tempo de ciclo dos postos de trabalho, finalizando com

os valores de tempo de *picking*. Com todos esses dados disponibilizados numa tabela *Excel*, foi aplicada a equação (4.7) e, conseqüentemente, foram gerados os resultados de t_{Ref} . Com os valores de t_{Ref} , obtém-se os valores de $t_{c,Ped}$ aplicando a equação (4.8). Nos apêndices E, F, G, H, estão disponíveis os valores de t_{Ref} e $t_{c,Ped}$ obtidos para os anos 2022, 2023, 2024 e 2025 respetivamente.

4.1.6. Análise de resultados

Através do cálculo dos $t_{c,Ped}$ para os quatro postos de trabalho e para os diferentes anos de análise, verificou-se que as configurações da linha de reembalamento vão diferir de ano para ano. Esta conclusão, de certa forma já era esperada, devido ao aumento verificado da procura entre os anos 2022 e 2023. Do ano de 2023 para 2024 a procura também aumenta, mas não de forma tão acentuada como o caso anterior. Na tabela 4.7 encontram-se os valores resultantes do cálculo do $t_{c,Ped}$ para configurações com diferentes números de postos de trabalho.

Tabela 4.7. Valores de $t_{c,Ped}$

N.º Postos de trabalho	$t_{c,Ped}$ (seg)			
	2022	2023	2024	2025
1	1194	3203	3763	3763
2	907	2122	2452	2452
3	812	1761	2015	2015
4	764	1582	1796	1796

Analisando a tabela e, confrontando estes valores com a condição necessária definida na metodologia (equação 4.1), a configuração da linha de reembalamento para os diferentes anos, é escolhida através do menor número de postos de trabalho possível que satisfaça a condição $t_{c,Ped} < t_{rota}$, onde $t_{rota} = 1800$ segundos (30 min). Assim, a linha de reembalamento, para funcionar em fluxo contínuo com a linha de produção e, conseqüentemente, não existirem roturas por falta de matérias-primas, terá que funcionar com um posto de trabalho para o ano de 2022, três postos de trabalho no ano de 2023, finalizando com 4 postos de trabalho no ano de 2024 e 2025. Na figura 4.9, estão representados os respetivos $t_{c,Ped}$ de cada ano em comparação com os t_{rota} .

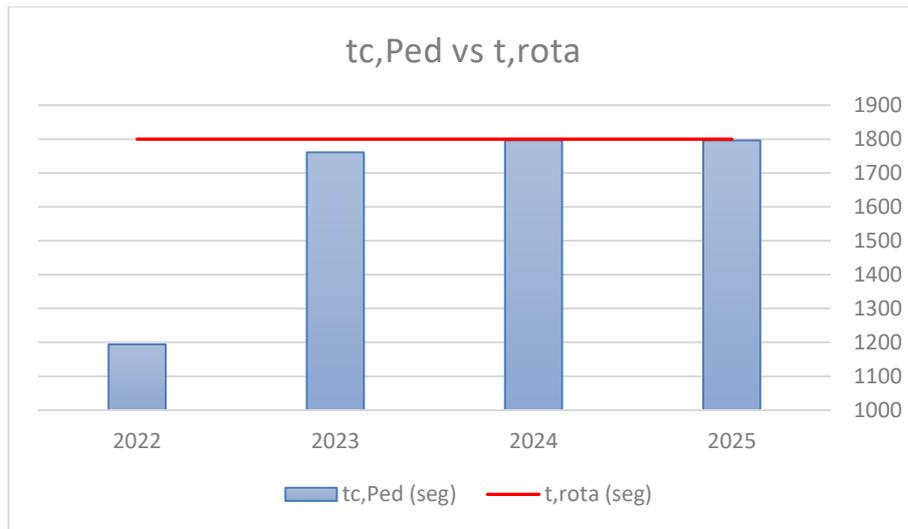


Figura 4.9. $t_{c,Ped}$ vs t_{rota}

Assim sendo, o *layout* da linha de reembalamento referente ao ano de 2022, irá necessitar apenas de um posto de trabalho, como está representado na secção 4.1.2. Para 2023, já será necessário operar com três postos de trabalho, por isso, foi necessário reconfigurar a linha de reembalamento, para permitir um aumento de capacidade. A reconfiguração foi suportada pela metodologia *lean*, no sentido de evitar sempre os excessos de movimentação dos operadores. Na figura 4.10, está presente a proposta de *layout* para o ano de 2023.

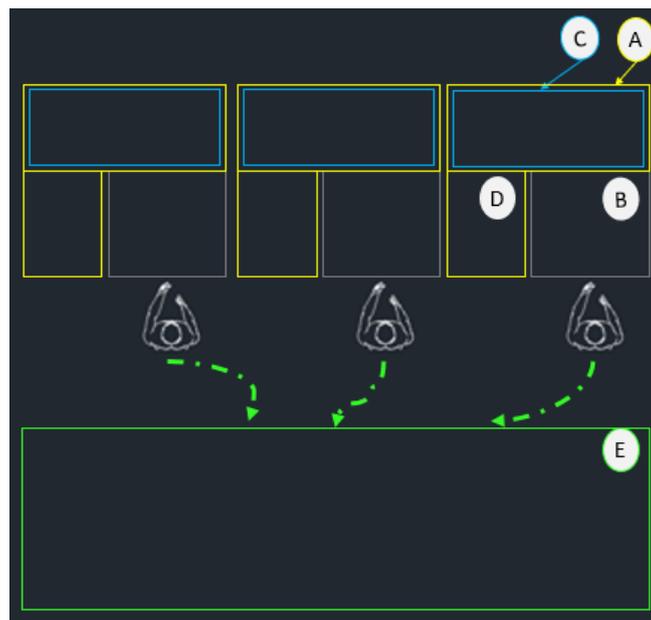


Figura 4.10. Layout a adotar em 2023

Segundo os resultados obtidos pela tabela 4.7, os anos de 2024 e 2025 terão que funcionar segundo uma configuração formada por quatro postos de trabalho (mais um que a configuração de 2023). Desse modo, foi definida a seguinte configuração para os anos 2024 e 2025 (Figura 4.10).

