

Desenho de Processos Logísticos e de Controlo da Qualidade para Suporte à Produção de um Ecoponto

Mariana Amaro de Sousa

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil Da Costa



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2022-07-11

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido no âmbito da Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade Engenharia da Universidade do Porto. Este projeto teve lugar no Pólo I da LIPOR-Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, nomeadamente na UIDI- Unidade de Investigação Desenvolvimento e Inovação.

A LIPOR iniciou sua atividade em 1982, atuando na gestão, valorização e tratamento de resíduos urbanos. Esta organização procura implementar práticas inovadoras que contribuam para a circularidade e geração de valor. O projeto surge em linha com a visão da organização, que idealizou e desenvolveu um ecoponto doméstico, produzido recorrendo à reciclagem do Polipropileno, o qual ambiciona lançar para o mercado. O foco desta dissertação consistiu no desenho dos processos logísticos e de controlo da qualidade para o suporte do processo produtivo deste ecoponto, sendo que os mesmos foram desenhados de raiz dado o carácter pioneiro do produto.

A produção dos componentes constituintes do ecoponto fica a cargo de fornecedores externos, ficando a LIPOR responsável pelo processo de embalagem. Neste sentido as necessidades da organização consistem essencialmente no planeamento da produção, gestão de *stock*, planeamento das encomendas a fornecedores e controlo da qualidade.

Ao longo do projeto foram criadas ferramentas e soluções, que visam dar respostas às necessidades identificadas. Complementarmente mecanismos de monitorização, indicadores de desempenho e um sistema de identificação de lotes foram desenvolvidos.

Por fim foram documentados os processos, elaborados manuais de utilização das ferramentas desenvolvidas, apresentadas considerações para a fase de implementação dos processos desenhados e sugestões de melhoria futuras.

Através das soluções apresentadas espera-se que, a LIPOR possua as condições necessárias para a implementação dos processos desenhados, para iniciar o processo produtivo do ecoponto e entrar neste novo mercado.

Palavras chave: Ecoponto doméstico, Logística, Controlo da Qualidade, Layout.

Abstract

Design of Logistics and Quality Control Processes to Support the Production of an Recycling Bin

The present project was developed within the scope of the Master's Dissertation in Industrial Engineering and Management of the Faculdade Engineering at the University of Porto. This project took place at Pole I of LIPOR - Intermunicipalized Waste Management Service of Greater Porto, namely at UIDI - Research Unit, Development and Innovation.

LIPOR started its activity in 1982, working in the management, recovery and treatment of urban waste. This organization seeks to implement innovative practices that contribute to circularity and value generation. The project is in line with the vision of the organization, which conceived and developed a domestic recycling bin, produced using the recycling of Polypropylene, which it aims to launch on the market. The focus of this dissertation consisted in the design of the logistics and quality control processes to support the production process of this recycling bin, which were designed from scratch given the pioneering character of product.

The production of the components that make up the recycling bin is carried out by external suppliers, with LIPOR being responsible for the packaging process. In this sense, the organization's needs essentially consist of production planning, stock management, planning of orders to suppliers and quality control.

Throughout the project, tools and solutions were created, which aim to respond to the identified needs. In addition, monitoring mechanisms, performance indicators and a batch identification system were developed.

Finally, the processes were documented, user manuals for the developed tools were prepared, considerations for the implementation phase of the designed processes and suggestions for future improvement were presented.

Through the solutions presented, LIPOR is expected to have the necessary conditions for the implementation of the designed processes, to start the recycling bin production process and enter this new market.

Keywords: Domestic recycling bin, Logistics, Quality Control, Layout.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer à LIPOR, pela confiança para que eu agarrasse este projeto, pelo apoio e por tão bem me integrarem como um membro da equipa ao longo destes meses.

Agradeço em particular à minha orientadora na LIPOR, Nadine Sousa por sempre estar disposta a me ouvir, por me proporcionar as informações que foram sendo necessárias, pelos conselhos e boa disposição.

A toda a equipa da UIDI, pela companhia diária, por tornarem os meus dias na LIPOR mais alegres, por me aconselharem e me apoiarem, pelas conversas na horinha do café, pela amizade.

Ao meu orientador da FEUP, Professor Eduardo Gil da Costa, pela sua acessibilidade, disponibilidade e conselhos ao longo destes meses.

A todos os meus Professores, que contribuíram para a minha formação enquanto aluna e pessoa.

A todos os meus amigos, Horsemans, Perdidas, àqueles para quem sou a "Estreitinha" e à minha madrinha, por me acompanharem nesta jornada, pela vossa amizade, pelos momentos e memórias que construímos. Uma palavra de apreço aos Lobos e ao trio (Ramadão, Freddy e Bipolar), pela aleatoriedade e aquele pingó de loucura, pelos planos de última hora e pelas míticas noites na Gestionis. Um particular agradecimento à Bipolar e à Margarida pelos conselhos e dicas no âmbito desta dissertação.

Por fim, à minha família, por me acompanharem em todas as etapas da minha vida. Ao meu Pai e Mãe pela educação e valores, pelo apoio, conselhos e amor incondicional, porque não estaria onde estou hoje sem eles.

Ao meu irmão e irmã, pelas brincadeiras, risadas, conselhos e conversas. Uma palavra especial para a minha irmã que me percebe melhor que ninguém, por compartilharmos cada momento, por estar sempre perto mesmo quando está geograficamente distante.

A todos que fizeram parte destes 5 anos e contribuíram para que estes se tornassem mais especiais. A todos vocês, Obrigada!

*"You've gotta dance like there's nobody watching,
Love like you'll never be hurt,
Sing like there's nobody listening,
And live like it's heaven on earth"*

William W. Purkey

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da LIPOR	1
1.2	Enquadramento do Projeto	2
1.3	Objetivos do Projeto	3
1.4	Método Seguido no Projeto	3
1.5	Estrutura da Dissertação	4
2	Revisão da Literatura	5
2.1	Logística de Abastecimento	5
2.1.1	Quantidade Económica do Pedido e Ponto de Reordenação	7
2.1.2	Planeamento de Necessidade de Materiais	9
2.1.3	Técnicas de Dimensionamento de Lotes	10
2.1.4	Mecanismos de Segurança	11
2.1.5	Custos Relevantes	12
2.2	Indicadores de Desempenho	12
2.3	Processo de Controlo da Qualidade	13
2.3.1	Amostragem de Aceitação	14
2.3.2	Teste de Amostragem por Atributos: ISO 2859	16
2.4	Planeamento do <i>Layout</i>	17
3	Descrição do Problema	20
3.1	Produto	20
3.2	Situação Inicial	21
4	Trabalho Desenvolvido	24
4.1	Planeamento de Necessidade de Materiais	24
4.1.1	Planeamento da Produção	26
4.1.2	Planeamento de Encomendas a Fornecedores	28
4.1.3	Mecanismos de Segurança	32
4.1.4	Ferramentas de Monitorização	33
4.1.5	Indicadores de Desempenho	35
4.2	Sistema de Identificação de Lotes	37
4.3	Processo de Controlo da Qualidade	38
4.3.1	Planos de Inspeção	39
4.3.2	Processo de Aceitação de Lotes	40
4.3.3	Ficheiro Teste de Amostragem por Atributos	41
4.4	Considerações para a Fase de Implementação	44
4.5	<i>Layout</i>	46

5	Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros	49
A	<i>Screenshots</i> Ferramenta MRP	54
B	Fórmulas de Cálculo MRP	57
C	Mapeamento Processos de Encomendas a Fornecedores e de Clientes	59
D	Plano Inspeção e Folha Verificação	61
E	<i>Screenshots</i> Ferramenta Teste de Amostragem por Atributos	63
F	Desenho do <i>Layout</i>	65

Acronyms and Symbols

AQL	<i>Acceptance Quality Level</i>
APSEI	<i>Associação Portuguesa de Segurança</i>
BOM	<i>Bill of Materials</i>
B2B	<i>Business to Business</i>
DDMRP	<i>Demand Driven Material Requirement Planning</i>
EOQ	<i>Economic Order Quantity</i>
EPL	<i>Economic Production Lot-size</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LTC	<i>Least total Cost Method</i>
LTPD	<i>Lot Tolerance Percent Defective</i>
LUC	<i>Least Unit Cost Method</i>
MPS	<i>Master Production Plan</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
MTO	<i>Make to Order</i>
MTS	<i>Make to Stock</i>
OC	<i>Operational Characteristic Curve</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCP	<i>Planeamento e Controlo da Produção</i>
PP	<i>Polipropileno</i>
ROP	<i>Reorder Point</i>
SM	<i>Heurística de Silver Meal</i>
WW	<i>Algoritmo de Wagner Whitin</i>

Lista de Figuras

2.1	EOQ e ROP, adaptado de Peter et al. (2014)	8
2.2	Regras de Permutação entre Níveis de Inspeção: in ISO, Sampling procedures for inspection by attributes —Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection, ISO (1999), 1999	17
2.3	Modelo VASA, adaptado de Finnsgård et al. (2011)	18
3.1	<i>Bill of Materials</i>	21
3.2	Processo Simplificado de Desenvolvimento de um Novo Produto	21
4.1	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Produção"	27
4.2	Formulário Planeamento produção	28
4.3	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Componente"	31
4.4	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Fornecedores"	31
4.5	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Encomendas Clientes"	34
4.6	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Stocks"	35
4.7	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "KPI"	36
4.8	Estrutura Referências	37
4.9	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Inputs"	42
4.10	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Templates folha item"	43
4.11	Proposta de <i>Layout</i>	47
A.1	Formulário Introdução de Itens	54
A.2	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Instruções"	54
A.3	Tabelas Folha de Cálculo "Inputs"	55
A.4	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Entrada Saida Material"	56
A.5	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Registo Produção"	56
C.1	Processamento de Encomendas de Clientes	59
C.2	Processamento de Encomendas a Fornecedores	60
D.1	Folha de Verificação Tampa Topo	61
D.2	Tabela de Inspeção Tampa Topo	62
E.1	Exemplo de <i>Msgbox</i>	63
E.2	<i>Screenshot</i> Folha de Cálculo "Instruções de Utilização"	63
E.3	Formulários	64
E.4	Tabela Código Tamanho de Lotes	64
E.5	Tabela Teste de Amostragem Simples, Inspeção Normal	64

Lista de Tabelas

2.1	Procedimentos de Amostragem de Aceitação: in Montgomery, Douglas C, Introduction to statistical quality control, Montgomery (2009), 2009	15
3.1	Previsão de Vendas	21
3.2	Stock Inicial dos Diferentes Itens	23
4.1	Características Serviço de Fornecedores	29
B.1	Planeamento de Produção	57
B.2	Planeamento de Encomendas a Fornecedores	58
F.1	Necessidades de Armazenamento	65
F.2	Áreas do <i>Layout</i>	65

Capítulo 1

Introdução

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na LIPOR- Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto designada por LIPOR no presente relatório, no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.

Este primeiro capítulo destina-se à apresentação da organização, enquadramento do projeto, objetivos do projeto, metodologia adotada e descrição da estrutura da presente dissertação.

1.1 Apresentação da LIPOR

A LIPOR é uma associação de Municípios criada em 1982, que se afirma com o propósito de "Todos os dias construirmos um mundo Melhor". A organização atua na gestão, valorização e tratamento de resíduos urbanos de oito municípios: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila de Conde, o que se tem refletido no tratamento anual de cerca de 500 mil toneladas de resíduos urbanos. (LIPOR (2022))

O plano de ação da LIPOR tem vindo a alargar-se ao longo da sua existência, procurando sempre inovar, desenvolver atividades e campanhas de sensibilização para os problemas ambientais e para a importância de pequenos hábitos como a separação dos resíduos.

A LIPOR apresenta uma gama de produtos, "NUTRIMAIS", desenvolvidos para a produção agrícola, resultantes da compostagem de resíduos orgânicos, sendo que atualmente a operacionalização desta unidade está a cargo de uma empresa subcontratada. Por outro lado, a LIPOR fundou a academia LIPOR na qual oferece diversos cursos no âmbito da sustentabilidade, reciclagem e alimentação saudável e uma associação de voluntários "SEMENTE", que visa apoiar famílias mais desfavorecidas.

Em 2017 a LIPOR passou a aderir à aliança dos objetivos de desenvolvimento sustentável, que corresponde a uma plataforma de *stakeholders* que pretende organizar o contributo do setor empresarial no sentido da concretização dos objetivos de desenvolvimento sustentável acordados pela ONU.

Ao longo da sua existência, a LIPOR tem sido reconhecida pela qualidade do trabalho desenvolvido, tendo ganho em 2019 e 2022 o primeiro prémio na categoria pequenas e médias empresas e associações no setor público, no prémio excelência no trabalho.

A organização apresenta dois pólos: Pólo I e Pólo II

O Pólo I é constituído pelo Edifício Sede, a Central de Valorização Orgânica e o Auditório da CVO, o Centro de Triagem, as Plataformas de Reciclagem, o Ecocentro, o Parque Aventura e o Trilho Ecológico, a Horta da Formiga, a Central de Valorização do Biogás e a Central Fotovoltaica.

O Pólo II é reservado para a Central de Valorização Energética, o Aterro Sanitário e a ETAR de apoio a esta Central (LIPOR (2022)).

1.2 Enquadramento do Projeto

O projeto da presente dissertação surgiu em linha com a missão da organização "Transformar resíduos em novos recursos pela implementação de práticas inovadoras e circulares, gerando e compartilhando valor" (LIPOR (2022)).

A UIDI-Unidade de Investigação, Desenvolvimento e Inovação, da LIPOR, foca os seus esforços no desenvolvimento de novos produtos, circulares e sustentáveis, bem como na promoção de uma estratégia de inovação em toda a organização. Ao longo da sua existência a UIDI identificou que, entre os plásticos não embalagem, o polipropileno (PP) era recebido em grandes quantidades e possuía características técnicas, nomeadamente o nível da pureza e índice de fluidez, que permitia a sua transformação em novos produtos, garantindo desta forma a circularidade do material.

O Polipropileno (PP) ou polipropeno é um polímero termoplástico, do grupo das poliolefinas, com diversas aplicações. Segundo EMR (2022), a procura global do mercado de polipropileno atingiu um volume de quase 75,1 milhões de toneladas em 2020, prevendo-se que esta continue a aumentar nos próximos anos a uma taxa de crescimento anual de 4,4 %, o que se traduzirá num patamar de quase 97,2 milhões de toneladas em 2026.

A UIDI identificou uma oportunidade na reciclagem do PP, tendo direcionado os seus esforços na idealização de produtos que pudessem ser produzidos a partir do plástico em causa, na sequência da qual surgiu a ideia de um ecoponto doméstico.

A LIPOR possui experiência na comercialização dos produtos da gama "NUTRIMAIS" que são de natureza muito particular e com um processo produtivo que em nada se compara ao processo requerido por este novo produto, assim como ao mercado de atuação. Neste sentido, o desenho e implementação da produção do ecoponto e a entrada neste novo mercado corresponde a um desafio para a organização. A organização pretende estabelecer um modelo de negócio *Business to Business* (B2B) o que significa que os clientes serão retalhistas e não clientes individuais.

O projeto enquadra-se no desenho dos processos de controlo da qualidade, processos logísticos de abastecimento de materiais, designadamente planeamento e controlo de produção e gestão de *stocks*. Adicionalmente foi realizado um estudo do processo produtivo com o intuito de definir a disposição dos materiais de forma a oferecer uma sequência de movimentos capaz de potencializar o processo de produção.

1.3 Objetivos do Projeto

Ao longo deste projeto foi efetuado um acompanhamento à equipa responsável pelo desenvolvimento do ecoponto, sendo esperado que a presente dissertação reflita em particular no desenho do processo de controlo da qualidade, *layout*, bem como do planeamento logístico da cadeia de abastecimento e gestão da produção.

De modo a alcançar o resultado desejado e face às necessidades detetadas *a priori* a LIPOR subdividiu o projeto em diferentes objetivos, nomeadamente:

- Diagnóstico da situação atual;
- Elaboração do processo de planeamento da produção;
- Definição de um plano que permita integrar e otimizar decisões táticas de lotes, capacidades, manutenção e *stocks*;
- Definição de um plano de gestão da qualidade;
- Criação de ferramentas de monitorização de indicadores de desempenho.

1.4 Método Seguido no Projeto

Neste subcapítulo apresentam-se as diferentes fases da metodologia utilizada no presente projeto.

1. **Diagnóstico da Situação Atual:** Compreensão do enquadramento do projeto, do conceito do produto, contextualização no processo de desenvolvimento do produto na qual o ecoponto se encontrava, nomeadamente testes do produto e estudo de mercado efetuados;
2. **Definição de Objetivos e Restrições:** Sintetização dos objetivos e metas da organização no que diz respeito aos resultados esperados na entrada no mercado. Levantamento das restrições ao desenho dos processos, nomeadamente as restrições de contratação na função pública, políticas de fornecedores, limitações de financiamento e recursos disponíveis;
3. **Revisão da Literatura:** Pesquisa de conteúdos teóricos na vertente de planeamento da produção, controlo da qualidade, definição do *layout* e indicadores de desempenho, com o intuito de obter o conhecimento necessário para que fosse possível desenvolver soluções adequadas nas diferentes vertentes deste projeto;
4. **Definição do Processo de Controlo da Qualidade:** Identificação dos potenciais defeitos do ecoponto, elaboração de tabelas de inspeção e desenvolvimento ferramenta de apoio ao processo de aceitação de lotes;
5. **Processo de Embalamento:** Medição de tempos de modo a determinar a capacidade de produção máxima mediante os recursos disponíveis;

6. **Planeamento dos Processos Logísticos:** Desenvolvimento de uma ferramenta à medida das necessidades da LIPOR, capaz de efetuar o planeamento da produção e previsão de encomendas a fornecedores;
7. **Indicadores de Desempenho e Ferramentas de Monitorização:** Definição de indicadores que pudessem traduzir a situação do sistema e incorporação dos mesmos na ferramenta do tópico anterior. Adicionalmente foi criado um sistema de codificação de lotes de modo a permitir o rastreamento dos mesmos;
8. **Fase de Implementação:** Apresentação de recomendações para a fase de implementação dos processos desenhados;
9. **Layout:** Estabelecimento da disposição dos materiais de forma a otimizar o processo produtivo, localização e organização de zonas de *stock* de produto acabado e de matérias-primas;
10. **Redação Documentos:** Elaboração do presente documento, bem como dos manuais de utilização das ferramentas desenvolvidas no âmbito do processo de controlo da qualidade e planeamento dos processos logísticos.

1.5 Estrutura da Dissertação

O presente documento iniciou-se com a introdução da LIPOR, do seu propósito e vertentes de ação. Seguidamente foi realizado um enquadramento do projeto, bem como os objetivos e metodologia seguidos ao longo do mesmo.

No segundo capítulo, Revisão da Literatura, são detalhados os temas relacionados com o projeto. Na vertente da logística do processo de abastecimento são apresentadas as abordagens de planeamento da produção existentes, as técnicas de dimensionamento de lotes, os mecanismos de segurança e a definição dos diferentes custos. No que diz respeito aos processos de controlo da qualidade o foco recaiu sobre as abordagens de aceitação de lotes. Posteriormente é descrito o papel dos indicadores de desempenho e a sua importância para a monitorização de processos. Por fim são apresentadas considerações a ter em conta na construção do *layout*.

No terceiro capítulo, Descrição do Problema, são descritos o produto e os testes de mercado efetuados anteriormente. No mesmo capítulo é apresentada a situação inicial, sendo detalhadas as restrições de contratação na função pública, os recursos disponíveis e as previsões de vendas para os primeiros anos.

No quarto capítulo, Trabalho Desenvolvido, são abordados os processos de planeamento de necessidades de materiais, mecanismos de monitorização desenvolvidos, indicadores de desempenho definidos, sistema de codificação para identificação de lotes, o processo de controlo da qualidade, considerações para a fase de implementação e informações relativas ao *layout*.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões e as perspetivas de trabalho a ser desenvolvido futuramente, como continuidade do trabalho efetuado na presente dissertação, sendo realizadas considerações sobre oportunidades de melhoria dos processos.

Capítulo 2

Revisão da Literatura

A revisão da literatura aborda os principais temas utilizados como fundamento teórico ao longo da presente dissertação. O projeto apresenta três componentes distintas, tendo estas por base as seguintes temáticas: Logística do processo de abastecimento de materiais, processos de aceitação de lotes e princípios base para o desenho do *layout*. Cada uma destas áreas foi analisada e detalhada para que as decisões fossem tomadas de forma ponderada e consciente. De seguida foi realizada a referência à definição e importância do estudo de indicadores de desempenho (KPI) para o controlo de processos e deteção de oportunidades de melhoria, o que será particularmente relevante nesta fase em que a LIPOR se prepara para entrar no mercado.

2.1 Logística de Abastecimento

Mendanha (2015) citando Vollmann, Berry & Whybark (2006), define o planeamento e controlo da produção (PCP) como a gestão do fluxo de materiais, pessoas e equipamentos de forma eficiente. Tradicionalmente o PCP tem como propósitos a minimização dos *stock*, *lead times* e custos associados ao processo, ao mesmo tempo que se constrói um sistema capaz de responder a mudanças no mercado, garantindo o cumprimento das datas de entrega aos clientes.

Segundo Hotta (2015), as decisões a cargo do PCP podem ser divididas em três níveis: estratégico, tático e operacional. O primeiro nível, está associado a decisões e metas de longo prazo. O seu objetivo consiste em contruir uma visão geral do sistema, de modo a se inferir a necessidade de possíveis alterações de estratégia como expansão da empresa, modernização da fábrica, implantação de novas unidades fabris, diversificação e inovação de produtos.

No nível tático, as decisões restringem-se a um horizonte temporal de 1 a 3 anos, sendo delineado o plano mestre de produção, que consiste na definição das quantidades dos produtos finais a produzir em cada período.

Por fim, no nível operacional são desenvolvidos os planos de curto prazo, incluindo o planeamento das necessidades de materiais e da capacidade. Este nível é responsável pela programação da produção, emissão de ordens de compras, fabricação e montagem, assim como o acompanhamento e controlo da produção (Mendanha (2015)).