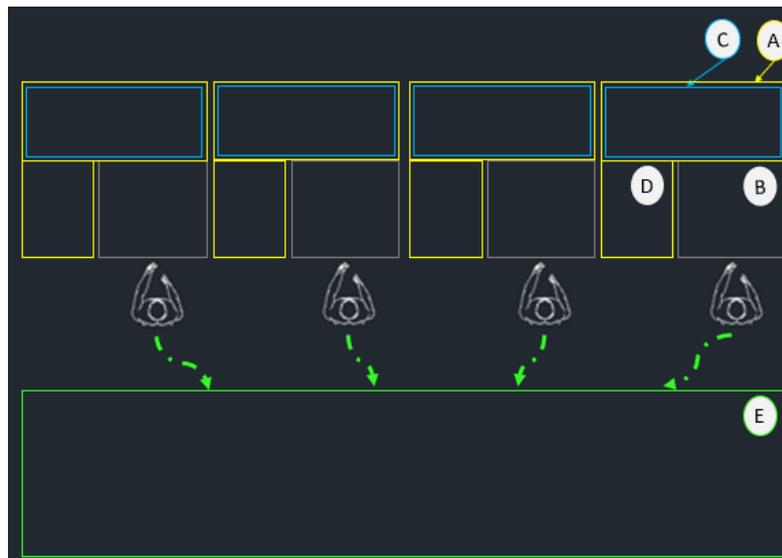


Figura 4.11. Layout a adotar em 2024 e 2025

4.2. Dimensionamento do supermercado de abastecimento à produção

Um dos principais objetivos do desenvolvimento deste trabalho é garantir um abastecimento à linha de produção de acordo com os requisitos da área produtiva, em fluxo contínuo, prevenindo evitar roturas por falta de componentes. Para garantir que não existem faltas de material na produção, foi projetado na linha de reembalamento, um supermercado de abastecimento à linha de produção. Este tem a funcionalidade de *buffer*, onde armazena uma quantidade mínima de *stock* capaz de suportar a produção quando surgem anomalias. Também, esta estrutura providência um melhor desempenho por parte dos operadores logísticos, responsáveis pelo reabastecimento dos bordos de linha. Para isso, é fundamental realizar um dimensionamento eficaz do supermercado, que permita ao operador logístico realizar o *picking* completo dos componentes existentes nos pedidos, solicitados pela linha de produção.

Para a realização do dimensionamento do supermercado, a metodologia utilizada traduziu-se no método de dimensionamento de *buffers*, enunciado no enquadramento

teórico, na secção 2.8. Esta situação, aliada ao sistema *kanban*, permite-nos lidar com as diferenças de procura entre produtos, já que existem componentes que possuem um nível de solicitação mais elevado em detrimento de outros. Como a procura entre componentes aumenta ao longo dos anos é necessário dimensionar o supermercado para os diferentes anos de produção. Por isso, os primeiros dados considerados para o dimensionamento foram os valores de procura de componentes por dia e por rota de comboio logístico. Em seguida, o cálculo do *buffer* de cada componente ($B_{componente}$) é determinado através da equação (2.3), definida no enquadramento teórico. Para as matérias-primas cuja embalagem possui uma autonomia para um dia, a sua dimensão no supermercado foi definida para dois dias de produção.

Assim, quanto maior o valor de procura, maior será o número de embalagens armazenadas no supermercado. Nos apêndices I, J, K e L estão disponíveis as tabelas de cálculo de quantidade de embalagens de referência para os anos de 2022, 2023, 2024 e 2025, respetivamente. No entanto, foi realizada uma tabela síntese com os resultados obtidos para o dimensionamento do supermercado (Tabela 4.8).

Tabela 4.8. Dimensionamento do supermercado

Referência	Dimensionamento do supermercado (embalagens)			
	2022	2023	2024	2025
E1XXXX55628C0	3	3	5	5
E2XXXX55575B0	2	2	2	2
E1XXXX51746B0	2	3	3	3
E1XXXX52884A0	2	3	3	3
E2XXXX56339B0	2	3	3	3
E2XXXX59306A0	3	5	5	5
E2XXXX59305A0	2	3	3	3
E2XXXX56341B0	3	5	5	5
E2XXXX56342B0	2	3	3	3
E2XXXX57475B0	2	3	3	3
E2XXXX56987B0	2	3	3	3
E1XXXX56125C0	2	2	3	3
E1XXXX56126A0	3	7	9	9
E2XXXX55339B0	3	3	5	5
E2XXXX55332A0	2	3	3	3
E2XXXX55574B0	2	3	3	3
E2XXXX55349A0	2	3	3	3

E2XXXX54612A0	2	3	3	3
E1XXXX55348A0	2	3	3	3
E1XXXX55630C0	3	3	5	5
E1XXXX55631A0	2	2	2	2
E2XXXX55344B0	2	3	3	3
E1XXXX52883A0	2	2	2	2
E2XXXX55342A0	2	3	3	3
E1XXXX09952	2	2	2	2
E1XXXX33178A0	2	2	2	2
E9XXXX58447B0	2	3	3	3
E1XXXX55003B0	2	3	3	3
E1XXXX59565A0	2	2	2	2
E1XXXX59564A0	2	2	2	2
E1XXXX32691A0	2	2	2	2
E1XXXX57480B0	2	3	3	3

O supermercado é constituído por níveis e, dentro de cada nível, existe um espaço dedicado a um único material. Analisando os dados da tabela 4.8, no ano de 2022, devido à baixa procura, o espaço requerido no supermercado é bastante reduzido quando comparado com os anos seguintes, sendo que a maioria das referências estará presente com apenas duas embalagens nesta estrutura de armazenamento. Em 2023, o aumento drástico da procura traduziu-se numa maior dimensão do supermercado. Através da análise da tabela pode-se observar que existem referências que necessitarão de mais espaço em relação a 2022. Em 2024 e 2025, o mesmo se aplica ao que foi mencionado para 2023 já que, a procura volta a aumentar.

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo são apresentadas as propostas de implementação e melhoria relativamente ao processo de reembalamento. As propostas tiveram em consideração a gestão visual, personificada na criação de instruções de trabalho, assim como, um sistema de identificação de espaço no supermercado. Também são apresentadas melhorias relativas ao embalamento primário das matérias-primas, no sentido de reduzir o excesso de manuseamento de material.

5.1. Gestão Visual

5.1.1. Criação de uma instrução de trabalho

A padronização dos processos representa um dos pilares para um funcionamento mais eficiente. Assim, considerou-se que seria uma mais-valia para o processo de reembalamento a utilização de ferramentas de padronização de trabalho.

Focando no processo em que se insere a dissertação, verificou-se que seria necessário a criação de uma instrução de trabalho que traduzisse a operação de reembalamento. A diminuição dos desperdícios é um conceito muito considerado no desenvolvimento deste projeto. Assim, com a criação de *standards* relacionados com a operação, é possível diminuir a indecisão do operador, diminuir o tempo de atividade e, por fim, diminuir os desperdícios. Para um eficiente uso destes documentos é extremamente necessária uma definição simples de todas as atividades envolvidas no processo, assim como, um exemplo ilustrativo que permita uma rápida interpretação. As atividades definidas para a instrução de operação foram:

- Pegar numa embalagem de produto a reembalar;
- Posicionar na bancada de reembalamento;
- Pegar numa embalagem ESD;
- Posicionar embalagem ESD na bancada de reembalamento;
- Fazer a leitura SAP do material;

- Imprimir nova etiqueta e colocar o cartão *Kanban*;
- Colocar a nova etiqueta na embalagem ESD;
- Abrir a embalagem primária;
- Reembalar os componentes para a embalagem ESD;
- Posicionar embalagem de produto reembalado no supermercado;
- Colocar embalagem primária no contentor de reciclagem.