No âmbito deste projeto foi relevante uma análise mais detalhada dos conceitos teóricos e processos inerentes às decisões de natureza operacional. De acordo com Jonsson and Mattsson (2006), ao longo da história diversos métodos para o planeamento e controlo de fluxos de materiais têm vindo a ser desenvolvidos, variando na sua aplicabilidade, na medida em que a sua eficiência depende das características do ambiente no qual são utilizados. No âmbito dos métodos de planeamento de materiais utilizados na manufatura, abordados por Jonsson and Mattsson (2006), destacam-se: *Re-order point method*, *Kanban* e *Material requirements planning (MRP)*.

Em concordância com Ghiani et al. (2004), no *re-order point method (ROP)* o inventário é continuamente monitorado, sendo que no momento em que o valor líquido de inventário atinge o nível do *re-order point (ROP)*, uma quantidade constante Q^* , determinada pelo modelo *Economic order quantity (EOQ)* (abordado seguidamente), é encomendada. De forma a garantir a funcionalidade deste modelo, o nível no qual é atribuído a designação de *re-order point (ROP)* corresponde à quantidade de inventário que garante que não ocorrerá rutura de *stock* durante o *lead time*, isto é durante o tempo de ciclo do fornecedor.

No que diz respeito ao método de *Kanban* quando um item é retirado do ponto de *stock* final, a última estação de trabalho da linha recebe autorização para substituir esse item. Esta estação de trabalho envia um sinal de autorização (*Kanban*) para a estação de trabalho a montante para substituir o item utilizado, sendo que o processo se repete de jusante para montante, ao longo da linha de produção (Jonsson and Mattsson (2006)).

À semelhança do *re-order point method (ROP)*, na estratégia de utilização de *Kanbans* a emissão de ordens é realizada mediante informações do estado do sistema, sendo desencadeadas de jusante para montante, o que é designado por um sistema *pull*. Neste tipo de sistema a liberação de ordens de produção é efetuada no momento em que as encomendas de clientes são recebidas, permitindo que o produto seja customizado à medida do pedido do cliente. A produção é desencadeada e regulada pelo cliente e portanto classificada como uma estratégia *Make-to-order (MTO)*. A implementação de um esquema de funcionamento desta natureza contribui para a redução do *stock* de produtos acabados, sendo o tempo de resposta às encomendas equivalente ao *lead time* de produção (Bullington (2001)).

Contrariamente aos métodos mencionados anteriormente, o *Material requirement planning (MRP)* é considerado um sistema *push*, uma vez que as ações são planeadas tendo por base as previsões de procura e não o estado do sistema (Bullington (2001)). Neste contexto a calendarização da produção tem por base os pedidos previstos, produzindo-se para *stock*, o que é designado como *Make-to-stock (MTS)*. Quando uma encomenda é recebida, esta é atendida recorrendo aos itens existentes em *stock*, permitindo uma maior rapidez na entrega dos produtos ao cliente. Em contrapartida, geralmente maiores custos de manutenção de inventário são incorridos, bem como ruturas ou retenção excessiva de *stock* poderão ser desencadeadas.

Mendanha (2015), citando Vollmann, Berry & Whybark (2006), afirma que o MRP é excelente no planeamento da produção, mas fraco no controlo. Enquanto sistemas do tipo *pull* são excelentes no controlo e fracos no planeamento da produção, quando a procura não é constante. Mais recentemente começaram a ser adotados sistemas híbridos, nos quais os dois tipos de sistemas

trabalham juntos, mas em produtos ou itens diferentes, na tentativa de conseguir retirar o melhor de cada tipo de sistema.

Olhager (2003) defende que a decisão estratégica da adoção de uma metodologia do tipo MTO ou MTS deverá ter em conta as características do produto, do mercado e do processo de produção. Neste seguimento o autor aponta que para produtos customizáveis ou com grande gama de variantes, a estratégia MTO é particularmente atraente. Por sua vez, o MTS é favorável para a produção de produtos padronizados.

No que diz respeito ao mercado, a volatilidade e o volume da procura, bem como a velocidade de resposta exigida, são fatores importantes. MTO é mais vantajosa num ambiente de mercado em que a volatilidade da procura é elevada, havendo, portanto, grandes variações ao longo do tempo, o que se traduz numa grande dificuldade de efetuar previsões de vendas. Adicionalmente, tem-se que a comercialização em baixo volume de vendas é favorável a esta estratégia. MTS contrariamente é adequada para procuras menos voláteis e, portanto, mais previsíveis ou com volumes de vendas superiores (Olhager (2003)).

No âmbito do processo de produção, baixos *lead times*, uma grande flexibilidade, uma boa integração vertical e uma estrutura descentralizada da organização são favoráveis ao MTO. Perante um cenário oposto a estratégia MTS é mais indicada (Olhager (2003)).

2.1.1 Quantidade Económica do Pedido e Ponto de Reordenação

Segundo Peter et al. (2014), o objetivo da abordagem *economic order quantity (EOQ)* é a determinação da quantidade de inventário a produzir ou comprar em cada reposição, equilibrando os custos de manutenção de *stock* e de pedidos de produção ou de reabastecimento respetivamente. Este modelo apresenta alguns pressupostos, entre os quais a inexistência de incerteza associada à procura, sendo consequentemente considerada constante ou passível de ser descrita por uma distribuição conhecida. Adicionalmente a abordagem do EOQ admite que o *lead time* é nulo, ou seja pressupõe-se que o produto fica instantaneamente disponível para satisfazer a procura. Por último, este modelo subentende que existe unicamente um produto ou a produção dos diferentes produtos é independente, podendo ser analisados individualmente.

Em concordância com esta abordagem o custo total por unidade de tempo, pode ser obtido pela Equação 2.1:

$$Y(Q) = \frac{hQ}{2} + \frac{kD}{Q} + cD \quad (2.1)$$

Onde:

D, Taxa da procura (em unidades de produto por unidade de tempo);

c, Custo unitário de produção, sem contar custos de *setup* ou *stock* (unidade monetária por unidade de produto);

k, Custo fixo de *setup* (pedido), isto é, o custo para fazer e receber um pedido (em unidade monetárias);

h , Custos de manutenção de *stock* (unidade monetária por unidade de produto por unidade de tempo), no caso de este custo corresponder unicamente aos juros do dinheiro empatado no inventário, então $h = ic$ onde i corresponde à taxa de juros;

Q , Tamanho do lote (em unidades de produto).

O tamanho do lote que minimiza $Y(Q)$ na função de custo da Equação 2.1, também designada por *Economic order quantity* será dada pela Equação 2.2:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2kD}{h}} \quad (2.2)$$

A quantidade resultante da aplicação da abordagem de EOQ é então definida como fixa, sendo encomendada sempre que o nível de *stock* atinge o ROP. A representação gráfica desta abordagem é demonstrada na Figura 2.1.

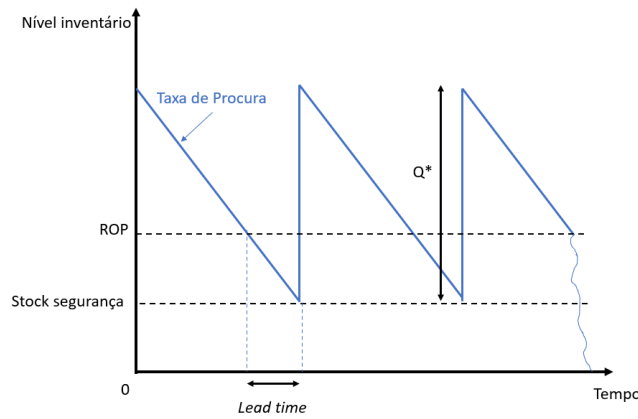


Figura 2.1: EOQ e ROP, adaptado de Peter et al. (2014)

Posteriormente inúmeras extensões do modelo EOQ foram desenvolvidas, de modo a aliviar algumas das suposições que se revelam irrealistas. Ghiani et al. (2004) propuseram o modelo de lote económico de produção (EPL), no qual descartam o pressuposto de *lead time* nulo e admitem uma taxa de produção finita, sendo esta constante, determinística e superior à taxa da procura (D).

García-Laguna et al. (2010) por sua vez, apresentam uma alternativa aos modelos EOQ para o contexto em que a quantidades Q^* tem necessariamente de corresponder a um número inteiro ($Q > 0$ e $Q \in N$). No modelo tradicional de EOQ, a procura é tratada como uma variável contínua, podendo admitir valores decimais, o que na realidade é evidente que esta apenas poderá assumir valores naturais. No entanto, na maioria das aplicações práticas o Q^* é suficientemente grande para que seja satisfatório tratar a procura como contínua, arredondando posteriormente o valor de Q^* para o inteiro mais próximo. Mais interessante será analisar a extensão deste modelo no contexto em que Q^* apenas poderá assumir quantidades múltiplas de um lote padrão. Neste, a solução ótima pode ser determinada pela Equação 2.3:

$$Q_l^* = a(-0.5 \sqrt{0.25 + \frac{2kD}{ha^2}}) \quad (2.3)$$

Onde "a" representa a quantidade do lote padrão definido. Segundo García-Laguna et al. (2010), no caso de Q_l^* que resulta da Equação 2.3, não ser um número inteiro, significa que existe uma única solução ótima, que corresponde a aproximação ao número inteiro mais próximo. Por outro lado se a Equação 2.3 resultar num valor inteiro de Q_l^* , existem duas soluções ótimas Q_l^* e $Q_u^* = Q_l^* + a$.

Ben-Daya et al. (2006), por sua vez, desenvolveram uma adaptação do modelo EOQ de modo que sejam tidos em conta os custos de inspeção de lotes, do retrabalho de unidades não conformes e custos inerentes à aceitação de unidades não conformes. Este artigo desenvolveu diferentes métodos para o cálculo consoante seja realizada inspeção total aos lotes, inspeção a apenas uma amostra, ou aceitação sem qualquer inspeção.

Os modelos desenvolvidos por Ben-Daya et al. (2006) revelaram-se mais realistas, na medida em que considera a existência de itens não conformes, o que não é tido em conta em nenhum dos modelos anteriores. Porém a utilização destes modelos implicam o conhecimento da distribuição da fração de unidades não conformes dos lotes recebidos, sendo portanto essencial o conhecimento histórico do nível de qualidade de encomendas a fornecedores, o que torna o modelo inadequado para aplicação perante novos fornecedores.

2.1.2 Planeamento de Necessidade de Materiais

Kiran (2019) descreve o *material requirement planning (MRP)* como uma ferramenta de planeamento, calendarização da produção e controlo de inventário. O mesmo autor afirma que o MRP converte o plano mestre de produção (MPS) para produtos finais num cronograma para a matéria-prima e componentes utilizados, de forma a garantir que as necessidades dos clientes são cumpridas. Consequentemente, o MRP estabelece a ligação entre a procura independente (originada fora do sistema, produtos finais) e dependente (por componentes que compõem produtos finais), o que não acontecia no método do ROP.

De acordo com Bullington (2001), tratar os dois tipos de procura (dependente e independente) de forma equivalente leva a ineficiências na programação da produção. De referir que o MRP trata o tempo como uma variável discreta, agrupando as quantidades requeridas em cada um dos intervalos, tradicionalmente dias, semanas ou meses.

Segundo o mesmo autor, os *inputs* básicos do MRP são:

- *Bill of materials (BOM)*, lista os componentes e respetivas quantidades na constituição do produto final, bem como a sequência pela qual são requeridos na produção do mesmo;
- *Lead times*, tempos de ciclo de produção e de encomendas aos fornecedores;
- Políticas de dimensionamento de lotes;

- Plano mestre de produção (MPS), que contém informações relativas às quantidades necessárias e data de vencimento para cada pedido de compra;
- Disponibilidades atuais de *stock* do produto final e de cada um dos itens presentes no BOM do produto.

Os *outputs* deste método são essencialmente o planeamento e especificação das ordens de produção e compras, avisos de alteração e relatórios de exceção (Bullington (2001)).

Conforme indicado por Kortabarria et al. (2018), o MRP evoluiu para o MRP II e posteriormente para o *Enterprise Resource Planning (ERP)*, no entanto o "motor" básico usado para conduzir os sistemas de informação no ERP ainda é o sistema MRP tradicional. O mesmo artigo indica que mais recentemente surgiu o *Demand Driven MRP (DDMRP)*, no qual apenas os itens considerados críticos são mantidas em inventário, de modo a proteger o sistema, sendo que os restantes são produzidas apenas quando necessário. Este método apresenta um melhor desempenho em ambientes de produção dinâmicos, sendo capaz de responder de forma mais eficaz à variabilidade e ajustar o nível de *stock*, mantendo o nível de serviço ao cliente.

2.1.3 Técnicas de Dimensionamento de Lotes

A problemática de dimensionamento de lotes apresenta duas componentes distintas, a determinação da quantidade e o momento para a produção ou encomenda de um lote. Ao longo da história surgiram diversas metodologias para o dimensionamento de lotes, as quais podem ser utilizadas como ferramentas base no desenvolvimento do plano de produção ou do planeamento de encomendas futuras a fornecedores.

Bullington (2001) apresenta alguns dos métodos de dimensionamento de lotes, consistindo o mais simples em produzir ou encomendar exatamente o que é necessário em cada período, conhecido como *Lot-for-Lot*. Apesar da sua simplicidade no processo de determinação das quantidades a produzir ou encomendar, esta política tem como principal desvantagem implicar que em cada período se incorra em custos de *setup*, o que pode não ser aceitável no caso de estes custos serem elevados.

Uma alternativa é a fixação de um valor da quantidade produzida ou encomendada, que se repetirá sempre que uma ordem for efetuada. Na determinação desta quantidade recorre-se tradicionalmente ao método EOQ.

Bullington (2001) aborda ainda o algoritmo de *Wagner Whitin (WW)*, o qual permite relaxar a suposição de procura constante do EOQ. Este recorre a um modelo de programação dinâmica para obter o tamanho de lote que a cada momento minimiza os custos totais. Baciarello et al. (2013) menciona o *Silver Meal heuristic (SM)*, que determina a quantidade da ordem que minimiza os custos por unidade de tempo. O *Least total cost method (LTC)* seleciona a dimensão de lote no qual os custos de *setup* e de manutenção de *stock* são mais próximos. Por sua vez, o *Least unit cost (LUC)* seleciona o tamanho de lote com menor custo unitário.

No que diz respeito à complexidade matemática e exigência computacional, é evidente que os modelos, *Lot-for-Lot* e EOQ, são menos exigentes e mais facilmente compreendidos, ao passo que

os restantes modelos exigem um esforço computacional superior, no entanto poderão obter melhor *performance* em ambientes com maior incerteza na procura e alguma flexibilidade no sistema de produção (Baciarello et al. (2013)).

O processo de seleção da técnica a utilizar no dimensionamento de lotes consiste na simulação e comparação dos custos totais de cada método referidos anteriormente, sendo selecionado o que implicará menores custos incorridos num dado período de tempo. Fatores como restrições de espaço de armazenamento ou limitações na capacidade produtiva, podem ditar a impraticabilidade do planeamento resultante de alguma técnica de dimensionamento de lotes mencionada.

2.1.4 Mecanismos de Segurança

Guide Jr and Srivastava (2000) afirmam que a incerteza pode existir a diversos níveis: procura, oferta, rendimento ou capacidade. A incerteza é o principal fator responsável por fenómenos como ruturas, acumulação excessiva de *stock* ou atrasos nas entregas aos clientes. Por conseguinte, métodos como o MRP que se baseiam nas previsões de vendas e que assumem que as mesmas são deterministas, exigem o recurso a mecanismos que protejam o sistema contra a incerteza e a aleatoriedade (Bullington (2001)).

De acordo com Jonsson and Mattsson (2006), os mecanismos de segurança configuram-se tradicionalmente em *buffers* de quantidade ou de tempo, podendo estes ser aplicados em todos os métodos de planeamento de materiais anteriormente abordados. Os mesmos autores indicam que existe preferência para o uso de *lead times* de segurança quando existe incerteza nos tempos da procura ou oferta e o uso de *stocks* de segurança quando há incerteza nas quantidades.

Uma vez evidente que os níveis de incerteza são significativamente diferentes ao longo das fases de vida do produto, o dimensionamento do *stock* de segurança dependerá fortemente da fase de vida na qual o produto se encontra. Hsueh (2011) investigou as políticas de controlo de *stock* em sistemas de fabricação e remanufactura, tendo proposto métodos distintos para o cálculo do *stock* de segurança para cada uma das diferentes fases do ciclo de vida do produto (introdução, crescimento, maturidade e declínio). Segundo este artigo, o *stock* de segurança (S_s) necessário para evitar a rutura de *stock* e manter um nível de serviço elevado, durante a fase de introdução do produto pode ser obtida pela Equação 2.4:

$$S_s = z_\alpha \sigma_d \sqrt{t_i} \quad (2.4)$$

Onde z_α a função de probabilidade acumulada inversa da distribuição normal, representa coeficiente de serviço. Consequentemente quanto maior α , maior o *stock* de segurança necessário. A título de exemplo, para um nível de serviço requerido de 97,7%, tem-se que $\alpha = 0,9972$ e $z_\alpha = 2$, enquanto que para um $\alpha = 0,9987$, $z_\alpha = 3$ (Ghiani et al. (2004)).

Hsueh (2011) assume que a procura pode ser descrita por uma distribuição normal com valor médio esperado de D e desvio padrão σ_d , o que implica um conhecimento do histórico da procura, para que a normalidade possa ser verificada e se possa estimar estes parâmetros.

2.1.5 Custos Relevantes

Ghiani et al. (2004) considera que os custos de manutenção do *stock* englobam o custo de oportunidade e de armazém, aos quais Peinado and Graeml (2007) adicionam uma terceira componente relativa ao custo do risco de deterioração ou obsolescência.

O custo de oportunidade correspondem ao retorno sobre o investimento que a empresa poderia obter caso investisse a mesma quantia numa atividade econômica mais lucrativa (por exemplo, no mercado de ações) em vez de *stock*, podendo assim ser estimado este custo com base na taxa de juros bancária padrão (Ghiani et al. (2004)).

Os custos de armazém integram os custos de espaço, equipamento, salários de pessoal, seguros, custos de manutenção, energia e impostos. No caso de a empresa não possuir um armazém próprio estes custos equivalem à taxa paga para armazenar as mercadorias em armazém de terceiros (Ghiani et al. (2004)).

A terceira componente, custo associado ao risco de deterioração ou obsolescência, tem em consideração a deterioração sofrida pelos materiais com o passar do tempo, perdendo as propriedades químicas ou físicas. Outros materiais podem se tornar obsoletos rapidamente, pelo surgimento de produtos ou tecnologias mais modernas (Peinado and Graeml (2007)).

No que diz respeito aos custos com pedidos, são mencionas três componentes distintas: custos de transporte, de *setup* e administrativos. O custo de transporte corresponde ao valor pago pelo transporte de um pedido, normalmente apresentando uma forte componente fixa até um determinado número de unidades de material, equivalente à capacidade do equipamento de transporte utilizado, a partir do qual o preço pode aumentar. O custo de *setup* inclui o custo de preparação de máquina ou linha de produção e o custo do tempo de paragem da produção. Por fim, a componente de custos administrativos tradicionalmente são custos considerados fixos por pedido, isto é, independente do volume de material solicitado, englobam os custos da mão de obra para a emissão do pedido, para a carga e descarga e os custos da inspeção da qualidade no recebimento (Peinado and Graeml (2007)).

Segundo Ghiani et al. (2004), os *shortage costs* correspondem aos custos envolvidos nos pedidos de clientes não atendidos ou atendidos com atraso, incluindo o lucro que teria sido realizado com a venda perdida, o efeito negativo no que diz respeito à percepção do cliente relativamente à imagem da marca, podendo-se refletir negativamente nas vendas futuras e possíveis penalizações que a empresa pode incorrer pelo atraso de entrega da encomenda.

2.2 Indicadores de Desempenho

Sistemas de medição do desempenho são procedimentos e indicadores que medem de forma precisa e constante o desempenho dos processos. Varisco et al. (2018) afirma que estes indicadores permitem à organização identificar e comprovar lacunas entre o desempenho real e desejado.

A utilização destes indicadores, comumente designados de *Key performance indicators (KPI)* é motivada pela possibilidade de os utilizar para melhoria dos processos, criando valor para a empresa (ISO (2014a)).

A competitividade crescente dos mercados atuais e o aumento da complexidade dos processos são "motores" para a adoção deste tipo de indicadores por parte das organizações. Note-se que a definição de KPI não se restringe à vertente financeira, podendo abranger aspetos relacionados com os consumidores ou processos internos (Varisco et al. (2018)).

A norma ISO 22400-2:2014 estabelece um conjunto de indicadores considerados os mais significativos nos processos industriais, segundo a qual KPI são medições quantificáveis e estratégicas que refletem os fatores críticos de sucesso de uma empresa, permitindo compreender e melhorar o desempenho da produção, tanto do ponto de vista da eliminação de resíduos como do ponto de vista empresarial para atingir objetivos estratégicos (ISO (2014b)).

Os processos industriais são muito diversos pelo que a escolha dos indicadores deve ser criteriosa e cuidada, tendo em conta a relevância dos indicadores no contexto da organização. Consequentemente os aspetos que garantem a competitividade da empresa no mercado devem ser traduzidos e controlados através dos KPI. Na perspetiva de Varisco et al. (2018), estes indicadores devem ser específicos o suficiente para que a avaliação do desempenho da organização tenha em conta as suas especificidades e simultaneamente gerais o suficiente para que seja possível comparar a *performance* de diferentes operações.

Segundo ISO (2014b), para alguns indicadores poderá ser conveniente a definição de valores de limites específicos e limites de alerta. Os limites de alerta ajudam a detetar as tendências no processo permitindo que ações sejam tomadas no sentido de contrariar a tendência verificada e evitando que o limite específico seja atingido.

Os KPI podem ser classificados como *lagging indicators*, no caso de se basearem nos resultados da atividade passada ou *leading indicators*, quando se relacionam com a atividade corrente ou no estado a alcançar pelo sistema no futuro. Uma rápida interpretação dos indicadores estabelecidos é usualmente conseguida através da construção automática de *dashboards*, que de forma sintética apresentam a informação dos KPI selecionados. (Eckerson (2009))

A eficiência e adequação dos indicadores de desempenho é frequentemente avaliada recorrendo à caracterização SMART (*Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound*), segundo a qual um KPI deve ser explícito e de significado único, deve ser mensurável, atingível, relevante para a área de negócio em causa e com um prazo definido (Ishak et al. (2019)).