Após a definição das atividades, é fundamental criar a instrução de trabalho, colocando imagens ilustrativas para descrever cada atividade. A criação de *standards* garante que a transmissão da informação não é efetuada verbalmente e, isso permite ao operador reter um maior conhecimento a nível de processo, assim como, uma estabilidade no que toca aos tempos de execução de operação. Por razões de confidencialidade não foi possível revelar a instrução de trabalho criada.

5.1.2. Mecanismo de identificação de material no supermercado

Tal como já foi referido no enquadramento teórico, a gestão visual é uma ferramenta *lean* que auxilia os operadores na tomada de decisões de forma rápida e eficiente, providenciando um foco nos objetivos da empresa. Neste caso em concreto, este mecanismo será projetado para identificar cada um dos espaços reservados aos componentes. Anteriormente, foi referido que as matérias-primas eram dispostas no supermercado segundo o seu nível e a sua posição por isso, é fundamental a criação de um sistema de identificação de cada um desses espaços reservados para armazenamento. Com isso, sugere-se a colocação de marcas visuais nas posições do supermercado, nos corredores de abastecimento de material e de *picking*, idênticas à figura 5.1.

Referência do componente		Localização na estante SRW	
Código		Tamanho do Buffer (Caixas)	Rota
Nome do componente			
Consumo por hora	Embalagem ESD		

Figura 5.1. Etiqueta identificadora de componentes no supermercado

Dessa forma, é permitido ao operador da linha de reembalamento localizar rapidamente onde necessita colocar o material reembalado, assim como, verificar se a quantidade de embalagens existentes no *buffer* corresponde à mencionada na etiqueta. Também, para o colaborador do comboio logístico, esta marca visual é fundamental já que, transmite, não só a informação relativamente à localização do material no supermercado, como também da rota. Para os operadores do comboio logístico este tipo de informação é fulcral uma vez que, torna-se mais flexível para estes, mediante a rota que lhes é atribuída, saber, quais as matérias-primas necessárias a recolher e, onde tem de efetuar a paragem para o carregamento de componentes a abastecer nas linhas de produção.

5.2. Implementação de um saco ESD no embalamento primário

Anteriormente, na secção 3.3.6 foi mencionado que existiam dois tipos de embalamento referentes às matérias-primas constituintes da peça final, sendo elas:

- Embalagem de cartão com saco ESD;
- Embalagem de cartão com separadores ESD.

No primeiro caso, as matérias-primas encontram-se envolvidas por um revestimento constituído por materiais protetores de componentes da superfície de embalagem, o saco ESD, enquanto que no segundo caso, as peças situadas na periferia das embalagens encontram-se em contacto direto com a mesma.

Ainda, no primeiro caso, na operação de reembalamento, os materiais serão transportados de forma conjunta, mobilizando apenas o saco ESD, enquanto que no segundo caso, as matérias-primas serão transportadas peça a peça. A operação realizada peça a peça, é o caso extremo no que toca ao excesso de manuseamento de material. Quando a operação é realizada através do manuseamento de bandejas ou saco ESD, os materiais são transportados em conjunto, onde não existe contacto direto entre o colaborador e o componente, enquanto que no manuseamento peça a peça, a manipulação é direta e por peça individual.

Pelas razões explicitas anteriormente, estes casos necessitam de ser excluídos pois a probabilidade de danificar os componentes no seu manuseamento é bastante elevada, assim como, o seu contacto direto com a superfície de embalagem. Os materiais com as

referências E1XXXX55628C0 (B) e E1XXXX55630C0 (A), expostos na figura 5.2, são os casos onde o material é transportado peça a peça.

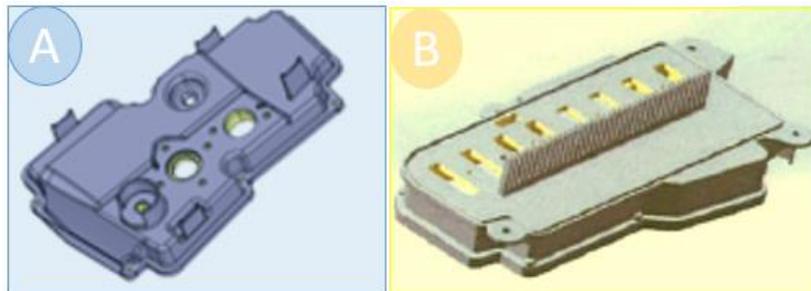


Figura 5.2. E1XXXX55630C0 (A) e E1XXXX55630C0 (B)

Deste modo, a proposta de melhoria vinca-se na inserção de um saco ESD na gama de embalagem, para garantir um maior índice de proteção do componente, e também um reduzido manuseamento, quando estes fossem sujeitos à operação de reembalamento. Na figura 5.3 é possível observar a melhoria a aplicar no embalamento dos componentes.



Figura 5.3. Melhoria implementada no embalamento primário

Este tipo de melhoria irá conferir uma maior proteção destas matérias-primas já que, não existirá contacto direto entre a embalagem e o componente, prevenindo-o assim do contacto com agentes contaminadores. Para além deste benefício apresentado, com a aplicação do saco ESD, o colaborador alocado na linha de reembalamento realizará a operação mais rapidamente uma vez que, o número de movimentos relacionados com uma operação realizada peça a peça é muito superior, em relação à operação de reembalamento de forma conjunta. Como foi abordado anteriormente, todas as movimentações possuem o

seu tempo de realização, e o seu excesso está diretamente interligado com o aumento de desperdícios, segundo o pensamento *lean*. Assim sendo, podemos concluir que a aplicação desta melhoria no embalamento destes componentes, confere um aumento de eficiência da operação, eliminando assim os desperdícios.

6. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho permitiu desenvolver todos os objetivos delineados: projetar uma linha de reembalamento, garantir um fluxo contínuo, prevenir possíveis roturas por falta de componente e desenvolver ações de implementação e melhoria.

A definição da linha de reembalamento foi elaborada segundo uma abordagem metodológica. Numa primeira fase, foram definidas as alterações físicas, nomeadamente uma zona em armazém para a realização da operação, juntamente com o *layout* do posto de trabalho e da linha de reembalamento. Em seguida, foram definidas tarefas para realização da operação. Posteriormente, foi elaborada uma análise de procura, por rota do comboio logístico, no sentido de alcançar o número de embalagens solicitadas de cada componente por rota. Seguidamente, foram atribuídos valores temporais às tarefas, obtendo o tempo de ciclo do posto de trabalho de uma embalagem de componente. Utilizando este parâmetro, os tempos de relacionados com as restantes operações (*picking* e deslocamentos), finalizando com a procura por volta, foi obtido o tempo de ciclo da preparação do pedido. Este nunca poderia ultrapassar o tempo de rota de funcionamento do comboio, caso contrário, teria de se reconfigurar a linha. Esta abordagem designa-se por balanceamento da linha de reembalamento.