2.3 Processo de Controlo da Qualidade

A teoria do *Iron triangle* define o Custo, Prazo e Qualidade como os três indicadores de sucesso de um projeto. Na perspetiva de Stojcetovic (2013), a qualidade é um fator importantíssimo no contexto de competitividade presente nos mercados atuais, podendo conferir vantagens competitivas valiosas. Neste artigo são enfatizados os principais benefícios de um bom nível de qualidade

dos processos, entre os quais: aumento da satisfação dos clientes, redução de custos que resulta da diminuição de retrabalho necessário e aumento da produtividade.

No contexto em que o presente projeto se insere, uma vez que os diferentes componentes que constituem o produto final são produzidos pelos fornecedores, o processo central de controlo da qualidade recairá na receção dos lotes. Garantida a qualidade do material rececionado, a LIPOR conseguirá assegurar o nível de qualidade do produto final que irá comercializar.

O processo de aceitação de lotes, segundo Montgomery (2009), dispõe de três abordagens alternativas: aceitação do lote sem qualquer inspeção de controlo da qualidade, realização de inspeção a todos os itens de um lote (100% de inspeção) ou basear a tomada de decisão relativa à aceitação ou rejeição do lote na inspeção por amostragem.

O mesmo autor revela que, em regra geral, a alternativa de não inspeção é utilizada no caso de fornecedores que ofereçam uma qualidade excecional, com índices de capacidade de processo elevados, o que torna injustificável a alocação de recursos na inspeção destes itens. Por outro lado, a inspeção de 100% dos itens é utilizada quando a aceitação de qualquer item não conforme poderá resultar em custos inaceitáveis, como por exemplo em peças de aviões.

Montgomery (2009) enumera diversas razões para a frequente preferência pela abordagem de amostragem de aceitação, entre as quais o carácter destrutivo do teste de inspeção ou a inviabilidade da inspeção de 100% dos itens por falta de recursos ou tempo.

No mundo real, seja qual for o procedimento adotado na inspeção dos itens, este está inerentemente associado a um certo grau de incerteza, que resulta da ocorrência de dois tipos de erros: tipo I e tipo II que correspondem, respetivamente, à rejeição errônea de uma unidade conforme e a aceitação errônea de uma unidade não conforme. Neste contexto a probabilidade de ocorrência de um erro do tipo I representa o risco do produtor e de um erro do tipo II corresponde ao risco do consumidor (Montgomery (2009)).

2.3.1 Amostragem de Aceitação

Os planos de amostragem de aceitação podem-se configurar em planos simples, duplos, múltiplos ou sequenciais. O plano de amostragem simples recorre à recolha e inspeção de uma única amostra, de n unidades escolhidas de forma aleatória, a partir da qual a decisão de aceitação ou rejeição do lote é tomada. Na aplicação de um plano de amostragem dupla, perante o resultado da inspeção da primeira amostra poderá ser necessária a recolha e análise de uma segunda amostra para que seja tomada a decisão. Os planos múltiplos e sequenciais de amostragem sucedem da extensão para um maior número de amostras avaliadas por lote do método anteriormente referido (Montgomery (2009)).

Segundo Montgomery (2009), qualquer um dos tipos de planos de amostragem de aceitação podem ser desenhados de forma que um mesmo lote tenha igual probabilidade de ser aceite, para um mesmo nível de qualidade especificada pela organização, pelo que a escolha do tipo do plano a utilizar deverá recair sobre questões como eficiência administrativa, fiscalização exigida ou o impacto no fluxo de materiais. Schilling and Neubauer (2017) reforçam esta ideia afirmando que um princípio básico da administração de planos de amostragem é que os métodos e procedimentos

sejam seguros, certos, rápidos e simples, isto porque o objetivo final destes planos é a sua aplicação em chão de fábrica, onde devem ser compreendidos e confiáveis por não estatísticos, como inspetores, operários ou supervisores.

Montgomery (2009) distingue os planos de amostragem por variáveis e por atributos. Procedimentos por variáveis avaliam características de qualidade medidas em uma escala numérica. No caso de atributos considera-se a proporção de unidades não conformes. De ressaltar que os procedimentos de variáveis assumem o pressuposto de que o parâmetro em questão segue uma distribuição normal, pelo que é recomendada a realização de testes à normalidade para que tal seja assegurado. Mediante o objetivo pelo qual se pretende desenvolver um plano de amostragem, e se o mesmo se refere a variáveis ou atributos, diferentes metodologias de análise são aconselhadas, sendo estas sintetizadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Procedimentos de Amostragem de Aceitação: in Montgomery, Douglas C, Introduction to statistical quality control, Montgomery (2009), 2009

Objetivo	Procedimentos Atributos	Procedimentos Variáveis
Garantir níveis de qualidade para consumidor/produtor	Selecione o plano para a curva OC específica	Selecione o plano para a curva OC específica
Manter a qualidade numa meta	Sistema AQL, ISO 2859, MIL STD 105E, ANSI/ASQC Z1.4	Sistema AQL, ISO 3951, MIL STD 414, ANSI/ASQC Z1.9
Assegurar o nível médio de qualidade de saída	Planos Dodge-Romig, Sistema AOQL	Sistema AOQL
Reduzir inspeção, com tamanhos de amostra pequenos, histórico de boa qualidade	Amostragem em cadeia	Medição de limite estreito
Reduzir a inspeção após um histórico de boa qualidade	Amostragem por lote, Amostragem dupla	Amostragem por lote, Amostragem dupla
Garantir a qualidade não pior do que o alvo	Planos Dodge-Romig, Planos LTPD	Teste de hipóteses, Planos LTPD

Tal como indicado na Tabela 2.1, o plano de amostragem pode ser desenhado tendo por base a curva de característica operacional (OC). Esta curva pode ser utilizada como medida de desempenho e poder discriminatório de um plano de amostragem, uma vez que traça a probabilidade de aceitar o lote dependendo da proporção de itens defeituosos do lote. Os *inputs* para que seja possível a construção de um plano de amostragem com base na curva OC são o risco do produtor (α) para um lote com a fração defeituosa (p_1) e o risco do consumidor (β) para um lote com a fração defeituosa (p_2).

Montgomery (2009) revela que é comum a definição de (p_1) como AQL, isto é, a fração máxima de não conformes que, para fins de amostragem de aceitação, pode ser considerada satisfatória pelo consumidor como média do processo. Por sua vez (p_2) é definido frequentemente como LTPD, que corresponde ao nível mais baixo de qualidade que o consumidor está disposto a aceitar em um lote individual. Com esta informação e recorrendo a um monógrafo das OC é então possível definir os parâmetros, o tamanho da amostra (n) e o número de aceitação (c), do plano de amostragem.

Em concordância com Montgomery (2009), MIL STD 105E são procedimentos de amostragem padrão para inspeção por atributos, que posteriormente foram adaptados com as normas ANSI/ASQC Z1.4 e ISO 2859. No que diz respeito às variáveis os procedimentos de amostragem padrão são descritos pela MIL STD 414, igualmente adaptados para as normas ANSI/ASQC Z1.9 e ISO 3951. Os *inputs* para a aplicação desta metodologia resumem-se ao AQL e ao tamanho do lote alvo de inspeção. Estes procedimentos destinam-se a amostragens simples, duplas ou múltiplas e oferecem três níveis de inspeção (normal, rigorosa ou reduzida) bem como as condições pelas quais se deve adotar cada dos diferentes níveis.

Montgomery (2009) indica que planos de amostragem como os de Dodge–Romig, que enfatizam a proteção do LTPD, são frequentemente preferidos aos planos de amostragem orientados por AQL. No entanto os planos Dodge–Romig apenas se aplicam no caso de os lotes rejeitados serem sujeitos a 100% de inspeção. Adicionalmente implica que a fração média não conforme seja conhecida, dificultando a sua aplicação para novos fornecedores.

2.3.2 Teste de Amostragem por Atributos: ISO 2859

Os procedimentos de amostragem para inspeção por atributos têm como principal objetivo induzir uma pressão (económica e psicológica) da possível não aceitação de lotes, a fim de manter uma média de processo pelo menos tão boa quanto o limite de qualidade de aceitação (AQL) especificado. Segundo ISO (1999), a média do processo corresponde à percentagem de não conformidades durante um período em que o processo está sendo monitorado.

Consoante a definição em ISO (1999), o valor de AQL corresponde ao limite máximo aceitável da percentagem de itens não conformes por cem itens e que deverá ser estabelecido perante acordo entre as partes, por meio de um contrato. Os conceitos de média do processo e AQL não devem ser confundidos, sendo desejável que a média do processo seja inferior ao AQL, para que não ocorra a rejeição de um grande número de lotes. Por outro lado, ISO (1999) ressalva que a estipulação do AQL não dá o direito de o fornecedor enviar itens não conformes de forma consciente.

Segundo o mesmo autor, os esquemas de amostragem estipulados destinam-se essencialmente a uma série de lotes, todos gerados pela mesma fonte, que seja suficientemente longa para permitir a aplicação das regras de permutação entre níveis de inspeção. A comutação entre os níveis pretende oferecer proteção ao consumidor, definindo planos de amostragem mais rigorosos caso seja detetada a deterioração da qualidade e um incentivo para a melhoria da qualidade, estabelecendo planos de inspeção reduzida, traduzindo-se em menores custos de inspeção, quando a qualidade oferecida se revela consistentemente.

Uma das principais adaptações verificadas de MIL STD 105E para ISO 2859 foram as regras de comutação, sendo as mesmas ilustradas na Figura 2.2.

Segundo ISO (1999), no caso da utilização dos planos de amostragem ISO 2859 para inspeção de lotes isolados o utilizador deverá ter em conta as curvas OC para encontrar o plano que ofereça a proteção do consumidor desejada.

De forma sintética, o procedimento estabelecido pela ISO 2859 consiste em, recorrendo às tabelas definidas pela norma, traduzir o tamanho do lote na letra de código na qual se insere.

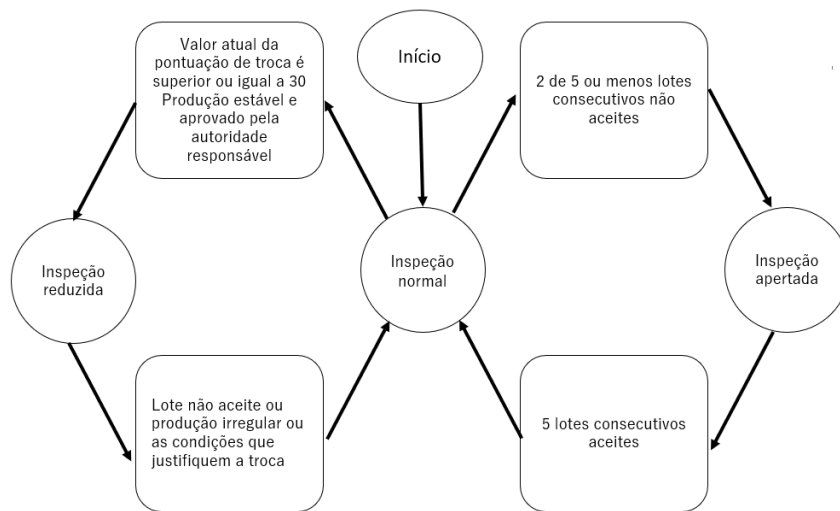


Figura 2.2: Regras de Permutação entre Níveis de Inspeção: in ISO, Sampling procedures for inspection by attributes —Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection, ISO (1999), 1999

Seguidamente mediante a letra de código relativa ao tamanho do lote e o valor de AQL definido, o plano de amostragem pode ser obtido nas tabelas de inspeção normal, apertada ou reduzida mediante o nível de inspeção definido no momento. Caso a interseção da linha e coluna destas tabelas não tenha um plano de amostragem atribuído, as tabelas direcionam o utilizador por meio de setas ou círculos para um plano de amostragem distinto e que deve ser adotado.

2.4 Planeamento do Layout

O desenho do *layout* do chão de fábrica é, por definição, o estabelecimento da disposição dos diferentes elementos no espaço de manufatura usando os recursos disponíveis, incluindo mão de obra, matérias-primas, ferramentas, recursos económicos e métodos de produção dentro da fábrica. O planeamento do *layout* tem como objetivo a máxima utilização e efetivo uso dos recursos, de modo a diminuir os custos operacionais. Simultaneamente devem ser criadas condições que permitam a implementação de um sistema de controlo e condições que ofereçam conforto e segurança a todos os intervenientes (Kiran (2019)).

Um *layout* comprometedor reflete-se em elevados custos de manipulação, inventário em processo, tempos de paragem e manutenção, aumento da frequência de acidentes e danos por manipulação incorreta. Por sua vez o planeamento e implementação de um *layout* adequado, apresenta diversos benefícios, dos quais destacam-se: eliminação de áreas ocupadas desnecessariamente, redução do trabalho administrativo, melhoria no controlo e supervisão, aumento da segurança e satisfação dos operários, redução de atrasos de fabricação e aumento da capacidade de produção decorrente de um uso mais eficiente dos recursos disponíveis (Kiran (2019)).

A otimização do *layout* é um passo crucial para a construção de um processo mais *Lean*, eliminando trabalho sem valor agregado (Sutari and Rao (2014)). Diversos métodos surgiram com o intuito de auxiliar a definição do *layout* mais adequado, entre os quais o *Systematic layout planning (SLP)*. Esta tem em consideração as relações das diferentes atividades, espaço e equipamentos, na construção do *layout*, sendo amplamente utilizada na otimização e desenvolvimento do mesmo.

Partindo de metodologias como o SLP é possível o estabelecimento da disposição dos diversos departamentos da organização de forma que o processo possa decorrer com maior eficiência. No entanto, o planeamento ao nível de cada posto de trabalho é também relevante, dado a sua influencia na *performance* do processo.

Finnsigård et al. (2011) propõem três indicadores para uma análise comparativa entre diferentes cenários de disposição dos materiais: espaço, atividades sem valor agregado e ergonomia. Neste sentido defendem que a *performance* no posto do trabalho resulta diretamente da disposição do material que permite a redução do espaço utilizado, a eliminação das atividades sem valor agregado e que forneça condições ergonómicas de trabalho.

No que diz respeito ao planeamento do processo e disposição das ferramentas no posto de trabalho, Crowson (2006) apresenta alguns princípios a ter em consideração. Segundo este autor devem ser estabelecidos e devidamente sinalizados locais fixos para cada ferramenta ou material utilizados. Esta localização deve ter em conta a proximidade do ponto no qual o seu uso é requerido ao mesmo tempo que oferece a melhor sequência de movimentos ao operário.

Tal como indicado por Finnsigård et al. (2011), a ergonomia do processo deve ser alvo de análise, uma vez que influência de forma significativa o conforto, satisfação e produtividade dos operários. A ergonomia é definida pela APSEI (2022), como a aplicação do conhecimento científico no *design* de objetos, sistemas e tecnologia utilizada pelo ser humano com o objetivo de garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores e aumentar os níveis de produtividade.

Tarefas acima do nível dos ombros e abaixo do nível dos joelhos, levantamento e carregamento de cargas pesadas, atividades monótonas, ambientes ruidosos ou mal iluminados, são mencionados pela APSEI (2022) como fatores com riscos ergonómicos. No que é relativo à altura na qual são dispostos os diferentes materiais, Finnsigård et al. (2011) adota o modelo de VASA. Este modelo relaciona a altura e o impacto ergonómico, estabelecendo três categorias (vermelho, amarelo e verde) representadas na Figura 2.3, de acordo a gravidade do potencial impacto causado.

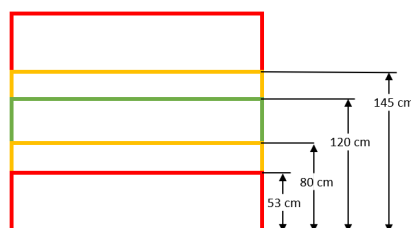


Figura 2.3: Modelo VASA, adaptado de Finnsigård et al. (2011)

As medidas da Figura 2.3 são relativas ao patamar de deslocação do operário, sendo esta a posição que deve ser acedida pelo operário sem recurso a equipamentos. Os materiais cuja utilização é muito frequente devem ser localizados na zona verde, a zona amarela poderá comportar materiais utilizados com pouca frequência. No entanto a zona vermelha deve ser reservada unicamente para materiais cuja utilização é muito pouco frequente dado o impacto ergonómico nefasto.

A terceira característica analisada pelo autor corresponde ao espaço ocupado por um dado processo, o qual depende diretamente das características do material utilizado, nomeadamente do tamanho dos itens. Finnsgård et al. (2011) indicam que a relação entre o espaço ocupado e a proporção de atividades sem valor agregado é evidente, uma vez que implica que uma maior distância seja percorrida pelo operário no decorrer do processo.

A ideologia da eliminação das tarefas sem valor agregado, bem como a definição das mesmas, decorrem da metodologia *Lean* que consiste numa perspetiva de gestão organizacional cujo principal objetivo é maximizar o valor ao cliente, reduzindo custos e prevenindo desperdícios.

Uma organização que pretenda por em prática o *Lean Thinking* deve começar por definir o que é valor sob a ótica do cliente, identificar o fluxo de valor e redefinir os processos eliminando as etapas que não agregam valor (desperdício). Uma vez que o desperdício foi removido do fluxo de valor, o próximo passo é garantir que as etapas restantes funcionam sem interrupções nem atrasos. Seguidamente a empresa procura adotar uma estratégia *pull*, permitindo desta forma reduzir ao máximo o *stock*. Por fim esforços devem-se focar na melhoria contínua de tudo que está envolvido no fluxo de valor (Womack and Jones (2003)).

Oito categorias de desperdício são listadas neste contexto: superprodução, excesso de movimento, espera, *stock*, excesso de movimentação de material, correção de defeitos (retrabalho), excesso de processamento e perda de criatividade (subutilização de habilidades de recursos) (Munro et al. (2015)).

Capítulo 3

Descrição do Problema

Neste capítulo é caracterizado o produto no âmbito da qual esta dissertação foi desenvolvida e é descrita a situação encontrada no momento inicial, sendo apresentados para o efeito dados e restrições a ter em consideração no desenvolvimento do projeto.

3.1 Produto

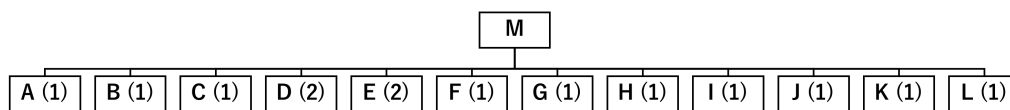
O produto que a LIPOR pretende comercializar corresponde a um ecoponto doméstico, cuja idealização é do gestor de projetos da UIDI. A ideia do produto surge na sequência da identificação de uma oportunidade na reciclagem do polipropileno (PP), sendo este um dos tipos de plásticos mais utilizados na atualidade e que até ao momento era encaminhado para recicladores externos.

O ecoponto desenvolvido recebeu em 2018 um prémio internacional de *design* atribuído por FAMA E, uma fundação que tem como objetivo: “apoiar e destacar iniciativas que nos permitam reduzir a nossa pegada ambiental nos principais setores da economia circular”(FAMA E (2022)).

O produto corresponde a um ecoponto com *design* inovador, prometendo quebrar o estigma tradicional deste mercado, apostando num conceito mais apelativo e divertido. Entre as forças deste produto destaca-se o facto de ser produzido a partir de plástico reciclado, ter dimensões relativamente reduzidas tornando-o mais versátil e permitindo ser utilizado em divisões mais pequenas.

Este novo produto LIPOR contém diferentes componentes os quais foram encomendados a fornecedores selecionados numa fase anterior ao início da presente dissertação. A estrutura do produto é esquematizada no *Bill of materials* (BOM) representado na Figura 3.1. Por questões de confidencialidade a nomenclatura de cada item foi substituída para representação na presente dissertação, sendo o produto final denominado por "M" no BOM. Os itens esquematizados na Figura 3.1 representam os componentes do corpo ecoponto doméstico, instruções e embalagem.

Os componentes do corpo do ecoponto são produzidos por injeção de PP reciclado. Este procedimento consiste em derreter o PP, que é injetado em moldes, sendo adicionado corante para que a cor pretendida do item seja obtida. Esta técnica permite a moldagem em formatos bastantes complexos, sendo que pode variar de acordo com o tipo de máquina de injeção (Polibalbino

Figura 3.1: *Bill of Materials*

(2022)). Este processo é efetuado pelo fornecedor selecionado pela organização pelo que a LIPOR fica responsável pela etapa seguinte que corresponde ao processo de embalagem.

3.2 Situação Inicial

O processo de desenvolvimento deste novo produto foi iniciado em 2020 pela LIPOR. No momento em que a presente dissertação teve início, a LIPOR prepara-se para a fase de teste de mercado do processo de desenvolvimento de novos produtos representado na Figura 3.2:



Figura 3.2: Processo Simplificado de Desenvolvimento de um Novo Produto

De modo a obter um maior suporte no estudo de mercado, a organização recorreu à contratação de uma empresa especializada para efetuar um teste qualitativo, nomeadamente do tipo *focus group*, a partir do qual recolheu as primeiras informações relativas à reação e *feedback* dos participantes no que diz respeito ao ecoponto. Partindo deste estudo foi possível identificar pontos fortes e oportunidades de melhoria, assim como efetuar a segmentação do público-alvo. Consequentemente, o público mais propenso à aquisição do produto foi definido como, mulheres na faixa etária entre os 18 e os 50 anos, com um gosto sofisticado, descontraídas e com sensibilidade ambiental suficiente para que valorizem a separação dos resíduos.

Posteriormente foi realizado um teste quantitativo a um grupo de cerca de 600 pessoas, no qual foi efetuado um inquérito. Foi possível perceber a recetibilidade do público para a ideia do produto e a sensibilidade deste ao preço de comercialização. Mediante os resultados destes testes a LIPOR estabeleceu o preço pelo qual estaria disposta a comercializar o produto e efetuou as previsões de vendas para os primeiros três anos, sendo estas apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Previsão de Vendas

Ano	Vendas Previstas (unidades por ano)
Primeiro	5 000
Segundo	20 000
Terceiro	50 000

Estas previsões foram realizadas no âmbito dos anos de introdução do produto no mercado, pelo que a incerteza é elevada, sendo importante o estudo da evolução das vendas para que possíveis ajustes das previsões possam ser realizados. Adicionalmente note-se a aparente não sazonalidade do mercado dos ecopontos, uma vez não serem evidentes motivações para que a procura sofra oscilações significativas decorrentes da altura do ano.