Assim sendo, relativamente ao ano de 2022, os valores de procura são bastante baixos em comparação com os restantes anos, por isso, o número de embalagens solicitadas por rota é bastante reduzido. A baixa procura, por rota, origina tempos de ciclo por pedido reduzidos, já que o número de embalagens a reembalar é reduzido. Desse modo, através dos resultados obtidos para $t_{c,Ped}$, a configuração da linha de reembalamento com um posto de trabalho será suficiente para atender todos os pedidos e funcionar em fluxo contínuo com a linha de produção.

No que se refere ao ano de 2023, os valores de procura aumentam de forma drástica, aumentando por consequência, o número de embalagens que serão solicitadas por pedido. Assim, os valores de tempo de ciclo por pedido aumentam, podendo vir a exceder o tempo de rota. Através dos resultados obtidos para o $t_{c,Ped}$, verificou-se que a configuração de linha com um posto de trabalho é insuficiente para atender todos os pedidos, já que o

tempo de ciclo por pedido excede o tempo de rota. Deste modo, será necessário adicionar dois postos de trabalho, no sentido de baixar os tempos de reembalamento. Assim sendo, a configuração da linha de reembalamento, para o ano de 2023, deverá possuir três postos de trabalho.

Para os anos de 2024 e 2025, os valores de procura anual são iguais, aumentando em relação ao ano de 2023. Assim, análogo ao caso anterior, mediante os valores obtidos para $t_{c, Ped}$, comparando com o t_{rota} , verificou-se que a configuração da linha para 2023 não seria capaz de suportar os valores de procura para 2024 e 2025. Assim, será necessário adicionar mais um posto de trabalho, com o mesmo intuito aplicado a 2023. Desta forma, a configuração da linha para 2024 e 2025, deverá conter mais um posto de trabalho em relação a 2023, ou seja, quatro postos de trabalho.

Relativamente à prevenção de roturas de matérias-primas na linha de produção, foi inserido no *layout* da linha de reembalamento um supermercado de abastecimento à linha de produção, para funcionar como um *buffer*. Esta estrutura foi dimensionada segundo a metodologia de dimensionamento de *buffers*, baseada nos valores de procura de componentes. Deste modo, os anos com maiores valores de procura, terão um supermercado com maior capacidade.

No que diz respeito às sugestões de trabalho futuro são deixadas algumas recomendações para a implementação do projeto. Em primeiro lugar, deve ser implementada a linha de reembalamento, no entanto, deve ser realizado um plano de melhoria com vista a aumentar os índices de desempenho desta operação.

Por fim, recomenda-se que seja estudado a adoção de um novo mecanismo de identificação de embalagens, uma vez que, nos prósperos anos esperam-se elevados valores de procura. O mecanismo tradicional de identificação de componentes e de rastreabilidade acaba por ser demasiado complexo, exigindo demasiadas operações a realizar pelos colaboradores. Desse modo, a probabilidade de ocorrerem falhas é demasiado elevada. A sugestão de trabalho futuro, neste caso, prende-se pelo estudo da implementação de um mecanismo RFID (*Radio Frequency Identification*) nas embalagens.

O mecanismo RFID é uma nova tecnologia que surgiu como substituto da etiquetagem das embalagens. Esta tecnologia baseia-se numa captura automática de dados, onde as etiquetas eletrónicas enviam sinais de radiofrequência para leitores responsáveis por

captar estas informações. Assim, este consegue armazenar todos os dados relativos aos materiais, tal como as etiquetas.

Numa organização de enorme dimensão são inúmeros os componentes que circulam ao longo da fábrica, pelo que, serão elevados os números de etiquetas necessárias, juntamente como o número de leituras a efetuar sobre das mesmas. A utilização destes métodos tradicionais pode gerar desperdícios relacionados com a complexidade logística necessária para garantia de rastreabilidade, bem como, com a gestão de inventários. Assim, este sistema providência igualmente o armazenamento de toda a informação, simplifica as atividades logísticas, elimina as probabilidades de falhas geradas pelos operadores, garantindo um processo de identificação mais eficiente, e um aumento dos índices de produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, D. e Laure, P. (2006), “Exploiting Lean Six-Sigma Quality Tools to Improve Test and Other Processes”, IEEE Autotestcon.
- Battini, D., Boysen, N. e Emde, S. (2012), “Just-in-Time supermarkets for part supply in the automobile industry”, *Journal of Management Control*, 24, pp. 209 – 217.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., Mazzuto, G. e Paciarotti, C. (2013), “Visual Management implementation and evaluation through metal workload analysis”, *IFAC Proceedings Volumes*, 46, pp. 294 – 299.
- Boysen, N., Fliedner, M. e Scholl, A. (2008), “Assembly line balancing: Wich model to use when?”, *International Journal of Production Economics*, 111, pp. 509 – 528.
- Coimbra, E. A. (2013), “Kaizen in Logistics ans Supply Chains”, Mc Graw Hill.
- Delchambre, A. e Rekiek, B. (2006), “Assembly Line Design: The Balancing of Mixed-Model Hybrid Assembly Lines with Genetic Algorithms”, Springer Science & Business Media.
- Drira, A., Pierreval, H. e Hajri-Gabouj, S. (2007), “Facility layout problems: A survey”, *Annual Reviews in Control*, 31, pp. 255 – 267.
- Emde, S. e Boysen, N. (2012), “Optimally location in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed model assembly lines”, *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 393 – 402.
- Erel, E., e Sarin, S. C. (1998), “A survey of assembly lines balancing procedures”, *Production Planning & Control*, 9, pp. 414 – 434.
- Homfeldt, F., Rese, A., Brenner, H., Baier, D. e Schäfer, T. L. (2017), “Identification and generation of onnovate ideas in the procurement of the automotive industry: The case of Audi AG”, *International Journal of Innovation Management*, 21.
- Horbal, R., Kagan, R. e Koch, T. (2008), “Implementing Lean Manufacturing in Gigh-mix Production Environment”, *IFIP International Federation for Information Processing*, 257, pp. 257 - 267.
- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T. e Hien, D. N. (2016), “Lean line balancing for an electronics assembly line”, *Procedia CIRP*, 40, pp. 437 – 442.
- Lewis, M. e Slack, N. (2003), “Operations Management”, Psychology Press.
- Martins, P. G. e Laugeni, F. P. (2005), “Administração da produção”, 2ª Ed., Editora Saraiva.
- Monden, Y. (2011), “Toyota Production System: An integrated Approach to just-in-time”, 4ª Ed., CRC Press.
- Nomura, J. e Takakuwa, S. (2006), “Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system”, Nagoya University, Graduate School of Economics and Business Administration, Japão.