A ideia concretizou-se num produto específico, tendo-se passado ao desenvolvimento do desenho técnicos das peças, seguida da sua transformação num protótipo em 3D recorrendo ao *software Solidworks*. Fornecedores para os diferentes componentes teriam sido contratados pela organização numa fase anterior, sendo que já teriam sido efetuados investimentos no desenvolvimento dos moldes para a produção dos componentes, que seriam utilizados no processo de injeção.

Os primeiros exemplares deste protótipo foram testados por membros da organização num teste de robustez do produto, desenvolvido pela LIPOR com o intuito de encontrar possíveis oportunidades de melhoria. No momento inicial desta dissertação, e de forma complementar ao teste realizado no seio da organização, a LIPOR preparava-se para efetuar um último teste do mercado, tendo para tal recorrido a uma empresa especializada na área, que selecionaria e acompanharia 50 pessoas, pertencentes ao público definido como alvo, para testarem o produto, obtendo-se consequentemente um *feedback* totalmente imparcial e mais alargado.

A LIPOR pertencendo à função pública é condicionada no processo de contratualização de matérias-primas pelas regras definidas pelo governo Português. Este processo é regulado pelo Decreto-Lei n.º 111-B/2017, que estipula os procedimentos na formação dos contratos públicos. No artigo 16.º do mesmo Decreto-Lei são apresentados os diferentes procedimentos pré-contratuais, das quais se realçam pela sua adaptabilidade ao contexto deste projeto: ajuste direto, consulta prévia e concurso público (Governo (2017)).

O ajuste direto é o procedimento em que a entidade adjudicante convida diretamente uma entidade, sendo este o procedimento mais simples e rápido. No entanto este procedimento é limitado em 20 000€ numa janela temporal de 3 anos na aquisição de bens ou serviços. Na consulta prévia, por sua vez, a entidade convida diretamente no mínimo três entidades à sua escolha para que estas apresentem as suas propostas. Este procedimento é limitado 75 000€ em 3 anos na aquisição de bens ou serviços. Por último, num concurso público, as entidades podem apresentar suas propostas, sendo a seleção regulada por critérios pré-definidos. Este procedimento é limitado a 144 000€ e 221 000€ em 3 anos para aquisição de bens ou serviços consoante a entidade seja o Estado ou entidade adjudicada (Governo (2017)).

Tendo em conta as previsões de vendas apresentadas na Tabela 3.1 e as restrições na contratação pública, a LIPOR pretende iniciar a contratação dos diferentes itens recorrendo ao ajuste direto pelo valor máximo de 20 000€. Note-se, no entanto, que a contratualização não implica que a quantidade total de itens que correspondem ao valor do contrato seja recebido pela LIPOR ao mesmo tempo.

Dada a impossibilidade de efetuar novo ajuste direto com o mesmo fornecedor no prazo de 3 anos, seguidamente perante a necessidade de novo fornecimento a LIPOR pretende efetuar um contrato sob o que está estipulado para uma consulta prévia pelo teto máximo de 75 000€.

Verificando-se o sucesso do produto no mercado e perante nova necessidade de fornecimento a LIPOR planeia avançar com um concurso público.

Num momento inicial desta dissertação, foi importante avaliar a situação da organização identificando os pontos fortes e fraquezas que possam refletir-se em oportunidades ou barreiras no decorrer do projeto.

Os principais pontos fortes correspondem à existência de recursos passíveis de utilização para a implementação da produção, nomeadamente recursos humanos que a LIPOR estaria disposta a alocar a este projeto, não havendo, portanto, necessidade de contratar mão de obra, espaço em armazém reservado para armazenamento do *stock* e para o processo de embalamento. Adicionalmente a organização dispunha de uma empilhadora, mesas, dois armários bem como algum *stock* dos diferentes itens, os quais são sintetizados na Tabela 3.2

Tabela 3.2: Stock Inicial dos Diferentes Itens

Item	Fornecedores	Stock inicial
A	Fornecedor A	1 000
B	Fornecedor B	500
C	Fornecedor C	500
D	Fornecedor D	10 000
E,F,G,H,I,J,K	Fornecedor E	500
L	Fornecedor L	5 000

A prévia seleção e estabelecimento de relação com fornecedores corresponde a um ponto positivo, na medida em que o início da comercialização não estará dependente deste mesmo processo.

No que diz respeito aos pontos que poderão despoletar dificuldades ao longo do projeto, destacam-se as restrições orçamentais, de contratação na função pública, bem como o elevado nível de incerteza associado à entrada num novo mercado. Por outro lado, a in experiência da organização no planeamento e execução dos processos associados à comercialização de produtos traduz-se no desconhecimento das melhores práticas da indústria, falta de tecnologias mais apropriadas e eficientes e na necessidade da aposta na formação dos recursos humanos para execução das diferentes tarefas.

Capítulo 4

Trabalho Desenvolvido

Neste capítulo é apresentado o trabalho desenvolvido no decorrer desta dissertação, sendo descritas as soluções elaboradas no âmbito dos processos logísticos e de controlo da qualidade. Adicionalmente foram elaboradas recomendações para a fase de implementação destes mesmos processos e foi apresentada uma proposta para o *layout* a ser adotado.

4.1 Planeamento de Necessidade de Materiais

Em conformidade com Mendanha (2015), o Planeamento e Controlo da Produção (PCP) influencia diretamente a gestão da organização, uma vez que a deficiência do mesmo tem repercussões nas mais variadas vertentes, entre as quais *stocks*, produção e setor financeiro.

Na fase de introdução no mercado, a LIPOR tem como objetivo criar uma estrutura que consiga responder de forma eficaz aos pedidos recebidos, minimizando, quanto possível, os custos associados e oferecendo um nível de serviço elevado, de forma a conseguir um bom posicionamento no mercado.

As restrições de contratação na função pública e o tempo necessário para a sua formalização, os *lead times* dos fornecedores e a restrita capacidade de produção da LIPOR traduzem-se numa baixa flexibilidade para variações no planeamento da produção. Consequentemente, uma política de produção por encomenda despoletaria grande instabilidade, o sistema teria dificuldade em responder de forma eficiente a oscilações significativas da procura, que pudessem ocorrer nesta fase introdutória de mercado.

Adicionalmente, o carácter não sazonal do mercado, o facto de o produto ser padronizado e não perecível, são fatores favoráveis à implementação de uma estratégia MTS. Neste sentido o planeamento de necessidades de materiais foi baseado na técnica MRP, a qual é inerentemente uma estratégia *push*. O planeamento da produção é desenvolvido de forma que a resposta aos pedidos previstos seja assegurada. Posteriormente, mediante as necessidades de matérias-primas decorrentes do planeamento da produção, é efetuada a calendarização das futuras ordens de encomenda.

Numa fase preliminar foi fundamental a recolha de informações, que correspondem aos *inputs* e restrições a serem contempladas no desenvolvimento de um MRP adaptado à realidade da organização. Seguidamente uma ferramenta MRP foi planeada e desenvolvida, recorrendo-se para o efeito ao *software* Excel, de forma a evitar investimentos num *software* mais sofisticado numa fase tão embrionária da LIPOR no mercado.

Mediante as necessidades verificadas no decorrer do desenvolvimento do MRP, foi utilizada programação em VBA. O ficheiro Excel principal recorre a um ficheiro de suporte, no qual são efetuados os cálculos subjacentes ao planeamento da produção e futuras encomendas a fornecedores, sendo os resultados exportados para o ficheiro principal.

Reconhecendo-se a importância de uma ferramenta versátil para a utilização futura, tornou-se possível a alteração dos parâmetros, assim como adicionar, elimina e alterar itens e fornecedores. A edição das células foi bloqueada, com o intuito de proteger a ferramenta de operações que possam danificar posteriormente o funcionamento, pelo que todos os dados são alterados recorrendo a formulários. A título de exemplo são apresentados os formulários de introdução de matérias-primas e produtos acabados na Figura A.1 do Anexo A.

Adicionalmente o código foi documentado e foi desenvolvido um manual descritivo do funcionamento desta ferramenta, oferecendo à organização um suporte consultável em caso de possíveis dúvidas na utilização.

Seguidamente, e de forma sintética, são apresentadas as folhas de cálculo que constituem a ferramenta desenvolvida, sendo estas abordadas com maior detalhe nos subcapítulos subsequentes:

- **"Instruções"**: Apresenta uma descrição sucinta das funcionalidades da ferramenta, a sua estrutura e os documentos de apoio. Recorrendo aos diferentes botões e respectivos formulários, esta folha de cálculo permite adicionar, eliminar ou alterar informações referentes a itens e fornecedores (Figura A.2 do Anexo A).
- **"Inputs"**: Exibe, por meio de tabelas, os atributos dos produtos e matérias-primas (Figura A.3 do Anexo A).
- **"Produção"**: Permite o cálculo do plano de produção, bem como a monitorização da evolução do sistema no que diz respeito aos produtos acabados (Figura 4.1).
- **"Encomendas Clientes"**: Permite o registo de pedidos de encomenda de clientes, efetuando uma previsão de data de conclusão do mesmo. Por outro lado, permite a monitorização do estado das encomendas, lançando alertas em caso de se prever atrasos nas entregas. A representação gráfica da quantidade encomendada por semana foi adicionada, com o intuito de permitir uma análise da evolução das encomendas e tendência das mesmas (Figura 4.6).
- **"Componente"**: Exibe o planeamento das ordens de encomenda a fornecedores que resulta das necessidades exigidas pelo planeamento de produção, sendo apresentadas as datas a partir das quais se deve efetuar a emissão de uma ordem de encomenda, a data prevista para a receção da mesma e a evolução do *stock* do item em questão. A Figura 4.3 corresponde ao *screenshot* da secção relativa ao item A.

- **"Fornecedores"**: Exibe por ordem cronológica as encomendas previstas a fornecedores apresentando informações como, a data na qual deve ser efetuada a encomenda, a quantidade e o fornecedor que lhe está atribuído. Adicionalmente são apresentadas as datas para os próximos contratos a serem efetuados, as quais são determinadas no ficheiro de suporte, mediante a introdução de previsões de vendas mensais para os próximos anos (Figura 4.4).
- **"Stocks"**: Permite uma análise comparativa da quantidade de cada item em *stock* e o nível definido como mínimo. Representações gráficas dos níveis de *stock* foram adicionadas, de modo a permitir uma rápida perceção da evolução dos mesmos. Um código de cores "semáforo" foi programado de forma a alertar perante a presença de níveis de *stock* preocupantes. A interface desta folha de cálculo é apresentada na Figura 4.5.
- **"Entrada Saída Material"**: Permite o registo de entrada e saída de matéria-prima ou produto acabado. Suas principais funções são documentar o destino de cada item evitando que situações de fraude possam ocorrer e permitir atualizar o nível de *stock* dos diferentes itens, de modo que seja possível efetuar posteriores análises comparativas entre o estado do sistema previsto e real. No caso das entradas corresponderem a lotes de matérias-primas, a referência para este novo lote é gerada automaticamente aquando do registo (Figura A.4 do Anexo A).
- **"Registo Produção"**: Permite o registo da produção efetuada, sendo automaticamente geradas as referências para os novos lotes de produto acabado. Simultaneamente permite a atualização dos níveis de *stock* dos diferentes itens e posteriores comparações de desvios na produção relativamente ao planeamento inicial (Figura A.5 do Anexo A) .
- **"KPI"**: Exibe os indicadores de desempenho, de forma a avaliar o sistema nas mais variáveis vertentes, sendo estas apresentadas de forma a oferecer ao utilizador uma rápida leitura do estado atual e evolução do sistema (Figuras 4.7).

Entre as potencialidades desta ferramenta MRP referem-se a visão global de todos os parâmetros de planeamento, controlo contínuo dos níveis de inventário, facilidade de compreensão e utilização, versatilidade para diferentes cenários decorrentes das alterações das informações relativas à procura, fornecedores, produtos e matérias-primas. Em contrapartida a principal fraqueza corresponde à sua dependência pelo correto e sincronizado registo do fluxo de materiais, a ser efetuado pelos utilizadores.

4.1.1 Planeamento da Produção

Tendo em consideração que a produção dos diferentes componentes fica a cargo dos fornecedores selecionados pela LIPOR, o processo produtivo no seio da organização é bastante simples, correspondendo ao processo de embalamento do ecoponto.

O planeamento da produção corresponde à calendarização do número de unidades do produto final a produzir em cada semana, sendo essencialmente dependente da capacidade de produção

instalada, do *lead time* de produção, do limite mínimo (lote mínimo) de unidades pela qual a organização estaria disposta a produzir por semana, das previsões de vendas, do nível de *stock* no momento inicial e do *lead time* de produção. No caso da LIPOR não foi considerada a existência de uma política de lote mínimo na produção semanal.

A fim de determinar a capacidade de produção a considerar como teto máximo diário, procedeu-se ao estudo do processo de embalamento tendo-se efetuado a cronometragem do mesmo, obtendo-se um tempo padrão de 3 minutos por unidade de produto. Tendo em consideração o facto de a LIPOR, nesta fase inicial, pretender alocar unicamente um operário, o equivalente a 35 horas semanais, tem-se que a capacidade máxima de produção é 700 unidades por semana.

No que diz respeito ao *lead time* de produção, foi considerado uma semana, o que significa que é possível iniciar e terminar o processo produtivo de um ecoponto neste período de tempo. No entanto, para processos mais complexos tal pode não se verificar.

A atualização do plano de produção é efetuada no botão "Atualizar", da folha de cálculo "Produção" (Figura 4.1) o qual abre os formulários da Figura 4.2 de forma sequencial.

Atualizar o planeamento de produção													
Data inicial		17/05/2022											
Data Atual		17/06/2022											
Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Data fim	17/mai	24/mai	31/mai	07/jun	14/jun	21/jun	28/jun	05/jul	12/jul	19/jul	26/jul	02/ago	09/ago
Previsão de vendas		100	120	150	150	180	180	200	200	210	230	250	250
Vendas efectivas	146	250	110	200	230	200							
Desvio		1,50	0,08	0,33	0,53	0,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Emissão ordens de produção		120	150	150	180	180	200	200	210	230	250	250	
Produção finalizada		185	120	150	150	180	180	200	200	210	230	250	250
Produção efectiva		200	150	145	150	100							
Disponibilidades previstas		185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
Disponibilidades reais	100	200	230	190	180	160							
Stock de segurança	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185

Figura 4.1: *Screenshot* Folha de Cálculo "Produção"

Estes formulários permitem a seleção do produto ao qual se pretende determinar o plano de produção, a introdução da previsão de vendas, do nível de *stock* atual de cada item pertencente ao BOM do produto e a encomendas a fornecedores, cuja ordem foi emitida em períodos anteriores, não tendo sido rececionadas até ao momento.

Esta informação é transmitida ao ficheiro Excel de suporte, que efetua os cálculos e retorna o planeamento da produção. A lógica base da programação que origina o plano de produção, encontram-se detalhados na Tabela B.1 do Anexo B.

(a) Formulário Previsão de Vendas

(b) Formulário Stocks Atuais

(c) Formulário Encomendas Realizadas Previamente

Figura 4.2: Formulário Planeamento produção

Na folha de cálculo "Produção" são exibidos os planos de produção dos produtos acabados para as 12 semanas seguintes, as necessidades brutas, que neste contexto correspondem às necessidades decorrentes das previsões da procura semanal introduzidas, a calendarização da produção e a projeção dos níveis de *stock* no final de cada período. Esta interface foi suplementada com o cálculo automático dos desvios verificados na procura, apresentação dos níveis reais da produção e de *stock*.

A atualização do plano de produção resulta no *reset* dos KPI e das tabelas de registo de entradas, saídas de materiais e produção. No entanto esta informação permanece armazenada no ficheiro Excel auxiliar "Histórico de Registos" criado com esta finalidade.

4.1.2 Planeamento de Encomendas a Fornecedores

Com o intuito de realizar o planeamento das encomendas a fornecedores, procedeu-se à recolha das seguintes informações: política de lotes, *lead times* de fornecedores e orçamentos para diferentes quantidades de matéria-prima. Por outro lado foram estimados os custos de manutenção de *stock* e custos fixos incorridos para efetuar uma ordem de encomenda.

No que diz respeito à política de lotes, duas características foram averiguadas: os lotes mínimos de encomenda e a aplicabilidade da restrição de lotes múltiplos. A determinação do *lead time*

dos fornecedores visa tornar possível antecipar a emissão da ordem de encomenda, de modo a que a matéria-prima esteja disponível no momento em que é requerida pelo plano de produção, isto é, sem provocar atrasos ou paragens do processo de embalamento. As características do serviço oferecido pelos fornecedores é sintetizada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Características Serviço de Fornecedores

Fornecedor	Lead time(dias)	Lote mínimo	Lote múltiplo
Fornecedor A	10	1 000	Não aplicável
Fornecedor B	5	-	Não aplicável
Fornecedor C	5	-	Não aplicável
Fornecedor D	35	10 000	Não aplicável
Fornecedor E	15	1 000	Não aplicável
Fornecedor L	95	5 000	Aplicável

Uma vez que o ficheiro MRP foi desenvolvido numa base temporal semanal, os *lead times* da Tabela 4.1 foram convertidos de dias para semanas, sendo para o efeito arredondados por excesso para o valor inteiro mais próximo. Esta modificação, motivada por restrições de funcionamento do MRP, resulta na criação de uma janela temporal de segurança, que permite a minimização da probabilidade de atrasos nas disponibilidades das matérias-primas utilizadas.

Com o propósito de minimizar os custos garantindo o cumprimento das necessidades, duas técnicas de dimensionamento de lotes foram utilizadas como alternativas para o planeamento de encomendas a fornecedores: *Lot-for-Lot* e *EOQ*.

Independente da técnica de dimensionamento de lotes, o cumprimento das políticas de lotes foi assegurado. Consequentemente, se a quantidade económica de encomenda, na abordagem do *EOQ*, for inferior ao lote mínimo definido pelo fornecedor, a metodologia é desconsiderada sendo selecionado o planeamento baseado na técnica *Lot-for-lot*. Note-se que a determinação do valor da quantidade económica de encomenda faz recurso à Equação 2.3 ou 2.2, mediante a adesão ou não adesão, por parte do fornecedor, à política de lotes múltiplos.

A lógica base da programação para a obtenção do planeamento de encomenda a fornecedores, é sintetizada na Tabela B.2 do Anexo B.

Os dois planos são calculados e comparados mediante os custos que se preveem estar associados, sendo selecionado para cada item o plano que resulta em menores custos. Neste sentido dois tipos de custos foram estimados, custos fixos de encomenda e custos de manutenção de inventário, sendo estes utilizados nos processos de cálculo do valor de *EOQ* e do total de custos previstos de cada técnica de dimensionamento de lotes.

Os custos fixos contemplam o custo da mão de obra correspondentes ao trabalho administrativo, receção, inspeção e alocação em armazém dos lotes. Neste sentido os tempos para estas tarefas foram estimados para cada um dos itens e multiplicado pelo custo da mão de obra, no caso da LIPOR considerou-se um valor de 7,43 €/hora. Os custos fixos são adicionados ao custo total sempre que se realize um pedido de encomenda.

Os custos de manutenção de *stock*, por sua vez, contemplam o custo de oportunidade e o custo de armazém, sendo os custos de risco de deterioração, numa base semanal, considerados desprezáveis no contexto do produto deste projeto. Os custos de armazém da semana *i* do item *X* são obtidos pela Equação 4.1:

$$h_{Xi} = y \times \frac{area_{paletteX}}{capacidade_{paletteX}} \times stock_{Xi} \quad (4.1)$$

Onde:

h_{Xi} , Custos de manutenção de *stock* associados ao item *X* na semana *i*;

y, Valor aluguer por m^2 por semana; Tendo por base diversos valores de rendas de armazéns na região do Porto, estimou-se o valor de *y* no contexto deste projeto em $1,25 m^2$ por semana;

$area_{paletteX}$, Área da base da palete utilizada para itens do tipo *X*;

$capacidade_{paletteX}$, Número máximo de itens transportados por palete definido para itens do tipo *X*;

$stock_{Xi}$, Número de itens *X* existentes em *stock* no final da semana *i*;

Os custos de oportunidade para cada item, também designados pelo custo de capital são obtidos segundo a Equação 4.2

$$Co = \sum_{j=1}^{12} VF_{(i)} - VP_{(i)} \quad (4.2)$$

sendo que:

$$VF_{(i)} = VP_{(i)} \times (1 + j)^n \quad (4.3)$$

Onde:

Co , Custo de oportunidade;

$VF_{(i)}$, Valor futuro;

$VP_{(i)}$, Valor presente, obtido pela multiplicação do valor médio do item, que foi obtida através dos orçamentos solicitados aos fornecedores, e a quantidade em *stock* no período *i* do planeamento,

j, Considerado uma taxa de juros anual de 0,04% anual e aplicando a regra da proporcionalidade obteve-se uma taxa de 0,00077% taxa semanal;

n, Corresponde ao número de períodos (semanas), neste contexto foi considerado o valor de 1, de modo a obter a cada semana custo de oportunidade por armazenar a quantidade em *stock* durante a semana *i*.

Os custos totais são obtidos pela soma dos custos de manutenção de inventário e dos custos fixos do pedido nas 12 semanas de planeamento.

O plano selecionado é então exportado para o Excel principal onde é exibido na folha de cálculo "Componentes" (Figura 4.3). Nesta folha é possível consultar o planeamento das necessidades, calendarização da emissão e receção de encomendas e acompanhar os desvios na evolução nos níveis de *stock*.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Semana		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Data fim		17/mai	24/mai	31/mai	07/jun	14/jun	21/jun	28/jun	05/jul	12/jul	19/jul	26/jul	02/ago	09/ago	
Necessidades			120	150	150	180	180	200	200	210	230	250	250	0	
Técnica de dimensionamento de lotes:	Lot for lot														
Chegadas planeadas															
Emissão ordens encomendas						1000					1000				
Entrega ordens encomendas			1000					1000					1000		
Disponibilidades Previstas			1130	980	830	650	470	1270	1070	860	630	380	1130	1130	
Disponibilidade Real		250	1050	900	755	605	505								
Stock segurança		953	953	953	953	953	953	953	953	953	953	953	953	953	

Figura 4.3: *Screenshot* Folha de Cálculo "Componente"

A calendarização dos pedidos de encomenda a fornecedores é sintetizada na folha de cálculo "Fornecedores" (Figura 4.4) de forma cronológica, oferecendo uma melhor gestão das mesmas.