- Ohno, T. (1988), “Toyota Production Systems: Beyond Large-Scale Production” Productivity Press.
- Pou, J., Riveiro, A., Davim, J. P. (2021) “Aditive Manufacturing”, Handbooks in Advanced Manufacturing.
- Powell, D. J. (2018), “Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments”, IFAC – PapersOnLine, 51, pp.140 – 143.
- Rekha, R. S., Periyasamy, P. e Nallusamy, S. (2016). “An optimized model for reduction of cycle time using Value Stream Mapping in a small scale industry”, International Journal of Engineering Research in Africa, 27, pp. 179 – 189.
- Schofield, N. A. (1979), “Assembly line balancing and the application of computer techniques”, Computers & Industrial Engineering, 3, pp. 53 – 69.
- Scholl, A. e Klein, R. (1999), “ULINO: Optimally balancing U-shaped JIT assembly lines”, International Journal of Production Research, 37, pp. 721 – 736.
- Singh, S. e Kumar, K. (2021), “A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis”, Ain Shams Engineering Journal, 12, pp. 1153 – 1162.
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D. e Oosthuizen, G. A. (2017), “Visual Management System to Manage Manufacturing Resources”, Procedia Manufacturing, 8, pp. 455 – 462.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. e Uchikawa, S. (1977), “Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system”, The International Journal of Production Research, 15, pp. 553 – 564.
- Tellini, T., Silva, F. J. G., Pereira, T., Morgado, L., Campilho, R. D. S. G., e Ferreira, L. P. (2019), “Improving In - Plant Logistics Flow by Physical and Digital Pathways”, Procedia Manufacturing, 38, pp. 965 – 974.
- Urru, A., Bonini, M. e Echelmeyer, W. (2018), “Planning and dimensioning of a milk-run transportation system considering the actual line consumption”, IFAC – PaperOnLine, 51, pp. 404 – 409.
- Womack, J. P., e Jones, D. T.(1996), “Lean Thinking: Banish waste and Create Wealth in your Corporation”, Siman & Schuster, New York, USA.
- Zhang, X., Wang, L. e Chen, Y. (2019), “Multi-objective optimization for multi-line and U-shape layout of sewing assembly line in apparel industry”, IEEE Access, 7, pp. 107188 – 107200.

APÊNDICE A

Referência	QTD / PEÇA	UNIDADE
E1XXXX55628C0	1	PC
E2XXXX55575B0	1	PC
E1XXXX51746B0	1	PC
E1XXXX52884A0	14	PC
E2XXXX56339B0	8	PC
E2XXXX59306A0	40	PC
E2XXXX59305A0	16	PC
E2XXXX56341B0	16	PC
E2XXXX56342B0	16	PC
E2XXXX57475B0	1	PC
E2XXXX56987B0	1	PC
E1XXXX56125C0	8	PC
E1XXXX56126A0	8	PC
E2XXXX55339B0	1	PC
E2XXXX55332A0	1	PC
E2XXXX55574B0	1	PC
E2XXXX55349A0	1	PC
E2XXXX54612A0	1	PC
E1XXXX55348A0	1	PC
E1XXXX55630C0	1	PC
E1XXXX55631A0	1	PC
E2XXXX55344B0	1	PC
E1XXXX52883A0	6	PC
E2XXXX55342A0	1	PC
E1XXXX09952	1	PC
E1XXXX33178A0	1	PC
E9XXXX58447B0	1	PC
E1XXXX55003B0	3	PC
E1XXXX59565A0	1	PC
E1XXXX59564A0	1	PC
E1XXXX32691A0	6	PC
E1XXXX57480B0	1	PC

APÊNDICE B

Referência	Peças / Embalagem	Embalagens / Palete	Peças / Palete
E1XXXX55628C0	16	24	384
E2XXXX55575B0	8000	24	192000
E1XXXX51746B0	270	40	10800
E1XXXX52884A0	7000	-	-
E2XXXX56339B0	200	24	4800
E2XXXX59306A0	480	24	11520
E2XXXX59305A0	480	24	11520
E2XXXX56341B0	200	24	4800
E2XXXX56342B0	8000	24	192000
E2XXXX57475B0	36	16	576
E2XXXX56987B0	36	16	576
E1XXXX56125C0	7000	24	168000
E1XXXX56126A0	50	32	1600
E2XXXX55339B0	18	16	288
E2XXXX55332A0	50	32	1600
E2XXXX55574B0	24	30	720
E2XXXX55349A0	500	24	12000
E2XXXX54612A0	32	16	512
E1XXXX55348A0	434	12	5208
E1XXXX55630C0	18	32	576
E1XXXX55631A0	1500	64	96000
E2XXXX55344B0	50	32	1600
E1XXXX52883A0	7000	-	-
E2XXXX55342A0	50	32	1600
E1XXXX09952	7000	-	-
E1XXXX33178A0	1500	64	96000
E9XXXX58447B0	115	24	2760
E1XXXX55003B0	1500	-	-
E1XXXX59565A0	7000	-	-
E1XXXX59564A0	7000	-	-
E1XXXX32691A0	7000	-	-
E1XXXX57480B0	200	24	4800