Ref	Fornecedor	Previsão próxima contratação	Nº Registo	Componente	Fornecedor	Data prevista para encomenda	Quantidade
FF1	FornecedorA	Consulta Prévia a realizar em: Abril de 2023	1	A	FornecedorA	24/05/2022	1000
FF2	FornecedorB		2	B	FornecedorB	31/05/2022	150
FF3	FornecedorC		3	C	FornecedorC	31/05/2022	10000
FF4	FornecedorD	Consulta Prévia a realizar em: Maio de 2024	4	F	FornecedorE	31/05/2022	1000
FF5	FornecedorE	Consulta Prévia a realizar em: Junho de 2022	5	G	FornecedorE	31/05/2022	1000
FF6	FornecedorL	Consulta Prévia a realizar em: Outubro de 2023	6	H	FornecedorE	31/05/2022	1000
			7	I	FornecedorE	31/05/2022	1000
			8	J	FornecedorE	31/05/2022	1000
			9	K	FornecedorE	31/05/2022	1000
			10	L	FornecedorL	07/06/2022	5000
			11	A	FornecedorA	14/06/2022	1000
			12	B	FornecedorB	14/06/2022	250

Figura 4.4: *Screenshot* Folha de Cálculo "Fornecedores"

Restrições associadas à contratação na função pública não foram consideradas na programação do MRP, admitindo-se que a todo o momento um contrato válido com um fornecedor esteja em vigor, de modo assegurar que a programação do planeamento das necessidades de materiais possa proceder dentro dos parâmetros normais. Com o intuito de apoiar a organização na gestão da contratação pública tornou-se possível a determinação das datas na qual haverá necessidade de iniciar um novo processo de contratação. Esta calendarização é executada no ficheiro de suporte, mediante a introdução de previsões de vendas mensais para os próximos anos.

Os diferentes processos de contratação na função pública e a burocracia requerida estão associados a diferentes janelas temporais para serem realizados, tendo-se considerado que para um ajuste direto seriam necessários 2 meses, 4 meses para contratos por consulta prévia e 6 meses

para concursos públicos. A estas janelas temporais são adicionados os *lead time* do fornecedor e de produção, garantindo a antecedência necessária para que a produção das unidades previstas se possa verificar.

O valor de investimento necessário a cada mês é determinada pela Equação 4.4:

$$V_{(k,f)} = \sum_{i=1}^N P_{(k)} \times Vm_{(i)} \times fi_{(i)} \quad (4.4)$$

Onde:

$V_{(k,f)}$, Total do investimento requerido no mês k ao fornecedor f;

N, Número total de diferentes itens a cargo do fornecedor f;

$P_{(k)}$, Necessidades do produto acabado no mês k. As quais resultam das previsões de vendas subtraídas pelo *stock* existente;

$Vm_{(i)}$, Valor médio por unidade do item i. Este foi estimado tendo por base os orçamentos recolhidos inicialmente aos diferentes fornecedores;

$fi_{(i)}$, Número de unidades do item i necessárias para a produção de uma unidade do produto final. Esta informação decorre do BOM do produto (Figura 3.1).

Considerando uma distribuição uniforme pelos meses do ano das previsões de vendas da Tabela 3.1, sabendo que o primeiro contrato com os fornecedores foi realizado *a priori* mediante o definido para um ajuste direto pelo limite máximo de 20 000€, e tendo em consideração a intenção da LIPOR de seguir a sequência (Ajuste Direto -> Consulta prévia -> Concurso público) na tipologia de contratos, prevê-se que o plano de contratação dos próximos 3 anos deve seguir a seguinte calendarização:

- No 16º mês após o início da comercialização prevê-se a necessidade de preparar um novo contrato, mediante o definido para uma consulta prévia, para o item fornecido pelo fornecedor A. O mesmo se verifica para os itens relativos aos fornecedores D, E e L nos 31º, 6º e 19º meses respetivamente.
- No 25º mês haverá a necessidade de efetuar o primeiro contrato sob as condições de um concurso público para os itens fornecidos pelo fornecedor E.

A informação relativa à data prevista para o próximo contrato é então exportada para o ficheiro principal sendo possível consultar esta informação na folha "Fornecedores" (Figura 4.4).

4.1.3 Mecanismos de Segurança

Mecanismos de segurança foram implementados, nomeadamente a criação de *stocks* de segurança, e a definição de uma janela temporal designada por *lead time* de segurança. O principal objetivo corresponde a criar um *buffer*, motivada pela incerteza na procura, de modo a cobrir flutuações da mesma.

Um dos pontos a ter em conta no que diz respeito ao funcionamento do modelo MRP tradicional corresponde ao facto de se pressupor que a totalidade dos itens utilizados no processo cumprem os requisitos, não sendo consideradas rejeições de itens defeituosos. Evidentemente esta suposição é irrealista pelo que o mecanismo de segurança apresenta a função adicional de suportar os desvios resultantes da rejeição de itens ao longo do processo.

Em primeiro lugar foi estabelecido um *lead time* de segurança, entre o tempo necessário ao processo de embalagem e o tempo de resposta a uma encomenda. Neste sentido a data de vencimento de uma encomenda, isto é, a data até à qual a LIPOR se deve comprometer para a entrega ao cliente, é calculada na folha de cálculo "Encomendas Clientes" através da Equação 4.5:

$$Dv_i = Dr_i + \frac{Q_i}{Cp} \times Lt + Lt_s \quad (4.5)$$

Onde:

$Dv_{(i)}$, Data de vencimento da encomenda i ;

$Dr_{(i)}$, Data de registo do pedido de encomenda do cliente;

$Q_{(i)}$, Quantidade encomendada i ;

Lt , *Lead time* de produção em semanas;

Lt_s , *Lead time* de segurança;

Cp , Capacidade de produção semanal instalada.

Por outro lado, um nível de *stock* de segurança foi estabelecido para cada um dos itens. Perante a inexistência de registos históricos do mercado que possibilitem a definição de forma empírica do tamanho do *stock* de segurança, definiu-se que o mesmo corresponderia à média da produção prevista nas próximas 12 semanas multiplicada pelo *lead time* de produção. Uma fórmula semelhante aplica-se ao cálculo do *stock* de segurança da matéria-prima, tendo-se neste caso em consideração o *lead time* do fornecedor e as necessidades brutas previstas a cada semana, ao invés da produção.

4.1.4 Ferramentas de Monitorização

Tendo em conta o elevado nível de incerteza associado à entrada num novo mercado, definiu-se como prioridade a criação de uma ferramenta que, para além de executar o planeamento de necessidades de materiais, permitisse à organização analisar o estado do sistema e monitorar desvios. A complementação das funcionalidades tradicionais do MRP por este tipo de ferramenta de controlo visa minimizar a fraca *performance* do mesmo no controlo da produção. De forma a alertar a organização com alguma brevidade quando um desvio significativo é verificado e que pode levar a situações ineficientes, como acumulação excessiva de *stock* ou ruturas do mesmo.

As ferramentas criadas permitem monitorar aspetos como: desvios relativamente às previsões de vendas, encomendas dos clientes e os níveis de *stock*. No entanto o funcionamento das ferramentas é dependente do registo de receção ou expedição de itens, pedidos de encomendas de

clientes e quantidades produzidas na semana na qual as mesmas decorrem, de forma que a atualização do estado do sistema seja efetuada. Estas operações podem ser realizadas nas folhas de cálculo "Entrada Saída Materiais", "Encomendas Clientes" e "Registo Produção" respetivamente.

Na folha de cálculo "Produção"(Figura 4.1) é possível monitorar os desvios verificados nas vendas, avaliando a assertividade das previsões introduzidas inicialmente. Caso se verifiquem desvios significativos nas vendas efetivas relativamente às previstas será prudente efetuar o recálculo do plano de produção mediante previsões de vendas atualizadas, que tem em consideração a tendência de desvios verificada anteriormente.

Na folha de cálculo "Encomendas Clientes" (Figura 4.5) é possível monitorar as encomendas recebidas, sendo exibidas a data de vencimento, a data prevista para que a mesma seja completa tendo em conta o corrente plano de produção e o estado da encomenda. No que diz respeito ao estado da encomenda, um código de cores foi implementado de forma que a perceção desta característica fosse mais expedita. O estado de encomenda é definido como "Completa" e sinalizado a verde se a organização apresenta *stock* suficiente do produto em questão e este se encontra disponível para responder à encomenda, não havendo nenhuma encomenda anterior ainda não satisfeita. Se a encomenda puder ser completa finda a produção da semana atual, o estado da mesma é definida como "Em progresso" e sinalizado a amarelo, caso contrário será classificada com o estado "Em Espera" e sinalizado a vermelho.

Adicionalmente é originado um alerta perante a previsão de atrasos, o que significa que a data prevista de conclusão do pedido é posterior à data de vencimento da encomenda. De forma complementar o número de ecopontos encomendados é apresentado graficamente em função do tempo, o que para além de permitir uma análise rápida da evolução, é importante para a identificação de padrões e tendências a ter em consideração no estabelecimento das futuras previsões de venda.

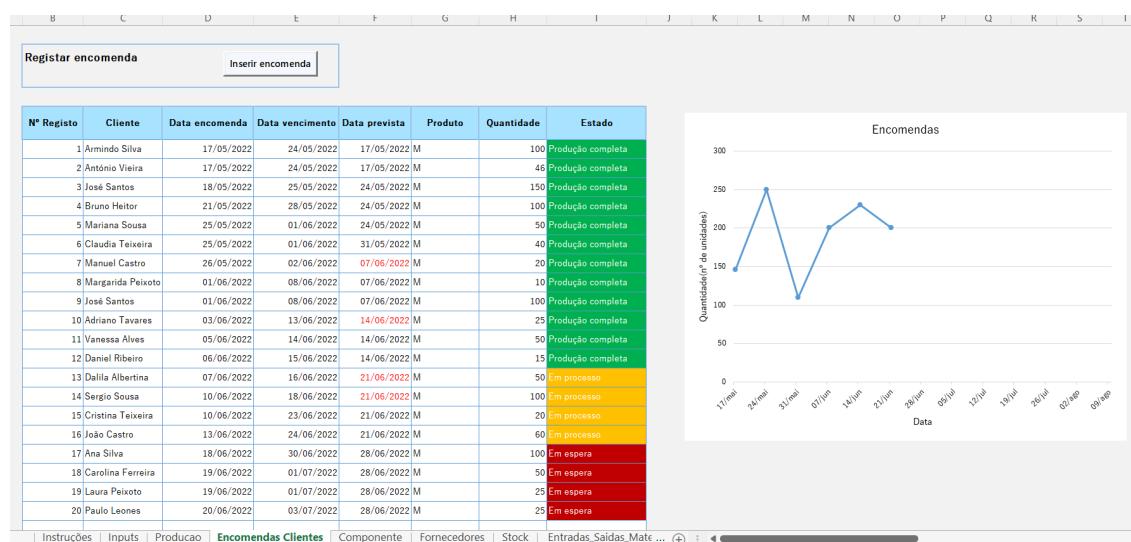


Figura 4.5: Screenshot Folha de Cálculo "Encomendas Clientes"

No âmbito da monitorização dos níveis de *stock* foi desenvolvida a folha de cálculo "Stocks" (Figura 4.6) na qual são exibidos os valores de *stock* real e *stock* de segurança de cada um dos itens,

bem como a representação gráfica da evolução dos mesmos. Um código de cores "semáforo" foi incorporado, com o intuito de que uma rápida leitura do estado do sistema fosse possível. O *stock* atual de um item é assinalado a vermelho se o mesmo é inferior ao estipulado como *stock* de segurança. A sinalização a amarelo ocorre sempre que o *stock* atual se aproxime do *stock* de segurança, não o excedendo em mais de 10%. Caso contrário o mesmo é assinalado a verde.

Por outro lado, se o *stock* de produto acabado atingir um nível igual ao dobro do nível definido como de segurança, este é sinalizado a azul. Note-se que tal não se verifica para as matérias-primas uma vez que o lote mínimo de encomenda em muitos casos excede esta barreira.

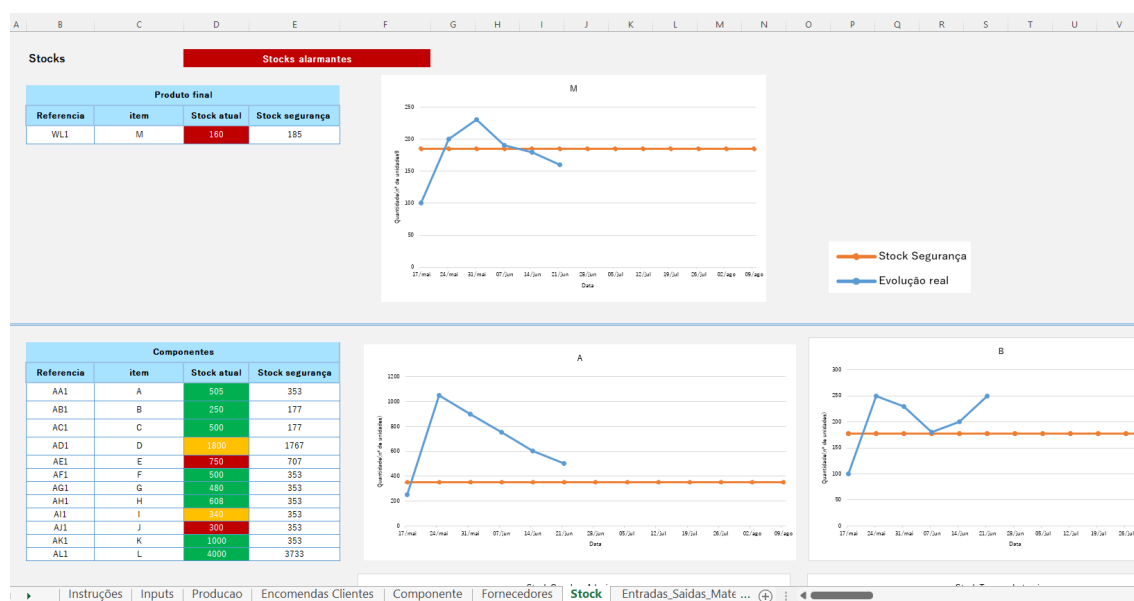


Figura 4.6: Screenshot Folha de Cálculo "Stocks"

4.1.5 Indicadores de Desempenho

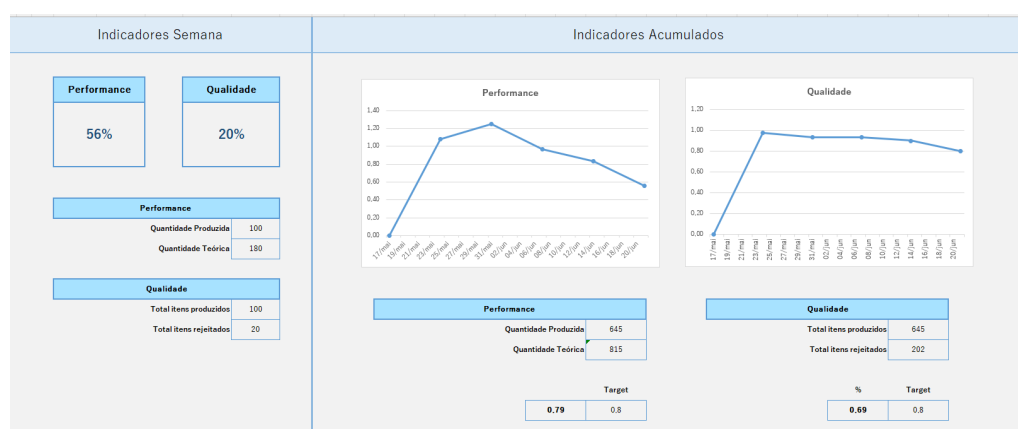
Uma das vantagens associadas ao registo de entradas, saídas de materiais e produção é a possibilidade de construção de indicadores de desempenho fiáveis e ajustados à situação atual. Consequentemente é possível efetuar uma análise comparativa do desempenho atual e sua evolução ao longo do tempo com os objetivos estabelecidos. Esta é importantíssima para a identificação de oportunidades de melhoria e consequente construção de planos de ações capazes de as desencadear.

Tendo em conta a estrutura da ferramenta desenvolvida e do processo de produtivo, selecionaram-se os seguintes indicadores de desempenho:

- **Qualidade:** Unidades rejeitadas relativamente ao número de unidades produzidas;
- **Performance:** Unidades produzidas relativamente à produção prevista;
- **Clientes (Satisfação):** Unidades devolvidas relativamente ao número de unidades vendidas;

- **Clientes (Rapidez de resposta):** Número de atrasos de entrega relativamente à data de vencimento da encomenda sobre o número de encomendas registadas;
- **Fornecedores (Qualidade do serviço):** Número de itens rejeitados relativamente ao número de itens recebidos, sendo este avaliado separadamente para os diferentes fornecedores;
- **Assertividade da previsões de vendas:** Número de unidades efetivamente vendidas relativamente às previstas inicialmente.

Com o intuito de permitir uma análise rápida dos diversos aspetos a considerar no estado do sistema foi criada a folha de cálculo "KPI" (Figuras 4.7) que funciona como um *dashboard*.



(a)



(b)

Figura 4.7: Screenshot Folha de Cálculo "KPI"

Relativamente à qualidade e *performance* são apresentados o valor decorrente da atividade da semana atual, o valor acumulado resultante da atividade a partir da data da última atualização do

planeamento de produção e ainda a evolução dos mesmos ao longo das semanas, representada graficamente. Todos os outros indicadores são avaliados de acordo, com os seus valores acumulados, isto é, desde a data da última atualização do planeamento.

Preconiza-se o recálculo do plano de produção quando os desvios de vendas reais relativamente às previstas forem muito significativos, pois esta situação poderá traduzir-se num desequilíbrio a todos os níveis do sistema. O não cumprimento da produção planeada e a rejeição de um número significativo de itens dos lotes recém-chegados, são factos prejudiciais e podem despoletar a necessidade de replaneamento. Os principais sinais de desequilíbrio são a ativação de alertas de níveis de *stock* e surgimento de atrasos previstos nas encomendas, para além da identificação de valores desfavoráveis de indicadores de desempenho.

Por outro lado, em caso de necessidade de alterações dos parâmetros ou atributos dos itens, a atualização do planeamento deve ser efetuada de modo que os novos valores sejam considerados.

Por último, se for identificado o aumento de encomendas acima da capacidade de produção instalada, é natural que a instabilidade do sistema seja desencadeada, uma vez que o sistema é incapaz de responder às necessidades. Consequentemente, se esta situação for recorrente, a organização deve ponderar aumentar a capacidade de produção, caso contrário tem de limitar as encomendas recebidas mediante a sua capacidade de produção.

4.2 Sistema de Identificação de Lotes

Verificada a necessidade de desenvolver um sistema capaz de permitir obter um maior controlo e rastreamento dos lotes, um sistema de geração de referências foi incorporada na programação do ficheiro MRP. As referências criadas contêm 12 caracteres seguindo a seguinte estrutura (Figura 4.8) :

- Nas matérias-primas ou componentes provenientes de fornecimentos externos, os primeiros 3 caracteres são indicativos do fornecedor, os 3 seguintes são identificadores da matéria-prima e os restantes 6 dígitos referentes ao número do lote.
- No caso de produto acabado, os 3 primeiros caracteres são indicadores do produto, os 6 seguintes indicam o lote e os últimos 3 dígitos são referentes à combinação de diferentes lotes das matérias-primas utilizadas.



Figura 4.8: Estrutura Referências

A adoção deste tipo de sistema para a geração de novas referências permite a identificação inequívoca de lotes. Dado o planeamento de produção ter como base temporal a semana, optou-se por definir a alteração dos dígitos referentes ao lote de acordo com a semana. A incorporação de uma proporção da referência identificadora da semana na qual se efetua o registo é um forte auxiliar para que seja possível respeitar FIFO (*First In, First Out*). Esta estratégia define que o primeiro lote a ser abastecido é o primeiro a ser consumido, evitando a retenção por longos períodos de tempo de itens e consequente possível degradação dos mesmos.

No que diz respeito aos 3 dígitos indicativos do fornecedor, produtos e matéria-prima são definidos pelo utilizador no momento de introdução dos mesmos no sistema, sendo esta informação guardada na folha de cálculo "Inputs"(Figura 4.1).

A identificação dos lotes das matérias-primas ou produto acabado, é requerida no registo de entrada e saídas de materiais. Por outro lado, também a combinação das referências dos lotes das matérias-primas são um *input* na geração de referências dos lotes de produto acabado no momento que o registo da produção é efetuado. Muito embora a introdução manual desta informação seja possível, quanto menor a intervenção humana na inserção de dados, menor a probabilidade de erros e, portanto, seria vantajoso a automação do processo.

Analisando as alternativas de sistemas de identificação descritas em Groover (2016), é possível perceber que os códigos de barras e especificamente os tipos de codificação 1D correspondem a uma tecnologia que permite a rápida identificação dos itens e cuja implementação do sistema está associada a um custo relativamente baixo quando comparado com as restantes alternativas.

Neste sentido preconiza-se que a etiqueta de identificação dos lotes contenha a referência de lote gerado pelo ficheiro MRP e a sua tradução num código de barras. Consequentemente a introdução da referência do lote quando requerida, poderá ser efetuada mediante a simples leitura do código de barras, reduzindo o tempo despendido e a frequência de erros de introdução de dados.

4.3 Processo de Controlo da Qualidade

Stojcetovic (2013) defende que a qualidade é um pilar fundamental da competitividade de uma empresa nos mercados do mundo atual. Neste sentido a implementação de um processo de controlo da qualidade robusto pode ditar o sucesso no mercado.

O controlo da qualidade pretende essencialmente efetuar uma triagem dos itens, de modo a evitar que itens defeituosos cheguem aos clientes. A receção de itens defeituosos por parte dos clientes tem repercussões negativas, na medida em que esta implica que a mão de obra, transporte e materiais utilizados para o processamento e armazenamento deste pedido se revele inúteis e, portanto, resultem em desperdício de recursos. Novos recursos têm de ser alocados para que os processos de devolução ou substituição possam decorrer, despoleta insatisfação por parte do cliente e afeta a imagem de marca, podendo restringir a expansão do produto no mercado.

Dado a LIPOR ser uma organização que pretende inserir-se no mercado pela primeira vez, é importante que a mesma contrua uma imagem positiva na perceção do cliente, de modo a assegurar um posicionamento favorável no mercado.

No que diz respeito à realização de inspeção aos diferentes itens foram definidos dois eventos *trigger* principais: a receção de lotes do fornecedor e a retenção de lotes por períodos iguais ou superiores a 1 ano. A reinspecção dos itens após o período longo de tempo surge da possibilidade de ocorrer degradação dos itens por manuseamento incorreto do inventário.

4.3.1 Planos de Inspeção

Numa fase inicial do desenho do plano de inspeção dos itens, foi efetuada uma análise aos requisitos na ótica do cliente, de modo a perceber que características é relevante verificar.

Uma das principais dificuldades no processo de controlo de qualidade corresponde ao facto de os itens do corpo do ecoponto serem produzidos a partir de PP reciclado, aumentando a possibilidade da existência de impurezas e consequentemente uma maior percentagem de defeitos.

Segundo Moayyedian (2018), os defeitos mais comuns em itens produzidos por processos de injeção são a retração, deformação, marcas de afundamentos, estrias, linha de soldadura, jato, peças incompletamente preenchidas, rebarbas, marcas visíveis do ejetor e criação de bolhas por aprisionamento do ar. No entanto a retração e deformação são fatores particularmente importantes devido à sua frequência, sendo um desafio superar o empenamento em peças com paredes finas.

O mesmo autor indica que existem essencialmente quatro fatores capazes de influenciar a qualidade final de um item produzido por injeção: *design* do item ou molde, parâmetros do material e do processo (temperatura de injeção, temperatura do molde, tempo e velocidade de injeção). A realização de testes de amostragem para controlo da qualidade apresenta duas principais finalidades: garantir o nível de qualidade do produto final entregue ao cliente e permitir identificar possíveis deficiências em algum dos quatro fatores referidos. No âmbito de interesse da LIPOR, uma taxa significativa de um tipo de defeitos pode indiciar a deterioração do molde utilizado ou aspetos de melhoria no *design* do produto ou molde.

O conhecimento dos defeitos mais significativos em processos de produção por injeção e a informação dos defeitos identificados no decorrer dos testes do produto foram tidos em consideração no desenvolvimento do plano de inspeção de cada item.

Identificadas as características a verificar em cada um dos itens presentes no BOM (Figura 3.1), estas foram documentadas em tabelas, Figura D.2 no Anexo D. Com o intuito de suportar o processo de inspeção foram especificadas as características a analisar, a descrição do método pelo qual devem ser verificadas, os requisitos e a classificação.

A classificação dos defeitos contém três categorias: Crítico, Maiores, Menores. A inclusão em cada uma das categorias tem em conta a gravidade do não cumprimento do requisito em questão, no entanto esta classificação apresenta um carácter subjetivo e dependente do conhecimento do agente responsável pelo desenvolvimento do plano de inspeção de qualidade.

Os defeitos menores, correspondem a pequenos desvios nas especificações, sendo praticamente impercetível para o cliente e não afetam a funcionalidade do produto, isto é, não invalidam a sua utilização.

Na categoria de defeitos maiores, deverão ser alocadas características cujo não cumprimento dos requisitos afeta negativamente a função do item, aparência ou desempenho. Este tipo de

defeito é perceptível ao cliente e pode levar à devolução do produto por parte do cliente, reclamação ou pedido de reembolso.

Por fim, defeitos com carácter crítico tornam um item completamente inutilizável ou pode causar danos ao usuário. Tradicionalmente é implementada uma política de "tolerância zero" para este tipo de defeitos. No caso particular do ecoponto doméstico não se verificou a adequação deste nível de classificação, no entanto o mesmo não foi desconsiderado no desenvolvimento da ferramenta descrita nos subcapítulos seguintes, de modo que a mesma fosse flexível para a utilização em situações futuras.

O desenvolvimento do plano de inspeção é um processo contínuo, pelo que sempre que se identifique um item que apresente um defeito ainda não documentado, este deve ser reportado para que se faça a atualização da tabela do item em questão, garantindo uma maior robustez do processo de controlo da qualidade.

Complementarmente preconiza-se o recurso a itens modelo, isto é, itens cujos requisitos sejam verificados na íntegra e possam ser usados como base de comparação na eventualidade do surgimento de dúvidas na execução do processo de inspeção.

Itens provenientes de devoluções por parte dos clientes, ou identificação de itens aparentemente não conformes durante o processo de embalamento, devem ser armazenados separadamente na área criada para o efeito, para posterior avaliação.

4.3.2 Processo de Aceitação de Lotes

Tendo em consideração a informação contida em Montgomery (2009), relativamente aos procedimentos de aceitação de lotes, definiu-se que seria adotada uma abordagem de teste por amostragem. Consequentemente perante a receção de um novo lote o procedimento a realizar é:

1. Registo da entrada do material no ficheiro MRP e etiquetagem do lote;
2. Determinação do tamanho da amostra a ser inspecionada com recurso à ferramenta Excel descrita no próximo subcapítulo;
3. Recolha do número de itens de forma aleatória até perfazer a dimensão da amostra definida;
4. Efetuar a inspeção de cada um dos itens da amostra, tendo em conta o plano de inspeção específico dos mesmos. Folhas de verificação, apresentadas na Figura D.1 no Anexo D, são utilizadas como auxiliares para anotação de defeitos identificados no decorrer do processo de inspeção, facilitando a contagem final. O operário regista o defeito, por meio de pontos ou traços, na linha correspondente, limitando-se a contar os mesmos no final da inspeção;
5. A sinalização da zona na qual foi identificado um defeito recorrendo a adesivos indicativos;
6. No caso de se concluir o não cumprimento do nível de qualidade contratualizado com o fornecedor, o mesmo deve ser reportado para que a decisão de rejeição seja validada. Caso o mesmo se verifique procede-se ao registo da saída do material no ficheiro MRP;

7. Se o nível de qualidade (AQL) contratualizado for verificado então os lote são reposicionados para a área do armazém reservada para o *stock* de matérias-primas. O registo da baixa dos itens identificados com defeito é realizado mesmo que estes não impliquem a rejeição do lote.

As folhas de verificação funcionam como documento de formalização do processo de inspeção realizada, sendo que se espera que as mesmas sejam guardadas como comprovativo da realização do mesmo.

Note-se, no entanto, que se considera que todos os defeitos classificados como maiores apresentam o mesmo nível de AQL definido. Se tal não se verificar para alguma das características avaliadas, esta deve ser avaliada separadamente sendo efetuado um teste de amostragem apenas direcionada à mesma.

4.3.3 Ficheiro Teste de Amostragem por Atributos

Para que o processo de controlo da qualidade de lotes se possa realizar de forma rigorosa, simples e rápido foi desenvolvido uma ferramenta em *software* Excel para a determinação automática dos parâmetros do teste de amostragem de acordo com a norma ISO 2859. Deste modo a programação teve por base as tabelas, regras de permutação entre níveis de inspeção e procedimentos definidos por esta norma.

A decisão da adoção de uma abordagem de aceitação de lotes tendo em conta testes de amostragem por atributos, ao invés de testes de amostragem por variáveis, decorre do facto de estes últimos implicarem maior tempo de mão de obra. Por outro lado, certas características como a cor, sujidade, ou legibilidade do logo são dificilmente avaliadas de forma quantitativa. Ainda de referenciar o facto de os testes de amostragem por variáveis implicarem a verificação da normalidade da característica avaliada.

Este ficheiro Excel foi programado de forma a tornar a sua utilização intuitiva e de fácil compreensão por parte dos futuros utilizadores. Com este propósito optou-se por apenas tornar os elementos visíveis e editáveis no momento que o mesmo é requerido e foram introduzidas mensagens que procuram guiar o utilizador ao longo do processo (Figura E.1 do Anexo E).

Houve a preocupação de tornar a ferramenta versátil e flexível para utilização em situações futuras, para além do projeto na qual esta dissertação se insere, sendo possível, por exemplo, introduzir novos itens (produtos ou componentes) no sistema. Adicionalmente procedeu-se à documentação da ferramenta, tendo se desenvolvido um guião prático de utilização do mesmo, assim como foi documentada a programação VBA para facilitar possíveis alterações.

Esta ferramenta é composta por diversas folhas de cálculo as quais são descritas seguidamente:

- **"Instruções de Utilização"**: O seu principal objetivo é eliminar qualquer dúvida relativa ao funcionamento e utilização da ferramenta (Figura E.2 do Anexo E). Adicionalmente esta permite a introdução de novos itens no sistema através do botão "Novo item" (Figura E.3 do Anexo E).

- **"Inputs"**: Página de uso principal na ótica do utilizador, determinado o plano de inspeção por amostragem adequado mediante a introdução dos dados relativos ao tamanho do lote, o valor de AQL e tipo de teste de amostragem (simples ou dupla). Os dados são introduzidos por meio de um formulário (Figura E.3 do Anexo E) que é aberto com o botão "Introduzir novos dados". Automaticamente são retornados os parâmetros do plano de amostragem (tamanho da amostra(s), número de unidades com defeito aceitável). Adicionalmente é apresentada a tabela do plano de inspeção correspondente ao tipo do item que constitui o lote. Seguidamente o resultado do teste de amostragem deve ser registado recorrendo ao botão "Inserir registo"(Figura 4.9).

Teste Amostragem Controlo de Qualidade de Lote

Dados introduzidos referentes ao lote do produto: **Tampa Topo**

Referência lote: AHFF900000

Nível de Qualidade Aceitável (AQL): 0,25

Tamanho do lote recebido: 5000

Reiniciar processo

Teste amostragem adequado: **Amostragem Única**

Tamanho da amostra a analisar: 200

Limite aceitação: 1

Limite Rejeição: 2

Nível inspeção: II

Registe o resultado da inspeção:

Número de itens não conformes: 0

Inserir registo

O que analisar:

Características	Tipo de testes	Requisitos	Qualificação			Notas
			Criticos	Maiores	Menores	
Fragilidade do invólucro	Visual	Fissuras Zonas visivelmente fragilizadas/injeção incompleta - Comparação item modelo		X		
Cor	Visual	Cor do item é idêntica à do cartão Pantone/Item modelo		X		
Logo/Nome/ Número do item	Visual	Legibilidade do logo do item, número da peça - comparação com item modelo		X		
Zona Encaixe	Visual/ Medição	Verificação da dimensão/diâmetro das roldanas de encaixe. Efectuar verificação com recurso a paquímetro digital, não deve exceder a medida estipulada no desenho		X		
Zona Encaixe	Visual/ Manual	Integridade da superfície interna de encaixe. Não devem conter bolhas, rebarbas, injeção incompleta ou deformação que possam comprometer o encaixe		X		
Manchas faces externas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras ou pintas resultante de material com impurezas - comparação com item modelo		X		
Marcas Fluro material faces externas	Visual / Medição	Verificar inexistência de marcas de fluro de material. Se defeito < 10 mm			X	
Marcas Fluro material faces externas	Visual/ Medição	Verificar inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças. riscos, zonas rodadas. Se defeito < 10 mm		X		
Marcas faces externas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças. riscos, zonas rodadas. Se defeito < 10 mm			X	
Marcas faces externas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças. riscos, zonas rodadas. Se defeito < 10 mm		X		
Marcas faces internas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras - comparação com item modelo			X	
Marcas Fluro material faces internas	Visual/ Medição	Verificar inexistência de marcas de fluro de material. Se defeito < 20mm		X		
Marcas Fluro material faces internas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças. riscos, zonas rodadas. Se defeito < 20 mm		X		
Marcas faces internas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças. riscos, zonas rodadas. Se defeito < 20 mm			X	
Marcas faces internas	Visual	Pintas coloridas resultantes de impurezas no material ou manchas - comparação com item modelo			X	
Zona Pega Abertura	Visual/ Manual	Garantir um bom acabamento na pega (sem rebarbas, ou superfícies cortantes) - comparação com item modelo		X		
Planeza	Visual/ Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos > 5 mm - Relógio apalpador		X		
Planeza	Visual/ Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos < 5 mm - Relógio Apalpador			X	
Rebarbas	Visual/ Medição	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos > 2 mm- Paquímetro		X		
Rebarbas	Visual/ Medição	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos < 2 mm- Paquímetro			X	
Acabamentos	Visual/ Manual	Acabamentos limpos, sem superfícies cortantes - Comparação com item modelo		X		
Acabamentos	Visual/ Manual	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das				

Instruções de Utilização Inputs Inspeção Atributos Template folha item Tampas Laterais Peça Topo Peça Bc ...

Figura 4.9: Screenshot Folha de Cálculo "Inputs"

- **"Inspeção Atributos"**: Apresenta as tabelas da norma ISO 2859 relativas aos planos de amostragem simples e duplos e que são utilizadas pelo ficheiro Excel durante o processo de determinação do plano de amostragem.
- **"Template folha item"**: Quando um novo item é introduzido no sistema, uma folha de cálculo com a designação identificativa do item é gerada tendo por base a folha de cálculo "Template folha item". Esta folha sintetiza a informação relativa ao histórico de testes de amostragem de itens de um tipo específico. Um código de cores foi utilizado, a vermelho são assinalados os testes de amostragem que resultaram no não cumprimento do nível de qualidade contratualizada, e a verde as que verificam o AQL. A eliminação do histórico é possível, no entanto, o mesmo só deverá ser efetuado quando o fornecedor do item é alterado, assegurando a correta aplicação das regras de permutação entre os níveis de inspeção definidos pela norma ISO 2859. Esta folha de cálculo permite a edição do plano de inspeção do item em questão (Figura 4.10).

Item Tampa Topo

Nível para o próximo teste de amostragem:

Número de comutação atual:

Características	Tipo de testes	Requisitos	Qualificação		Notas
			Critico	Menor	
Frangibilidade do produto	Visual	Provar Zonas vulneráveis (fragilidade) e verificar: Comparação com modelo		X	
Cor	Visual	Cor do item é idêntica à cor da embalagem usada		X	
Logótipo/Marca do item	Visual	Legibilidade do logótipo, valores de preço - comparação com item real		X	
Zona Escudo	Visual/Manual	Verificação de: aderência, glissade, das colunas de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Zona Escudo	Visual/Manual	Verificação de: aderência, glissade, das colunas de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja de montagem	Visual	Maneja de montagem - comparação com item real		X	
Maneja face interna	Visual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual/Manual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Maneja face interna	Visual	Item colado no suporte de montagem. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Zona Face Interna	Visual/Manual	Gerar um bom resultado no processo de montagem. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	
Placa	Visual/Manual	A peça não deve estar danificada. Diferença 15mm - Placa aplicada		X	
Placa	Visual/Manual	A peça não deve estar danificada. Diferença 15mm - Placa aplicada		X	
Rebordo	Visual/Manual	A peça não deve estar danificada. Diferença 15mm - Placa aplicada		X	
Rebordo	Visual/Manual	A peça não deve estar danificada. Diferença 15mm - Placa aplicada		X	
Acabamento	Visual/Manual	Acabamento lizo, com aparência correta - Comparação com item real		X	
Epóxido	Visual	Verificar integridade da face de suporte. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo. Item não está com o mesmo aspeto e aparência da foto do modelo.		X	

Limpar Histórico

Histórico de Registos:

Nº Registro	Data	Referência lote	Tamanho do lote	Tipo de teste realizado	Amostra recolhida	Ac	Nº peças não conformes	Veredito
1	20/03/2022	AH1FF5000001	5000	Amostragem Única	200	1	1	Lote cumpre nível de qualidade
2	28/03/2022	AH1FF5000002	1000	Amostragem Única	80	0	1	Lote não cumpre nível de qualidade
3	01/04/2022	AH1FF5000003	1000	Amostragem Única	80	0	0	Lote cumpre nível de qualidade
4	07/04/2022	AH1FF5000003	5000	Amostragem Única	200	1	3	Lote não cumpre nível de qualidade
5	08/05/2022	AH1FF5000007	1000	Amostragem Única	80	0	3	Lote não cumpre nível de qualidade
6	30/06/2022	AH1FF5000009	1000	Amostragem Única	80	0	0	Lote cumpre nível de qualidade
7	07/07/2022	AH1FF5000010	5000	Amostragem Única	200	1	3	Lote não cumpre nível de qualidade

Figura 4.10: Screenshot Folha de Cálculo "Templates folha item"

No que diz respeito à metodologia utilizada pela ferramenta, esta começa por localizar o código do tamanho da amostra na tabela da Figura E.4 do Anexo E, mediante os *inputs* do tamanho do lote e nível de inspeção. Seguidamente procura o valor de aceitação resultante da interseção da coluna do AQL selecionado e a linha do código anteriormente determinada. Se esta resulta numa célula sem valor numérico, o programa é conduzido pelas setas ou círculos para o plano que deve ser adotado.

A ferramenta efetua este processo de forma automática, assinalando o plano de amostragem mais adequado com a alteração da cor do fundo das células para amarelo na tabela da folha de cálculo "Inspeção atributos" correspondente (Figura E.5 do Anexo E). Note-se que se o valor de "ac", isto é número de itens com defeito considerado aceitável, do plano de amostragem mais adequado for maior que o tamanho da amostra, a ferramenta atribuirá o valor equivalente ao tamanho da amostra ao parâmetro "ac".

Por último se o AQL contratualizado com o fornecedor não for cumprido, a organização deveria contactar o mesmo fornecedor rejeitando o lote recebido. No entanto esta decisão tem implicações para a organização, que terá de assegurar a produção por um período de tempo superior ao previsto sem novo fornecimento do item em questão. Deste modo, a decisão de rejeição de um lote deve ser baseada no resultado do teste de qualidade, seguida da permissão dada pelo departamento de Logística. Este departamento avaliando a situação atual do sistema, toma a decisão mediante a comparação das perturbações que a rejeição implicará no sistema e os custos que decorrem da aceitação de itens defeituosos.

De forma adicional esta ferramenta pode ser utilizada como apoio ao processo de avaliação dos fornecedores. Neste sentido, um repetitivo não cumprimento do nível de qualidade acordado pode ser identificado e se o mesmo for considerado preocupante poderá levar à ponderação da alteração de fornecedor.

4.4 Considerações para a Fase de Implementação

Dada a impossibilidade de implementação no período no qual decorreu a presente dissertação, devido ao último teste de produto se encontrar ainda em desenvolvimento, algumas considerações foram redigidas no que diz respeito à fase de implementação dos processos. Neste contexto a documentação desenvolvida ao longo desta dissertação apresenta uma importância redobrada, na medida que corresponde ao registo do planeamento efetuado, o recurso a ser consultado para a compreensão das especificidades e procedimentos dos processos desenhados.

A implementação dos processos logísticos e de controlo da qualidade desenvolvidos ao longo deste projeto, devem ser precedidos pela seleção da mão de obra e formação dos intervenientes. Estas sessões formativas devem permitir a transmissão clara da informação, realização de demonstrações práticas da execução das diferentes tarefas e consciencialização dos operários para importância das mesmas.

Zomerdijk and De Vries (2003) defende que o sucesso do planeamento desenvolvido pelo MRP é dependente de dimensões como a alocação de responsabilidade e autoridade relativas ao planeamento de inventário, a qualidade da informação e os processos de tomada de decisão relevantes. Consequentemente admite que ruturas de *stock* possam ocorrer não por falta de controlo, mas por imprecisões nos registos de inventário e por falta de compromisso resultante da inexistência de um responsável pelo inventário. Por outro lado, o comportamento humano pode afetar a eficiência do sistema, na medida em que afeta a forma como as tarefas são executadas, seja por incompetência ou por problemas motivacionais. Neste sentido é importante que as responsabilidades sejam claramente estabelecidas, que se faça um acompanhamento dos operários, apoiando-os nas dificuldades que possam surgir e assegurando o cumprimento das práticas definidas, evitando a criação de hábitos ou práticas ineficientes.

A ferramenta desenvolvida no âmbito dos processos logísticos, tendo em conta as suas funcionalidades, deverá ser acedida pelo departamento de Logística e Produção. O enquadramento esperado desta ferramenta no processamento de encomendas de clientes e a fornecedores encontra-se retratada nos diagramas da Figura C.1 e C.2 do Anexo C, respetivamente. A esquematização destes processos visa obter uma visão geral, tornando clara a sequência de ações e a distribuição das responsabilidades pelos diferentes departamentos.

A interação da equipa de Produção com a ferramenta corresponde ao registo da produção. A decisão da necessidade de atualização do planeamento da produção, e encomendas a fornecedores ficará a cargo do departamento de Logística. Por outro lado, o registo de entradas e saídas de matérias-primas e produtos é uma responsabilidade partilhada pelos dois departamentos, sendo esta efetuada pela Logística nas operações de receção e expedição de encomendas e efetuada pontualmente pela Produção, no caso de serem identificados itens defeituosos no decorrer do processo de embalagem.

No que diz respeito ao tratamento de pedidos de encomenda de clientes o departamento de Logística ficará encarregado do registo na ferramenta MRP dos pedidos de encomenda, rececionados.

A utilização da ferramenta desenvolvida para o planeamento da produção e encomendas a fornecedores deve ser atualizada de acordo com os valores dos parâmetros mais recentes, de modo que os planos resultantes sejam adequados à realidade. No que diz respeito às previsões de vendas, estas foram realizadas no âmbito dos anos de introdução do produto no mercado pelo que a incerteza é elevada, sendo importante o estudo da evolução das vendas para que possíveis ajustes das previsões possam ser realizados. Ao longo do ciclo de vida do produto no mercado é esperável que as vendas tendam a estabilizar, permitindo a elaboração de previsões de venda com uma maior assertividade.

Futuramente, mediante a possibilidade da tradução da evolução das vendas numa distribuição normal, será conveniente a alteração do método de cálculo do *stock* de segurança de modo que estes sejam ajustados de acordo com a fase do ciclo do produto, tal como defendido por Hsueh (2011) .

A ferramenta de apoio ao controlo de qualidade de lotes, deverá ser acedida unicamente pelo departamento da Qualidade. Numa fase preliminar deve ser executada a seleção de itens modelo para cada um dos itens do BOM do ecoponto (Figura 3.1), isto é, que cumpram com os requisitos definidos nas tabelas de inspeção específicas, podendo ser utilizados como base de comparação.

No decorrer desta dissertação não foi possível obter os desenhos técnicos dos itens, no entanto após os acordos do nível de qualidade com os fornecedores será prudente analisar o toleranciamento e inferir acerca de possíveis características dimensionais cuja verificação seja relevante incluir nos planos de inspeção do item. A implementação dos procedimentos de inspeção implicará a aquisição de alguns instrumentos como paquímetro para a medição exata de dimensões mais reduzidas, cartões Pantone para a verificação da tonalidade, ou relógio apalpador para a medição da planeza de superfícies.