APÊNDICE C

Referência	QTD / PEÇA	UNIDADE	Procura (peças) / Ano				Procura (embalagens) / Ano				Procura (embalagens)/ dia				Procura (embalagens) / hora				Procura (embalagens) / rota			
			2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
E1XXX55628C0	1	PC	5500	177000	266500	266500	344	11063	16657	16657	2	45	66	67	1	2	3	3	1	1	2	2
E2XXX55575B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	1	23	34	34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX51746B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	21	656	988	988	1	3	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX52884A0	14	PC	77000	2478000	3731000	3731000	11	354	533	533	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX56339B0	8	PC	44000	1416000	2132000	2132000	220	7080	10660	10660	1	29	43	43	1	2	2	2	1	1	1	1
E2XXX59306A0	40	PC	220000	7080000	10660000	10660000	459	14750	22209	22209	2	59	88	89	1	3	4	4	1	2	2	2
E2XXX59305A0	16	PC	88000	2832000	4264000	4264000	184	5900	8884	8884	1	24	36	36	1	2	2	2	1	1	1	1
E2XXX56341B0	16	PC	88000	2832000	4264000	4264000	440	14160	21320	21320	2	57	85	85	1	3	4	4	1	2	2	2
E2XXX56342B0	16	PC	88000	2832000	4264000	4264000	11	354	533	533	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX57475B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	153	4917	7403	7403	1	20	30	30	1	1	2	2	1	1	1	1
E2XXX56987B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	153	4917	7403	7403	1	20	30	30	1	1	2	2	1	1	1	1
E1XXX56125C0	8	PC	44000	1416000	2132000	2132000	7	203	305	305	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX56126A0	8	PC	44000	1416000	2132000	2132000	880	28320	42640	42640	4	114	169	170	1	6	8	8	1	3	4	4
E2XXX55339B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	306	9834	14806	14806	2	40	59	59	1	2	3	3	1	1	2	2
E2XXX55332A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	110	3540	5330	5330	1	15	22	22	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX55574B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	230	7375	11105	11105	1	30	44	45	1	2	2	2	1	1	1	1
E2XXX55349A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	11	354	533	533	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX54612A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	172	5532	8329	8329	1	23	33	34	1	2	2	2	1	1	1	1
E1XXX55348A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	13	408	615	615	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX55630C0	1	PC	5500	177000	266500	266500	306	9834	14806	14806	2	40	59	59	1	2	3	3	1	1	2	2
E1XXX55631A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	4	118	178	178	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX55344B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	110	3540	5330	5330	1	15	22	22	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX52883A0	6	PC	33000	1062000	1599000	1599000	5	152	229	229	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E2XXX55342A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	110	3540	5330	5330	1	15	22	22	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX09952	1	PC	5500	177000	266500	266500	1	26	39	39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX33178A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	4	118	178	178	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E9XXX58447B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	48	1540	2318	2318	1	7	10	10	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX55003B0	3	PC	16500	531000	799500	799500	11	354	533	533	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX59565A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	1	26	39	39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX59564A0	1	PC	5500	177000	266500	266500	1	26	39	39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX32691A0	6	PC	33000	1062000	1599000	1599000	5	152	229	229	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E1XXX57480B0	1	PC	5500	177000	266500	266500	28	885	1333	1333	1	4	6	6	1	1	1	1	1	1	1	1

APÊNDICE D

Referência	t_{Reemb} (segundos)
E1XXXX55628C0	71,8
E2XXXX55575B0	58,5
E1XXXX51746B0	97,2
E1XXXX52884A0	12,2
E2XXXX56339B0	40,1
E2XXXX59306A0	31,6
E2XXXX59305A0	30,8
E2XXXX56341B0	57,6
E2XXXX56342B0	82,2
E2XXXX57475B0	41,5
E2XXXX56987B0	41,5
E1XXXX56125C0	13,0
E1XXXX56126A0	63,6
E2XXXX55339B0	18,0
E2XXXX55332A0	23,0
E2XXXX55574B0	16,6
E2XXXX55349A0	75,9
E2XXXX54612A0	20,0
E1XXXX55348A0	22,2
E1XXXX55630C0	108,7
E1XXXX55631A0	11,7
E2XXXX55344B0	17,2
E1XXXX52883A0	14,7
E2XXXX55342A0	17,9
E1XXXX09952	18,9
E1XXXX33178A0	16,6
E9XXXX58447B0	30,6
E1XXXX55003B0	14,1
E1XXXX59565A0	16,0
E1XXXX59564A0	15,0
E1XXXX32691A0	13,4
E1XXXX57480B0	13,0

APÊNDICE E

Referência	Procura (embalagens)/ rota	tc,PT 1 (seg)	tc,PT 2 (seg)	tc,PT 3 (seg)	tc,PT 4 (seg)	t Picking (seg)	t Desloc. (seg)	t Ref 1 (seg)	t Ref 2 (seg)	t Ref 3 (seg)	t Ref 4 (seg)
E1XXX55628C0	1	108,8	54,4	36,3	27,2	20	500	128,8	74,4	56,3	47,2
E1XXX51746B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX52884A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX56339B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX59306A0	1	68,6	34,3	22,9	17,2	20		88,6	54,3	42,9	37,2
E2XXX59305A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX56341B0	1	94,6	47,3	31,5	23,7	20		114,6	67,3	51,5	43,7
E2XXX56342B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX57475B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX56987B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX56125C0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX56126A0	1	100,6	50,3	33,5	25,1	20		120,6	70,3	53,5	45,1
E2XXX55339B0	1	55,0	27,5	18,3	13,8	20		75,0	47,5	38,3	33,8
E2XXX55332A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX55574B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX55349A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX54612A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX55348A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX55630C0	1	145,7	72,9	48,6	36,4	20		165,7	92,9	68,6	56,4
E2XXX55344B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E2XXX55342A0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E9XXX58447B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX55003B0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
E1XXX57480B0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
tc, Ped 2022 (seg)								1194	907	812	764

APÊNDICE F

Referência	Procura (embalagens) / rota	tc,PT 1 (seg)	tc,PT 2 (seg)	tc,PT 3 (seg)	tc,PT 4 (seg)	t Picking (seg)	t Desloc. (seg)	t Ref 1 (seg)	t Ref 2 (seg)	t Ref 3 (seg)	t Ref 4 (seg)	
E1XXX55628C0	1	108,8	54,4	36,3	27,2	20	500	128,8	74,4	56,3	54,4	
E1XXX51746B0	1	134,2	67,1	44,7	33,6	20		154,2	87,1	64,7	67,1	
E1XXX52884A0	1	49,2	24,6	16,4	12,3	20		69,2	44,6	36,4	24,6	
E2XXX56339B0	1	77,1	38,6	25,7	19,3	20		97,1	58,6	45,7	38,6	
E2XXX59306A0	2	68,6	34,3	22,9	17,2	20		177,3	108,6	85,8	68,6	
E2XXX59305A0	1	67,8	33,9	22,6	17,0	20		87,8	53,9	42,6	33,9	
E2XXX56341B0	2	94,6	47,3	31,5	23,7	20		229,2	134,6	103,1	94,6	
E2XXX56342B0	1	119,2	59,6	39,7	29,8	20		139,2	79,6	59,7	59,6	
E2XXX57475B0	1	78,5	39,2	26,2	19,6	20		98,5	59,2	46,2	39,2	
E2XXX56987B0	1	78,5	39,3	26,2	19,6	20		98,5	59,3	46,2	39,3	
E1XXX56125C0	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
E1XXX56126A0	3	100,6	50,3	33,5	25,1	20		361,8	210,9	160,6	150,9	
E2XXX55339B0	1	55,0	27,5	18,3	13,8	20		75,0	47,5	38,3	27,5	
E2XXX55332A0	1	60,0	30,0	20,0	15,0	20		80,0	50,0	40,0	30,0	
E2XXX55574B0	1	53,6	26,8	17,9	13,4	20		73,6	46,8	37,9	26,8	
E2XXX55349A0	1	112,9	56,4	37,6	28,2	20		132,9	76,4	57,6	56,4	
E2XXX54612A0	1	57,0	28,5	19,0	14,2	20		77,0	48,5	39,0	28,5	
E1XXX55348A0	1	59,2	29,6	19,7	14,8	20		79,2	49,6	39,7	29,6	
E1XXX55630C0	1	145,7	72,9	48,6	36,4	20		165,7	92,9	68,6	72,9	
E2XXX55344B0	1	54,2	27,1	18,1	13,5	20		74,2	47,1	38,1	27,1	
E2XXX55342A0	1	54,9	27,4	18,3	13,7	20		74,9	47,4	38,3	27,4	
E9XXX58447B0	1	67,6	33,8	22,5	16,9	20		87,6	53,8	42,5	33,8	
E1XXX55003B0	1	51,1	25,5	17,0	12,8	20		71,1	45,5	37,0	25,5	
E1XXX57480B0	1	50,0	25,0	16,7	12,5	20		70,0	45,0	36,7	25,0	
tc,Ped 2023 (seg)								3203	2122	1761	1582	