Os protocolos, tabelas de inspeção, e a ferramenta para a determinação do plano de amostragem criadas no âmbito do controlo de qualidade dos lotes, quando utilizados corretamente permite à organização assegurar o nível de qualidade do produto comercializado. De reforçar que o desenvolvimento das tabelas de inspeção é um processo contínuo sendo importante a sua atualização quando um defeito ainda não documentado seja identificado. Neste contexto o acompanhamento e análise do *feedback* dos clientes pode ser importante para a identificação de pontos de melhoria.

Os ficheiros desenvolvidos no decorrer deste projeto deverão ser colocados na *cloud* existente nos sistemas informáticos da LIPOR e a sua acessibilidade permitida unicamente aos membros dos departamentos com responsabilidades relacionadas com os processos desenhados. O recurso a uma *cloud* permite a integração da informação, o que significa que todos os membros terão acesso ao ficheiro com as alterações mais recentes.

Do ponto de vista da otimização dos processos, preconiza-se a aquisição de equipamentos (leitor de códigos de barras, impressora de etiquetas) que permitam a implementação de um sistema de identificação automática de lotes por leitura de códigos de barras. Os lotes deverão ser devidamente etiquetados no momento que são rececionados ou produzidos, consoante se refiram a matérias-primas ou produto acabado. Como resultado desta implementação é espetável a diminuição do tempo e, portanto, custos de mão de obra associado a esta tarefa e a diminuição da

frequência de erros na introdução de dados.

No que diz respeito ao sistema de comunicação de informação, não existindo um sistema capaz de notificar de forma automática os diferentes intervenientes ao longo dos processos, uma atitude proativa é crucial para que a comunicação ocorra de forma eficaz, evitando atrasos desnecessários.

4.5 *Layout*

A importância de um bom desenho do *layout* é inegável e a incorreta definição do mesmo leva a um aumento de ações sem qualquer valor agregado, custos de manipulação e aumento da frequência de acidentes. Finnsgård et al. (2011) defendem que a análise dos diferentes cenários de disposição dos materiais deve ter em conta o espaço ocupado, atividades sem valor agregado e ergonomia, sendo estes os principais pontos de avaliação utilizados na presente dissertação.

Tendo em consideração os processos requeridos pelo ecoponto definiu-se como essencial a criação das seguintes áreas:

- **Inspecção de controlo da qualidade:** Área alocada para efetuar os testes de amostragem aos lotes rececionados. Requer espaço suficiente para uma mesa de trabalho, um armário para o armazenamento dos itens modelo e instrumentos utilizados e um computador onde possa ser acessível a ferramenta desenvolvida para determinação do plano de amostragem;
- **Processo de embalamento:** Área alocada para o processo de embalamento do ecoponto, sendo requerido o espaço suficiente para a disposição dos diferentes itens de forma acessível e uma mesa de trabalho;
- **Zona para itens rejeitados:** Reservada para o armazenamento de lotes rejeitados por não cumprimento do nível de qualidade ou itens encontrados com defeito numa fase posterior do processo produtivo. Os itens ou lotes permanecem temporariamente nesta zona sendo seguidamente devolvidos aos fornecedores ou descartados;
- **Armazenamento de produto acabado:** Zona reservada para o inventário de produto acabado;
- **Stock de matérias-primas:** Os lotes de matérias-primas serão alocadas nesta zona após a etiquetagem e a verificação do nível de qualidade;
- **Zona cargas e descargas:** Zona para a receção e expedição de encomendas. Os lotes rececionados deverão ser etiquetados nesta zona, sendo realocados após a realização do teste de amostragem de controlo da qualidade.

As principais restrições tidas em consideração na definição do *layout* correspondem à configuração do armazém reservado para o projeto e as características dos diferentes itens constituintes do ecoponto (dimensão, peso, resistência).

Com o propósito de dimensionar as zonas a alocar para o armazenamento de *stock* procedeu-se à simulação, na ferramenta MRP desenvolvida, do planeamento da produção e de encomendas a fornecedores para as 52 semanas do 1 ano. Considerou-se as previsões de vendas da Tabela 3.1 e admitiu-se uma distribuição uniforme das mesmas ao longo ano. Naturalmente foram consideradas as características do serviço oferecido pelos fornecedores, os valores de *stock-on-hand*, a capacidade de produção e custos anteriormente mencionados. Os valores utilizados como *inputs* são sintetizadas na Figura A.3 do Anexo A.

O objetivo desta simulação consistiu na determinação do nível de *stock* máximo previsto de cada item e consequente determinação da área necessária alocar para o armazenamento. Deste estudo obteve-se que o máximo de paletes de matéria-prima previstas armazenar seria atingida na décima quinta semana, com um total e 53 paletes. Por outro lado o produto acabado armazenado estabilizaria nas 3 paletes (Tabela F.1 do Anexo F). Tendo em conta as restrições mencionadas foi desenvolvida a proposta de *layout* da Figura 4.11, sendo que as áreas ocupadas por cada zona são sintetizadas na Tabela F.2 do mesmo anexo F.

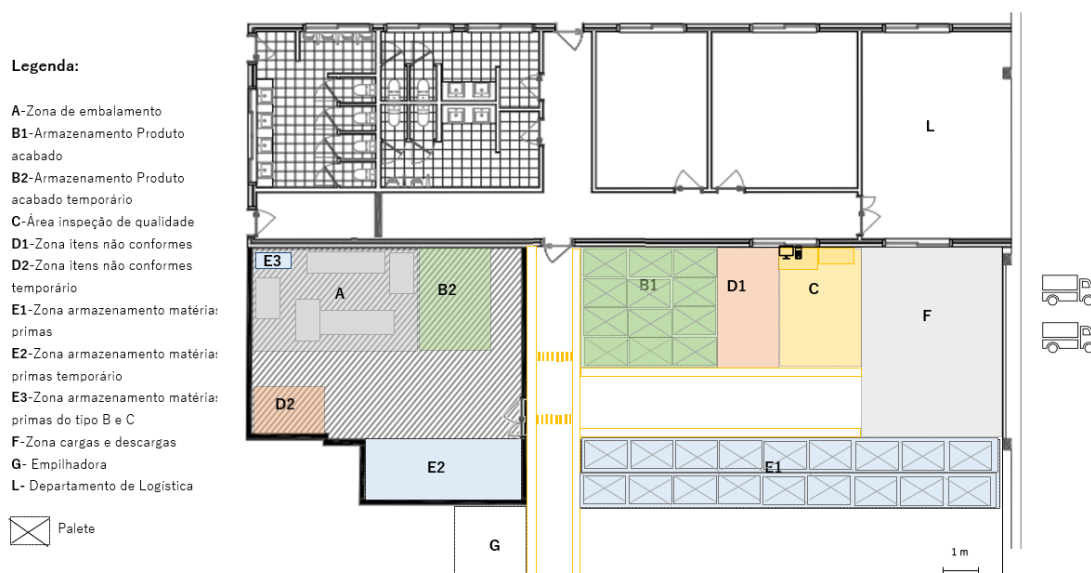


Figura 4.11: Proposta de *Layout*

Houve a necessidade da criação de zonas de armazenamento temporário de produtos acabados, matérias-primas e itens não conformes, de apoio aos processos de embalagem e inspeção da qualidade durante um turno de trabalho de modo a reduzir as deslocações efetuadas. Os itens alocados nestas zonas deverão ser realocados nas zonas de armazenamento permanente no final do turno de trabalho, com exceção das matérias-primas, nas quais a zona temporária deverá ser restabelecida findo o turno de trabalho.

Do ponto de vista da ergonomia uma boa iluminação e uma ventilação adequada deve ser oferecida, especialmente nas áreas de embalagem e controlo da qualidade. É conveniente a disposição dos materiais em alturas entre os 80 cm e 120 cm, sempre que possível, diminuindo o

esforço ergonómico exigido aos operários.

Na área de armazenamento das matérias-primas preconiza-se a aquisição de estantes para obter a capacidade de armazenamento exigida pelo planeamento de encomendas a fornecedores, sem que o mesmo implique um aumento da área de armazenamento. Tendo em consideração as opções existentes no mercado, estantes ajustáveis serão uma alternativa, visto oferecerem a possibilidade de acesso a cada palete de forma individual, sendo possível levar a cabo uma estratégia FIFO de rotação de inventário, assegurar a conservação da integridade do material e apresentar custo de aquisição relativamente reduzido (Peter et al. (2014)). Duas estantes com capacidade de alocar nove paletes em cada nível, tendo três níveis de altura, será o suficiente para obter a capacidade de armazenamento necessária para o primeiro ano.

A definição de posições fixas, para cada tipo de item, na zona de armazenamento é vantajosa, contribuindo positivamente na orientação dos operários e consequente rapidez de execução da tarefa. Com o intuito de minimizar as deslocações preconiza-se a alocação dos itens que requerem menor espaço de armazenamento nas estantes mais próximas das zonas de embalagem, esta disposição permite uma maior concentração de itens nesta região.

As estantes devem ser acompanhadas por uma placa de características, indicado o tipo de itens e a sequência dos mesmos na estante. Complementarmente deve ser criado um quadro resumo dos perfis dos corredores de estantes, que permita identificar a localização de cada item, devendo esse ser colocado de forma que seja visível da entrada da zona de armazenamento.

As diferentes áreas do *layout* devem ser demarcadas de forma clara, recorrendo-se a tintas ou fitas adesivas. Adicionalmente será conveniente a demarcação de corredores pedestres (assinaladas a amarelo na Figura 4.11) de modo a evitar eventuais acidentes.

Note-se que a proximidade do departamento de Logística proporciona um maior controlo das operações.

Por fim, a simulação que foi efetuada anteriormente, foi prolongada para os segundo e terceiro anos, com o intuito de aferir a viabilidade do *layout* proposto nestes períodos. Os *stocks* correspondentes à semana que resultou num maior espaço de armazenamento são apresentados na Tabela F.1 do Anexo F. No que diz respeito ao segundo ano, prevê-se que a área de armazenamento de matérias-primas tenha de ser aumentada com mais duas estantes idênticas às anteriormente descritas.

No terceiro ano será crucial aumentar a capacidade de produção, uma vez que a capacidade de produção inicial apenas permite a produção máxima de 36 400 unidades por ano, o que será insuficiente para satisfazer as 50 000 unidades de vendas previstas para o terceiro ano. Consequentemente a área de embalagem terá de ser aumentada. Adicionalmente uma maior capacidade de armazenamento será requerida, pelo que as áreas de armazenamento de produto acabado e de matérias-primas terão de ser aumentadas.

Capítulo 5

Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros

O presente projeto surgiu na sequência da ambição da LIPOR em colocar no mercado o seu primeiro produto feito em polipropileno reciclado, um ecoponto doméstico, que se encontrava nas últimas fases de desenvolvimento. A idealização deste resultou da identificação da oportunidade da reciclagem do PP, contribuindo para uma maior circularidade.

A presente dissertação focou-se no desenho dos processos logísticos, e controlo da qualidade de suporte ao processo produtivo do ecoponto.

No que diz respeito à logística do processo de abastecimento, entendeu-se mais adequada uma estratégia MTS. Neste seguimento foi desenvolvido uma ferramenta MRP, suplementada com mecanismos de monitorização e cálculo de KPI. Esta ferramenta permite efetuar o planeamento da produção, das encomendas a fornecedores e monitorar o estado do sistema no que diz respeito aos níveis de *stock*, qualidade, atrasos nas encomendas de clientes e desvios na produção ou procura relativamente ao inicialmente previsto. Mecanismos de segurança, nomeadamente *stock* e *lead times* de segurança foram considerados, com o intuito de proteger o sistema da incerteza associada.

Complementarmente, um sistema de identificação de lotes foi desenvolvido e incorporado na ferramenta descrita anteriormente, oferecendo um maior controlo resultante da possibilidade de rastreamento dos lotes, na sequência do qual foi preconizado a implementação de um sistema de identificação automática de lotes por leitor de códigos de barras, com o intuito de minimizar os tempos implicados e a probabilidade da ocorrência de erros.

Dado a produção dos componentes principais do ecoponto ser efetuada ao nível dos fornecedores, ficando à responsabilidade da LIPOR o embalamento, optou-se por centrar o processo de controlo da qualidade na avaliação do nível de qualidade dos lotes recebidos. Para o efeito foram estudados os defeitos convencionais de itens produzidos por injeção, bem como os defeitos identificados no decorrer dos testes de mercado. Com esta informação foram desenvolvidas planos de inspeção específicas para cada item, sintetizando as características a verificar, requisitos e procedimentos. Adicionalmente foi efetuada uma ferramenta, capaz de determinar os parâmetros do teste de amostragem a efetuar a cada lote rececionado, tendo por base a norma ISO 2859.

Em ambas as vertentes, houve a preocupação de tornar as ferramentas versáteis à utilização no âmbito de outros processos produtivos. Os processos foram esquematizados e manuais informativos da utilização das ferramentas desenvolvidas foram criados com a finalidade de auxiliar a organização futuramente na compreensão e implementação dos processos.

Não havendo possibilidade de implementação dos processos no decorrer desta dissertação, dado os últimos testes de mercado estarem ainda em curso, algumas considerações para esta fase foram efetuadas, por exemplo a preocupação da clara divisão e estabelecimento de responsabilidades, importância na aposta da formação dos operários e acompanhamento dos mesmos.

Por fim uma proposta para o *layout* do armazém foi apresentada, tendo em consideração o espaço exigido pelo planeamento da produção para o primeiro ano. A diminuição do espaço ocupado e atividades sem valor agregado e uma boa ergonomia, foram aspetos em análise no desenho do *layout*. Foi possível perceber que a adaptação para o segundo ano do *layout* proposto, apenas requer um aumento da área de armazenamento das matérias-primas. Por outro lado, a capacidade de produção atualmente instalada será insuficiente para satisfazer as vendas prevista no terceiro ano. Neste período será requerido um aumento dimensional de praticamente todas as áreas do *layout*, sendo de considerar a hipótese de alugar um armazém de maiores dimensões.

As restrições de contratação na função pública correspondem a um obstáculo na criação de uma cadeia de abastecimento mais responsiva, no entanto considera-se que a aposta na cooperação e integração da informação, entre a organização e os fornecedores, terá um impacto positivo permitindo diminuir *lead times* e alterar políticas de lotes no fornecimento de matérias-primas, o que consequentemente diminuirá a necessidade de capital investido em inventário desta natureza.

Futuramente, sendo verificado o sucesso do produto e o aumento das vendas e se a organização pretender aumentar a escala, ou apostar na diversificação dos produtos comercializados, será relevante o investimento num *software* mais sofisticado como um ERP ou MES, que permita aumentar a integração da informação, e efetuar a atualização do estado do sistema de forma instantânea. Este tipo de ferramenta oferecerá um maior controlo, deverão permitir a medição do processo no que diz respeito à disponibilidade, para além da qualidade e *performance*, sendo possível consequentemente calcular o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), um dos indicadores mais significativos na indústria. Espera-se que o escalonamento do produto no mercado implique um aumento do espaço e pessoas alocadas ao projeto, aumentando a capacidade de armazenamento e de produção.

Em suma, sendo evidente as dificuldades encontradas pela organização na entrada no mercado tais como, as restrições orçamentais, inexperiência e ausência de histórico de vendas que permita uma avaliação mais assertiva do mercado, ao longo desta dissertação foram desenhados e planeados os processos logísticos (planeamento da produção, encomendas a fornecedores, gestão de *stocks*), desenvolvidas ferramentas de monitorização e de avaliação do desempenho, bem como desenhados os procedimentos na vertente de controlo da qualidade. Neste sentido é espetável que a LIPOR tenha, finda esta dissertação, as condições necessárias para a implementação dos processos, podendo iniciar a produção e comercialização do ecoponto num futuro próximo.

Bibliografia

- APSEI (2022). Ergonomia. <https://www.apsei.org.pt/homepage/>. Acedido em 2022-06-02.
- Baciarello, L., D’Avino, M., Onori, R., and Schiraldi, M. M. (2013). Lot sizing heuristics performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 5:5.
- Ben-Daya, M., Noman, S. M., and Hariga, M. (2006). Integrated inventory control and inspection policies with deterministic demand. *Computers & operations research*, 33(6):1625–1638.
- Bullington, S. F. (2001). Factory physics: Foundations of manufacturing management, wallace j. hopp and mark l. spearman, irwin mcgraw-hill, 2001, 720 pp., isbn 0-256-24795-1, list: \$96.
- Crowson, R. (2006). *Assembly processes: finishing, packaging, and automation*. CRC Press.
- Eckerson, W. W. (2009). Performance management strategies. *Business Intelligence Journal*, 14(1):24–27.
- EMR (2022). Emr website. <https://www.expertmarketresearch.com/reports/polypropylene-market>. Accessed on 2022-03-16.
- FAMAE (2022). Famae website. <https://www.famae.earth/>. Accessed on 2022-06-06.
- Finnsgård, C., Wänström, C., Medbo, L., and Neumann, W. P. (2011). Impact of materials exposure on assembly workstation performance. *International Journal of Production Research*, 49(24):7253–7274.
- García-Laguna, J., San-José, L. A., Cárdenas-Barrón, L. E., and Sicilia, J. (2010). The integrality of the lot size in the basic eoq and epq models: Applications to other production-inventory models. *Applied Mathematics and Computation*, 216(5):1660–1672.
- Ghiani, G., Laporte, G., and Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistics systems planning and control*. John Wiley & Sons.
- Governo (31 de agosto de 2017). *Decreto-Lei n.º 111-B/2017*. Diário da República.
- Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Pearson Education India.
- Guide Jr, V. D. R. and Srivastava, R. (2000). A review of techniques for buffering against uncertainty with mrp systems. *Production Planning & Control*, 11(3):223–233.
- Hotta, G. F. (2015). *Construção de um sistema de gestão de materiais-MRP-Integrado ao Jogo de Empresas Mercado Virtual*. Universidade Estadual Paulista (UNESP).

- Hsueh, C.-F. (2011). An inventory control model with consideration of remanufacturing and product life cycle. *International Journal of Production Economics*, 133(2):645–652.
- Ishak, Z., Fong, S. L., and Shin, S. C. (2019). Smart kpi management system framework. In *2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, pages 172–177. IEEE.
- ISO (1999). Sampling procedures for inspection by attributes —part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (aql) for lot-by-lot inspection. <https://www.3ppars.com/WebsiteImages/download/8560802176.PDF>. Acedido em 2022-04-04.
- ISO (2014a). Automation systems and integration — key performance indicators (kpis) for manufacturing operations management — part 1: Overview, concepts and terminology. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/56847/70d3d7c3be394eec9477898532d3575e/ISO-22400-1-2014.pdf>. Acedido em 2022-05-24.
- ISO (2014b). Automation systems and integration — key performance indicators (kpis) for manufacturing operations management — part 2: Definitions and descriptions. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/54497/10e33d2a34c144558b5e3024ee5e1cb0/ISO-22400-2-2014.pdf>. Acedido em 2022-05-24.
- Jonsson, P. and Mattsson, S.-A. (2006). A longitudinal study of material planning applications in manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(9-10):971–995.
- Kiran, D. (2019). *Production planning and control: A comprehensive approach*. Butterworth-heinemann.
- Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., and Amorrortu, I. (2018). Material management without forecasting: From mrp to demand driven mrp. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4):632–650.
- LIPOR (2022). Lipor website. <https://www.lipor.pt/pt/>. Accessed on 2022-03-16.
- Mendanha, S. A. (2015). *Desenvolvimento de um modelo híbrido de planejamento e controle da produção em uma indústria de alimentos*. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia.
- Moayyedean, M. (2018). *Intelligent optimization of mold design and process parameters in injection molding*. Springer.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons.
- Munro, R. A., Ramu, G., and Zrymiak, D. J. (2015). *The certified Six Sigma green belt handbook*. Quality Press.
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International journal of production economics*, 85(3):319–329.
- Peinado, J. and Graeml, A. R. (2007). Administração da produção. *Operações industriais e de serviços*. Unicenp.
- Peter, B., Phil, C., and Alan, R. (2014). The handbook of logistics and distribution management.

- Polibalbino (2022). Polibalbino website. <https://www.polibalbino.com.br/polipropileno-injecao>. Accessed on 2022-06-06.
- Schilling, E. G. and Neubauer, D. V. (2017). *Acceptance Sampling in Quality Control*. CRC Press.
- Stojcetovic, B. (2013). Project managment: cost, time and quality. *Conference Paper*.
- Sutari, O. and Rao, S. U. (2014). Development of plant layout using systematic layout planning (slp) to maximize production—a case study. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 2(8):63–66.
- Varisco, M., Johnsson, C., Mevik, J., Schiraldi, M. M., and Zhu, L. (2018). Kpis for manufacturing operations management: driving the iso22400 standard towards practical applicability. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11):7–12.
- Womack, J. P. and Jones, D. T. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, revised and updated.
- Zomerdijk, L. G. and De Vries, J. (2003). An organizational perspective on inventory control: Theory and a case study. *International Journal of Production Economics*, 81:173–183.

Anexo A

Screenshots Ferramenta MRP

Novo produto

Referência Stock Inicial

Designação Lote mínimo

Lead time Mão de obra h/semana

Lead time de segurança Tempo de produção

Lista de componentes

Componente	Quantidades	Nome	Quantidade

Adicionar Componente

Registrar novo produto

(a) Formulário Novo Produto

Novo componente

Referência(3 caracteres)

Designação

Lead time

Fornecedor

Lote mínimo

Política de lotes múltiplos ☐ Sim ☐ Não

Paletes dimensões

Número itens por paleta

Stock Inicial

Custo fixo do pedido

Registrar novo componente

(b) Formulário Nova Matéria-Prima

Figura A.1: Formulário Introdução de Itens

Instruções de utilização

Objetivo:

Efetuar o planeamento da produção para uma janela temporal de 12 semanas, bem como previsão das datas para próximas encomendas a fornecedores.