APÊNDICE G

Referência	Procura (embalagens)/rota	tc,PT 1 (seg)	tc,PT 2 (seg)	tc,PT 3 (seg)	tc,PT 4 (seg)	t Picking (seg)	t Desloc. (seg)	t Ref 1 (seg)	t Ref 2 (seg)	t Ref 3 (seg)	t Ref 4 (seg)	
E1XXX55628C0	2	108,8	54,4	36,3	27,2	20	500	257,7	148,8	112,6	94,4	
E1XXX51746B0	1	134,2	67,1	44,7	33,6	20		154,2	87,1	64,7	53,6	
E1XXX52884A0	1	49,2	24,6	16,4	12,3	20		69,2	44,6	36,4	32,3	
E2XXX56339B0	1	77,1	38,6	25,7	19,3	20		97,1	58,6	45,7	39,3	
E2XXX59306A0	2	68,6	34,3	22,9	17,2	20		177,3	108,6	85,8	74,3	
E2XXX59305A0	1	67,8	33,9	22,6	17,0	20		87,8	53,9	42,6	37,0	
E2XXX56341B0	2	94,6	47,3	31,5	23,7	20		229,2	134,6	103,1	87,3	
E2XXX56342B0	1	119,2	59,6	39,7	29,8	20		139,2	79,6	59,7	49,8	
E2XXX57475B0	1	78,5	39,2	26,2	19,6	20		98,5	59,2	46,2	39,6	
E2XXX56987B0	1	78,5	39,3	26,2	19,6	20		98,5	59,3	46,2	39,6	
E1XXX56125C0	1	50,0	25,0	16,7	12,5	20		70,0	45,0	36,7	32,5	
E1XXX56126A0	4	100,6	50,3	33,5	25,1	20		482,4	281,2	214,1	180,6	
E2XXX55339B0	2	55,0	27,5	18,3	13,8	20		150,0	95,0	76,7	67,5	
E2XXX55332A0	1	60,0	30,0	20,0	15,0	20		80,0	50,0	40,0	35,0	
E2XXX55574B0	1	53,6	26,8	17,9	13,4	20		73,6	46,8	37,9	33,4	
E2XXX55349A0	1	112,9	56,4	37,6	28,2	20		132,9	76,4	57,6	48,2	
E2XXX54612A0	1	57,0	28,5	19,0	14,2	20		77,0	48,5	39,0	34,2	
E1XXX55348A0	1	59,2	29,6	19,7	14,8	20		79,2	49,6	39,7	34,8	
E1XXX55630C0	2	145,7	72,9	48,6	36,4	20		331,4	185,7	137,1	112,9	
E2XXX55344B0	1	54,2	27,1	18,1	13,5	20		74,2	47,1	38,1	33,5	
E2XXX55342A0	1	54,9	27,4	18,3	13,7	20		74,9	47,4	38,3	33,7	
E9XXX58447B0	1	67,6	33,8	22,5	16,9	20		87,6	53,8	42,5	36,9	
E1XXX55003B0	1	51,1	25,5	17,0	12,8	20		71,1	45,5	37,0	32,8	
E1XXX57480B0	1	50,0	25,0	16,7	12,5	20		70,0	45,0	36,7	32,5	
tc, Ped 2024 (seg)								3763	2452	2015	1796	

APÊNDICE H

Referência	Procura (embalagens)/ rota	tc,PT 1 (seg)	tc,PT 2 (seg)	tc,PT 3 (seg)	tc,PT 4 (seg)	t Picking (seg)	t Desloc. (seg)	t Ref 1 (seg)	t Ref 2 (seg)	t Ref 3 (seg)	t Ref 4 (seg)	
E1XXX55628C0	2	108,8	54,4	36,3	27,2	20	500	257,7	148,8	112,6	94,4	
E1XXX51746B0	1	134,2	67,1	44,7	33,6	20		154,2	87,1	64,7	53,6	
E1XXX52884A0	1	49,2	24,6	16,4	12,3	20		69,2	44,6	36,4	32,3	
E2XXX56339B0	1	77,1	38,6	25,7	19,3	20		97,1	58,6	45,7	39,3	
E2XXX59306A0	2	68,6	34,3	22,9	17,2	20		177,3	108,6	85,8	74,3	
E2XXX59305A0	1	67,8	33,9	22,6	17,0	20		87,8	53,9	42,6	37,0	
E2XXX56341B0	2	94,6	47,3	31,5	23,7	20		229,2	134,6	103,1	87,3	
E2XXX56342B0	1	119,2	59,6	39,7	29,8	20		139,2	79,6	59,7	49,8	
E2XXX57475B0	1	78,5	39,2	26,2	19,6	20		98,5	59,2	46,2	39,6	
E2XXX56987B0	1	78,5	39,3	26,2	19,6	20		98,5	59,3	46,2	39,6	
E1XXX56125C0	1	50,0	25,0	16,7	12,5	20		70,0	45,0	36,7	32,5	
E1XXX56126A0	4	100,6	50,3	33,5	25,1	20		482,4	281,2	214,1	180,6	
E2XXX55339B0	2	55,0	27,5	18,3	13,8	20		150,0	95,0	76,7	67,5	
E2XXX55332A0	1	60,0	30,0	20,0	15,0	20		80,0	50,0	40,0	35,0	
E2XXX55574B0	1	53,6	26,8	17,9	13,4	20		73,6	46,8	37,9	33,4	
E2XXX55349A0	1	112,9	56,4	37,6	28,2	20		132,9	76,4	57,6	48,2	
E2XXX54612A0	1	57,0	28,5	19,0	14,2	20		77,0	48,5	39,0	34,2	
E1XXX55348A0	1	59,2	29,6	19,7	14,8	20		79,2	49,6	39,7	34,8	
E1XXX55630C0	2	145,7	72,9	48,6	36,4	20		331,4	185,7	137,1	112,9	
E2XXX55344B0	1	54,2	27,1	18,1	13,5	20		74,2	47,1	38,1	33,5	
E2XXX55342A0	1	54,9	27,4	18,3	13,7	20		74,9	47,4	38,3	33,7	
E9XXX58447B0	1	67,6	33,8	22,5	16,9	20		87,6	53,8	42,5	36,9	
E1XXX55003B0	1	51,1	25,5	17,0	12,8	20		71,1	45,5	37,0	32,8	
E1XXX57480B0	1	50,0	25,0	16,7	12,5	20		70,0	45,0	36,7	32,5	
tc, Ped 2025 (seg)								3763	2452	2015	1796	

APÊNDICE I

Parâmetros (2022)	Procura / Rota	Procura / dia	Tamanho do Supermercado
Unidade	(embalagens)	(embalagens)	(embalagens)
E1XXXX55628C0	1	2	3
E2XXXX55575B0	-	1	2
E1XXXX51746B0	-	1	2
E1XXXX52884A0	-	1	2
E2XXXX56339B0	-	1	2
E2XXXX59306A0	1	2	3
E2XXXX59305A0	-	1	2
E2XXXX56341B0	1	2	3
E2XXXX56342B0	-	1	2
E2XXXX57475B0	-	1	2
E2XXXX56987B0	-	1	2
E1XXXX56125C0	-	1	2
E1XXXX56126A0	1	4	3
E2XXXX55339B0	1	2	3
E2XXXX55332A0	-	1	2
E2XXXX55574B0	-	1	2
E2XXXX55349A0	-	1	2
E2XXXX54612A0	-	1	2
E1XXXX55348A0	-	1	2
E1XXXX55630C0	1	2	3
E1XXXX55631A0	-	1	2
E2XXXX55344B0	-	1	2
E1XXXX52883A0	-	1	2
E2XXXX55342A0	-	1	2
E1XXXX09952	-	1	2
E1XXXX33178A0	-	1	2
E9XXXX58447B0	-	1	2
E1XXXX55003B0	-	1	2
E1XXXX59565A0	-	1	2
E1XXXX59564A0	-	1	2
E1XXXX32691A0	-	1	2
E1XXXX57480B0	-	1	2

APÊNDICE J

Parâmetros (2023)	Procura / Rota	Procura / dia	Tamanho do Supermercado
Unidade	(embalagens)	(embalagens)	(embalagens)
E1XXXX55628C0	1	45	3
E2XXXX55575B0	-	1	2
E1XXXX51746B0	1	3	3
E1XXXX52884A0	1	2	3
E2XXXX56339B0	1	29	3
E2XXXX59306A0	2	59	5
E2XXXX59305A0	1	24	3
E2XXXX56341B0	2	57	5
E2XXXX56342B0	1	2	3
E2XXXX57475B0	1	20	3
E2XXXX56987B0	1	20	3
E1XXXX56125C0	-	1	2
E1XXXX56126A0	3	114	7
E2XXXX55339B0	1	40	3
E2XXXX55332A0	1	15	3
E2XXXX55574B0	1	30	3
E2XXXX55349A0	1	2	3
E2XXXX54612A0	1	23	3
E1XXXX55348A0	1	2	3
E1XXXX55630C0	1	40	3
E1XXXX55631A0	-	1	2
E2XXXX55344B0	1	15	3
E1XXXX52883A0	-	1	2
E2XXXX55342A0	1	15	3
E1XXXX09952	-	1	2
E1XXXX33178A0	-	1	2
E9XXXX58447B0	1	7	3
E1XXXX55003B0	1	2	3
E1XXXX59565A0	-	1	2
E1XXXX59564A0	-	1	2
E1XXXX32691A0	-	1	2
E1XXXX57480B0	1	4	3

APÊNDICE K

Parâmetros (2024)	Procura / Rota	Procura / dia	Tamanho do Supermercado
Unidade	(embalagens)	(embalagens)	(embalagens)
E1XXXX55628C0	2	66	5
E2XXXX55575B0	-	1	2
E1XXXX51746B0	1	4	3
E1XXXX52884A0	1	3	3
E2XXXX56339B0	1	43	3
E2XXXX59306A0	2	88	5
E2XXXX59305A0	1	36	3
E2XXXX56341B0	2	85	5
E2XXXX56342B0	1	3	3
E2XXXX57475B0	1	30	3
E2XXXX56987B0	1	30	3
E1XXXX56125C0	1	2	3
E1XXXX56126A0	4	169	9
E2XXXX55339B0	2	59	5
E2XXXX55332A0	1	22	3
E2XXXX55574B0	1	44	3
E2XXXX55349A0	1	3	3
E2XXXX54612A0	1	33	3
E1XXXX55348A0	1	3	3
E1XXXX55630C0	2	59	5
E1XXXX55631A0	-	1	2
E2XXXX55344B0	1	22	3
E1XXXX52883A0	-	1	2
E2XXXX55342A0	1	22	3
E1XXXX09952	-	1	2
E1XXXX33178A0	-	1	2
E9XXXX58447B0	1	10	3
E1XXXX55003B0	1	3	3
E1XXXX59565A0	-	1	2
E1XXXX59564A0	-	1	2
E1XXXX32691A0	-	1	2
E1XXXX57480B0	1	6	3

APÊNDICE L

Parâmetros (2025)	Procura / Volta	Procura / dia	Tamanho do Supermercado
Unidade	(embalagens)	(embalagens)	(embalagens)
E1XXX55628C0	2	67	5
E2XXX55575B0	-	1	2
E1XXX51746B0	1	4	3
E1XXX52884A0	1	3	3
E2XXX56339B0	1	43	3
E2XXX59306A0	2	89	5
E2XXX59305A0	1	36	3
E2XXX56341B0	2	85	5
E2XXX56342B0	1	3	3
E2XXX57475B0	1	30	3
E2XXX56987B0	1	30	3
E1XXX56125C0	1	2	3
E1XXX56126A0	4	170	9
E2XXX55339B0	2	59	5
E2XXX55332A0	1	22	3
E2XXX55574B0	1	45	3
E2XXX55349A0	1	3	3
E2XXX54612A0	1	34	3
E1XXX55348A0	1	3	3
E1XXX55630C0	2	59	5
E1XXX55631A0	-	1	2
E2XXX55344B0	1	22	3
E1XXX52883A0	-	1	2
E2XXX55342A0	1	22	3
E1XXX09952	-	1	2
E1XXX33178A0	-	1	2
E9XXX58447B0	1	10	3
E1XXX55003B0	1	3	3
E1XXX59565A0	-	1	2
E1XXX59564A0	-	1	2
E1XXX32691A0	-	1	2
E1XXX57480B0	1	6	3