Estrutura:

"Inputs"-> Informação dos componentes e produtos no sistema.
"Encomendas Clientes"-> Permite registar encomendas de clientes sendo efetuada uma previsão da data na qual a mesma está pronta
"Producao"-> Efetua o planeamento da produção para 12 semanas seguintes
"Componente"-> Efetua planeamento das encomendas
"Stock"-> Representação grafica da evolução dos stocks bem como alertas de stocks alarmantes
"Entradas_Saidas_Material"-> Registo de entradas e saidas de material no sistema
"Registo_producao"-> Registo da produção
"KPI"-> Apresentação de indicadores de desempenho

Ficheiros de apoio:

"MRP_SUPORTE"-> realização de cálculos na qual resultam o plano de produção e a previsão das encomendas
"Historico_Registos"-> Histórico de registos de entradas, saidas de material bem como da produção. Adicionalmente a previsão da data para o proximo contrato pode ser realizado.
"Manual_MRP"-> Manual de utilização desta ferramenta, consulte o para obter mais informações a cerca do seu funcionamento e fundamento teorico

Outras operações

Itens

Adicionar item

Alterar informações de um item

Eliminar item

Fornecedores

Eliminar fornecedor

Adicionar fornecedor

Recalculo previsão próximo contrato

Importar previsões próximo contrato

Alterar parâmetros:

Taxa de juros anual

Preço mensal por m²2 armazém

Instruções | Inputs | Producao | Componente | Fornecedores | Stock | Encomendas Clientes | Entradas_Saidas_Mate ...

Figura A.2: Screenshot Folha de Cálculo "Instruções"

Produtos :

Referência	Designação	Materia prima	Quantidades	Lead time	Lead Time segurança	Lote minimo	h/semana	Tempo de produção
WL1	M	A	1	1	1	1	35	180
		B	1					
		C	1					
		D	2					
		E	2					
		F	1					
		G	1					
		H	1					
		I	1					
		J	1					
		K	1					
		L	1					

(a) Tabela Produtos

Materia Prima:

Referência	Designação	Fornecedor	Lead time	Lote minimo	Política de lotes multiples	Paletes Dimensões	Nº itens por palete	Custos fixos do pedido	Valor médio por unidade
AA1	A	FornecedorA	2	1000	false	800:1200	500	3,715	2,015
AB1	B	FornecedorB	1	1	false	Item sem palete	Não aplicável	3,715	0,25
AC1	C	FornecedorC	1	1	false	Item sem palete	Não aplicável	3,715	0,25
AD1	D	FornecedorD	5	10000	false	800:1200	32000	11,145	0,2345
AE1	E	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	288	14,86	1,25
AF1	F	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	232	14,86	1,25
AG1	G	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	576	14,86	1,25
AH1	H	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	560	14,86	1,25
AI1	I	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	72	14,86	1,25
AJ1	J	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	88	14,86	1,25
AK1	K	FornecedorE	2	1000	false	800:1200	440	11,145	1,25
AL1	L	FornecedorL	14	5000	true	800:1200	2700	3,715	1

(b) Tabela Matérias-Primas

Figura A.3: Tabelas Folha de Cálculo "Inputs"

Entradas

Registrar nova entrada

Nº Documento	Data	Item	Quantidade	Fornecedor	Referência lote	Motivo	Registrado por
1452JN	17/05/2022	B	150	FornecedorB	FF2AB1000014	Receção de encomenda	Adeleide Gomes
149357J	18/05/2022	A	20	FornecedorA	FF1AA1000012	Reposição itens não conformes	Maria Silva
MO567	20/05/2022	F	180	FornecedorE	FF5AE1000014	Receção de encomenda	Heitor Mota
UIN0516	21/05/2022	C	150	FornecedorC	FF3AC1000014	Receção de encomenda	Heitor Mota
69720J	22/05/2022	A	20	FornecedorA	FF1AA1000012	Reposição itens não conformes	Adeleide Gomes
562478J	23/05/2022	F	190	FornecedorE	FF5AE1000015	Receção de encomenda	Maria Silva
3654J	28/05/2022	B	50	FornecedorB	FF2AB1000015	Receção de encomenda	Heitor Mota

Figura A.4: Screenshot Folha de Cálculo "Entrada Saída Material"

Nº Registro	Data	Item	Quantidade	Componentes (Referências de lotes)	Registrado por :	Referência de lote gerada
1	17/05/2022	M	25	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000014001
2	20/05/2022	M	40	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Heitor Alves	WL1000014001
3	22/05/2022	M	60	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Viviana Pereira	WL1000014002
4	24/05/2022	M	10	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000015001
5	28/05/2022	M	45	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000015002
6	30/05/2022	M	30	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Heitor Alves	WL1000015002
7	31/05/2022	M	40	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000015003
8	01/06/2022	M	45	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Viviana Pereira	WL1000015003
9	03/06/2022	M	25	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000016001
10	05/06/2022	M	30	FF1AA1000012,FF2AB1000011,FF3AC1000	Marlene Pereira	WL1000016001

Registrar Produção diária

Lote atual: 000017, Dia inicial: 17/06/2022

Figura A.5: Screenshot Folha de Cálculo "Registo Produção"

Anexo B

Fórmulas de Cálculo MRP

Tabela B.1: Planeamento de Produção

Designação	Fórmula
Necessidades Brutas _(i)	= Previsão vendas _(i)
Stock início _(i)	= Stock final _(i-1) - Necessidades brutas _(i)
Requerimentos Líquidos _(i)	Se Stock início < Stock segurança = Stock segurança - Stock início _(i)
Ordens de Produção _(i)	Se 0 < Requerimentos líquidos _(i) ≤ Lote mínimo = Lote mínimo Se Lote mínimo < Requerimentos líquidos _(i) < Capacidade produção semanal = Requerimentos líquidos _(i) Se Requerimentos líquidos _(i) ≥ Capacidade produção semanal = Capacidade produção
Stock Final _(i)	= - Necessidades brutas _(i) + Ordens produção _(i) + Stock final _(i-1) + Chegadas calendarizadas _(i)
Emissão Ordens de Produção _(i)	= Ordens de Produção _(i+lead time)

Onde:

i, corresponde a variável utilizada para percorrer as semanas, pelo que $i \in [1; 12]$

Tabela B.2: Planeamento de Encomendas a Fornecedores

Designação	Fórmula
Necessidades Brutas _(i)	= Produção produto _(i) × <i>fi</i>
Stock inicial _(i)	= Stock final _(i-1) - Necessidades brutas _(i)
Requerimentos Líquidos _(i)	Se Stock início < Stock segurança = Stock segurança - Stock início _(i)
Lot-for-Lot: Ordens de Encomenda _(i)	Se 0 < Requerimentos líquidos _(i) ≤ Lote mínimo = Lote mínimo Se política de lotes múltiplos e Requerimentos líquidos _(i) > 0 = Lote mínimo × <i>n</i> onde <i>n</i> ∈ <i>N</i> tal que Ordens de Encomenda _(i) ≤ Requerimentos líquidos _(i)
EOQ: Ordens de Encomenda _(i)	Se 0 < Requerimentos líquidos _(i) e EOQ ≥ Lote mínimo = EOQ
Stock Final(i)	= - Necessidades brutas _(i) + Ordens encomenda _(i) + Stock final _(i-1) + Chegadas calendarizadas _(i)
Emissão Ordens de Encomenda _(i)	= Ordens de encomenda _(i+lead time)

Anexo C

Mapeamento Processos de Encomendas a Fornecedores e de Clientes

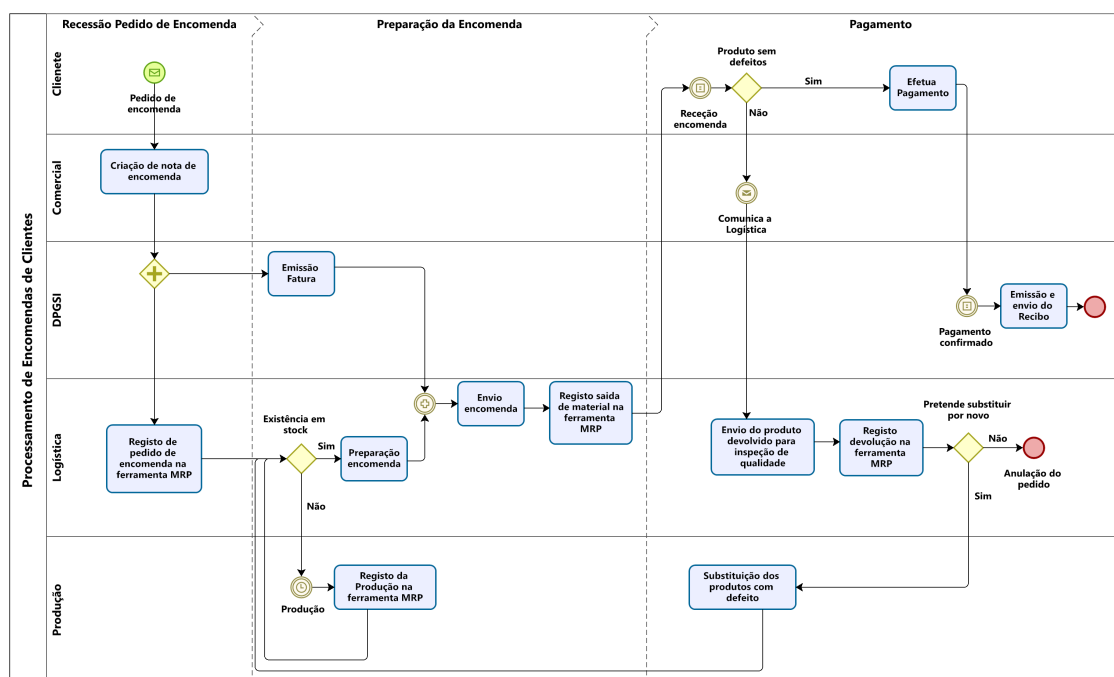


Figura C.1: Processamento de Encomendas de Clientes

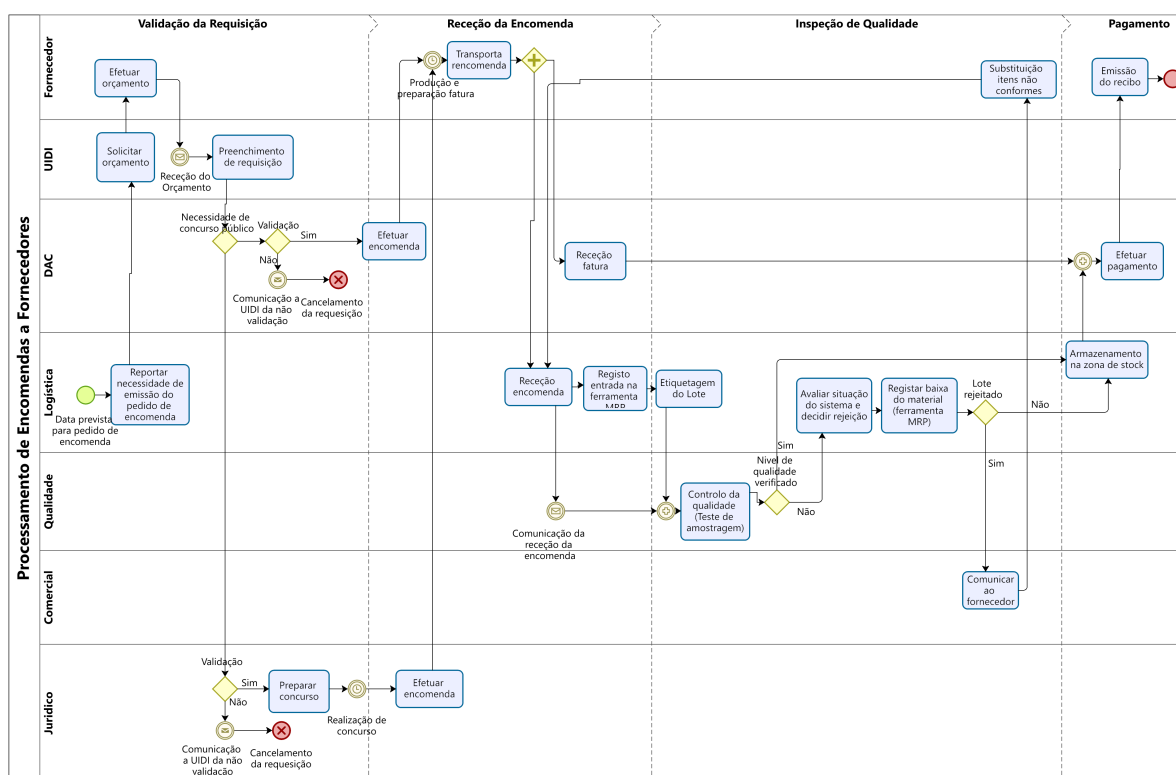


Figura C.2: Processamento de Encomendas a Fornecedores

Anexo D

Plano Inspeção e Folha Verificação



Referência lote: _____ Item: Tampa Topo
 Tamanho do lote: _____ Data realização: _____
 Tamanho da amostra: _____ Realizado por: _____

Características	Tipo de teste	Requisito	Contagens de defeitos
Criticos			
Total			

Maiores			
Fragilidade do injetado	Visual	Fissuras/ Zonas visivelmente fragilizadas/injeção incompleta	
Cor	Visual	Idêntica com cartão Pantone ou item modelo	
Logo/Nome/Número item	Visual	Legibilidade	
Zona Encaixe	Visual/Manual	Integridade da superfície interna de encaixe: não contem bolhas, rebarbas, injeção incompleta que possam comprometer o encaixe	
Zona Encaixe	Visual/Medição	Verificação da dimensão diâmetro das roldanas de encaixe.	
Manchas faces externas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras ou pintas resultantes de impurezas do material	
Marcas Fluxo material faces externas	Visual	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito > 10 mm	
Marcas faces externas	Visual/Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito > 10 mm	
Marcas de extração	Visual	Marcas de extratores	
Marcas Fluxo material faces internas	Visual/Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito > 20 mm	
Zona Pega Abertura	Visual/Manual	Garantir um bom acabamento na pega (sem rebarbas, ou superfícies cortantes)	
Planeza	Visual/Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos > 5mm	
Rebarbas	Rebarbas	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos > 2mm	
Acabamentos	Visual/Manual	Acabamentos limpos, sem superfícies cortantes	
Total			

Menores			
Marcas Fluxo material faces externas	Visual	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito < 10 mm	
Marcas faces externas	Visual/Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito < 10mm	
Manchas faces internas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras, pintas resultantes de impurezas do material	
Marcas Fluxo material faces internas	Visual/Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito < 20 mm	
Planeza	Visual/Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos < 5mm	
Rebarbas	Visual/Medição	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos < 2mm	
Sujidade	Visual	Verificar a inexistência de marcas removíveis resultantes do manuseio das peças	
Total			

Figura D.1: Folha de Verificação Tampa Topo



Item: Tampa Topo

Referência: AHI

Plano de Inspeção

Última atualização: 23/06/2022

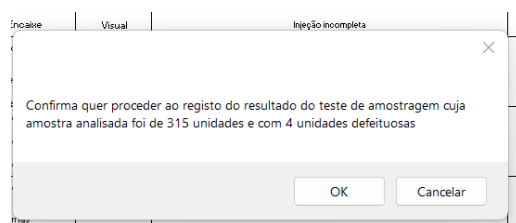


Características	Tipo de teste	Requisitos	Qualificação			Notas
			Crítico	Maior	Menor	
Fragilidade do injetado	Visual	Fissuras/ Zonas visivelmente fragilizadas/injeção incompleta- Comparação item modelo		X		
Cor	Visual	Cor do item é idêntica à do cartão Pantone/item modelo		X		
Logo/Nome/ Número do item	Visual	Legibilidade do logo do item, número da peça.- comparação com item modelo		X		
Zona Encaixe	Visual/Medição	Verificação do diâmetro das soldadas de encaixe. Efetuar verificação com recurso a paquímetro digital, não deve exceder a medida estipulada no desenho técnico.		X		
Zona Encaixe	Visual/ Manual	Integridade da superfície interna de encaixe: Não contem bolhas, rebarbas, injeção incompleta ou deformação que possam comprometer o encaixe		X		
Manchas faces externas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras ou pintas resultante de material com impurezas - comparação com item modelo		X		
Marcas Fluxo material faces externas	Visual / Medição	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito > 10 mm		X		
Marcas Fluxo material faces externas	Visual/Medição	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito < 10 mm			X	
Marcas faces externas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito > 10 mm		X		
Marcas faces externas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito < 10 mm			X	
Marcas de extração	Visual	Marcas de extratores- comparação com item modelo		X		
Manchas faces internas	Visual	Verificar homogeneidade da cor da superfície e inexistência de manchas escuras- comparação com item modelo			X	
Marcas Fluxo material faces internas	Visual/Medição	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito > 20mm		X		
Marcas Fluxo material faces internas	Visual/Medição	Verificar inexistência de marcas de fluxo de material. Se defeito < 20mm			X	
Marcas faces internas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito > 20 mm		X		
Marcas faces internas	Visual/ Medição	Verificar a inexistência de marcas irremovíveis resultantes do manuseio das peças, riscos, zonas roçadas. Se defeito < 20 mm			X	
Marcas faces internas	Visual	Pintas coloridas resultantes de impurezas no material ou manchas - comparação com item modelo			X	
Zona Pega Abertura	Visual/Manual	Garantir um bom acabamento na pega (sem rebarbas, ou superfícies cortantes)- comparação com item modelo		X		
Planeza	Visual/ Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos > 5 mm - Relógio apalpador		X		(ajustar requisito de acordo com o desenho técnico!!!)
Planeza	Visual/Medição	A peça não deve estar empenada. Defeitos < 5 mm - Relógio Apalpador			X	
Rebarbas	Visual/ Medição	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos > 2 mm- Paquímetro		X		
Rebarbas	Visual/ Medição	A peça não deve conter rebarbas. Defeitos < 2 mm - Paquímetro			X	
Acabamentos	Visual/ Manual	Acabamentos limpos, sem superfícies cortantes - Comparação com item modelo		X		
Sujidade	Visual	Verificar a inexistência de marcas removíveis resultantes do manuseio das peças(manchas, dedadas, etc)			X	Devem ser colocadas separadamente e limpa

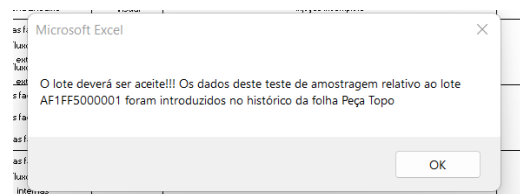
Figura D.2: Tabela de Inspeção Tampa Topo

Anexo E

Screenshots Ferramenta Teste de Amostragem por Atributos



(a) Verificação dos Dados a Registrar



(b) Confirmação do Registo

Figura E.1: Exemplo de *Msgbox*

Instruções de utilização

Objetivo do ficheiro:

O presente ficheiro excel permite determinar o plano de teste de amostragem adequada de acordo com o tamanho do lote e o nível de qualidade media requerido pela organização. Este excel foi programado tendo por base o procedimento estipulado por ISO2859

Estrutura

Folha de cálculo "Inputs" -> Determinação do plano de inspeção adequado

Folha de cálculo "Inspecao_Atributos" -> Tabelas base para a determinação do plano de inspeção

Restantes folha de cálculo -> Informações relativas a cada tipo de produto, entre as quais historico de registos de inspeções anteriormente levadas a cabo, características a verificar na inspeção da peça/produto

Instruções de utilização passo a passo:

1. Na folha de cálculo designada de "Inputs" carregue no botão "Introdução de novos dados"
2. Preencha os dados (AQL, produto, referencia do lote, tamanho do lote) no formulário e click "Pesquisar")
3. Os dados serão preenchidos automaticamente ,retornarando o tamanho da amostra bem como o número de peças máximo defeituosas que podem ser identificadas sem que o lote seja rejeitado
4. Inspeccione a amostra requerida, tendo em conta as características presentes na tabela da esquerda
5. Introduza o número de peças defeituosas encontradas na amostra analisada (apenas defeitos das características críticas devem ser contabilizadas para este efeito)
6. Carregue no botão " Inserir Registo" para registar o teste realizado

Para informações adicionais consulte o manual desta ferramenta



Figura E.2: Screenshot Folha de Cálculo "Instruções de Utilização"

(a) Introdução de Novos Dados

(b) Introdução de Novos Itens

Figura E.3: Formulários

Inspeção de lotes por atributos								
ISO 2859								
Tamanho do lote		Níveis especiais de inspeção				Níveis gerais de		
limite inferior	limite superior	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	8	A	A	A	A	A	A	B
9	15	A	A	A	A	A	B	C
16	25	A	A	B	B	B	C	D
26	50	A	B	B	C	C	D	E
51	90	B	B	C	C	C	E	F
91	150	B	B	C	D	D	F	G
151	280	B	C	D	E	E	G	H
281	500	B	C	D	E	F	H	J
501	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	>500001	D	E	H	K	N	Q	R

Figura E.4: Tabela Código Tamanho de Lotes

Amostragem Única																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
ISO 2859																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Letra código amostra	Tamanho da amostra	Nível de Qualidade Aceitável (AQL) - Inspeção normal																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		0.01		0.015		0.025		0.04		0.065		0.10		0.15		0.25		0.40		0.65		1.0		1.5		2.5		4.0		6.5		10		15		25		40		65		100		150		250		400		650		1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac

Figura E.5: Tabela Teste de Amostragem Simples, Inspeção Normal

Anexo F

Desenho do *Layout*

Tabela F.1: Necessidades de Armazenamento

Ano	1ºAno		2ºAno		3ºAno	
Item	<i>Stock</i> 15ª semana	Número de Paletes	<i>Stock</i> 48ª semana	Número de Paletes	<i>Stock</i> 26ª semana	Número de Paletes
A	656	2	1 463	3	2 524	6
B,C	88	-	545	-	882	-
D	7 312	1	6 926	1	16 516	1
E	931	4	2 871	10	3 527	13
F	1 156	3	1 963	5	2 758	6
G	1 156	3	1 963	4	2 758	5
H	1 156	5	1 963	8	2 758	10
I	1 156	17	1 963	28	2 790	39
J	1 156	14	2 141	25	2 524	29
K	1 156	3	1 963	5	2 758	7
L	3 656	1	8 463	1	13 258	1
M	96	3	385	11	962	27

Tabela F.2: Áreas do *Layout*

Zona	Área alocada
Processo de embalagem	13,7 m ²
Armazenamento produto final	13,4 m ²
Armazenamento produto final (temporário)	5,94 m ²
Inspeção de controlo da qualidade	7,93 m ²
Itens não conformes	5,9 m ²
Itens não conformes(temporário)	2,8 m ²
Armazenamento matérias-primas	23,5 m ²
Armazenamento matérias primas(temporário)	7,9 m ²
Cargas e descargas	21,9 m ²