

# **Implementação de Metodologias *Lean* no Planeamento de Produção em Indústrias de Processo**

O caso da Empresa X

**Mariana dos Santos Pitôrra**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Tânia Rute Xavier de Matos Pinto Varela

**Júri**

Presidente: Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Ferreira Dias Barbosa Póvoa

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Tânia Rute Xavier de Matos Pinto Varela

Vogal: Prof. Amílcar José Martins Arantes

**Novembro 2018**



## Resumo

---

Ao longo dos últimos anos, tem-se verificado um aumento da exigência dos consumidores e da pressão competitiva nos mercados atuais. Esta tendência, observada também nas indústrias de processo do setor alimentar, tem conduzido as empresas a apostar na otimização dos fluxos materiais e de informação dentro das suas organizações, de forma a garantir o nível de serviço exigido pelos clientes.

A Empresa X, uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global, tem revelado cada vez mais consciência acerca da importância do planeamento de produção (PP) na obtenção de resultados que assegurem a competitividade e, conseqüentemente, um crescimento sustentado do negócio. Atualmente, o sistema de PP da Empresa X apresenta alguns problemas estruturais que podem comprometer os resultados da empresa a médio-prazo. Neste contexto, surge a metodologia *lean*, apresentada como uma estratégia que permite alavancar a performance das organizações em vários setores da indústria, através da criação de valor e redução do desperdício associado às operações.

Após a realização de uma revisão do estado da arte acerca das ferramentas e metodologias associadas ao pensamento *lean* foi desenvolvida uma metodologia focada no desenho e implementação de um sistema de PP, baseado no conceito de abastecimento *pull*, que visa superar os desafios da Empresa X.

Posteriormente à implementação das atividades de melhoria propostas, o nível de serviço referente à linha do plástico aumentou 9,0%, o OEE aumentou 8,8% e o indicador *forecast accuracy* de planeamento aumentou 38,8%. Registaram-se ainda ganhos ao nível da redução da complexidade de gestão de inventário e aumento da visibilidade de informação ao longo da cadeia de abastecimento.

**Palavras-chave:** metodologia *lean*, planeamento de produção, indústria de processo, sistema *pull*, linha de enchimento.

## Abstract

---

The consumer demand and competitive pressure in current markets have increased its complexity over the past few years. This trend has also been observed in food processing industries and has led companies to be more aware of their both material and information flows and focused on their optimization to ensure the high service level demanded by customers.

Company X is nowadays one of the largest tomato paste and fruit purées producer worldwide. They have become more aware of the production planning (PP) impacts on achieving results, ensuring competitiveness to sustain their business. Currently, Company X's PP system presents some structural problems that may compromise the company's medium term results. In this context, the lean methodology has been presented and widely applied as a strategy that allows organizations to leverage their performance in multiple industry sectors, through the value creation and waste reduction in operations.

After conducting a state-of-the-art review in both tools and methodologies associated to the lean thinking concept, a methodology was developed, focused on the design and implementation of a PP system, based on a *pull* supply strategy, which intends to overcome the Company X challenges.

After the implementation period of the proposed improvement activities, the service level for the plastic line increased 9.0%, the OEE increased 8.8% and the forecast accuracy planning indicator increased 38.8%. There were also gains in reducing the inventory management complexity and increasing the visibility of information flow along the supply chain.

**Keywords:** Lean methodology, production planning, process industry, *pull* system, filling line.

## **Agradecimentos**

---

Gostaria de agradecer em primeiro lugar à minha orientadora, Professora Tânia Varela, pelo seu acompanhamento e apoio demonstrados ao longo do presente trabalho.

Ao *Kaizen Institute* pela oportunidade de desenvolver a dissertação de mestrado num projeto em contexto real, junto de um dos seus clientes.

A todos os meus amigos que me acompanharam ao longo deste percurso e que sempre me ajudaram a ultrapassar os momentos mais desafiantes com um sorriso todas as manhãs.

À Cátia, a minha companheira de todas as vitórias e conquistas.

Aos meus pais, pelo amor incondicional que me têm dado ao longo destes anos e por acreditarem sempre em mim e no meu potencial.

Às minhas irmãs, Maria e Matilde, pela paciência e por todo o apoio durante esta etapa.

Por último, ao Dinis, o meu companheiro para a vida, por todo o carinho que me dá todos os dias e por estar sempre ao meu lado nos bons e nos maus momentos, sem nunca me deixar desistir do meu caminho. Sem ti não seria possível.

# Índice

---

<b>Resumo</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice</b> .....	<b>vi</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>viii</b>
<b>Lista de tabelas</b> .....	<b>x</b>
<b>Acrónimos</b> .....	<b>xi</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Contextualização do problema.....	1
1.2 Objetivos da dissertação de mestrado.....	2
1.3 Metodologia adotada.....	2
1.4 Estrutura da dissertação de mestrado.....	3
<b>2 Caso de estudo: a Empresa X</b> .....	<b>5</b>
2.1 Enquadramento do <i>Kaizen Institute</i> .....	5
2.2 A história da Empresa X.....	6
2.3 O processo produtivo da Empresa X.....	7
2.3.1 Caracterização atual da linha do plástico.....	9
2.3.1.1 Descrição dos produtos.....	9
2.3.1.2 Descrição das operações.....	10
2.4 Caracterização do problema.....	13
2.5 Conclusões do capítulo.....	17
<b>3 Metodologias <i>lean</i> no planeamento de produção em indústrias de processo</b> .....	<b>18</b>
3.1 Contextualização da metodologia <i>lean</i> em indústrias de processo.....	18
3.2 A evolução do conceito <i>lean</i> .....	19
3.3 Princípios e ferramentas base do pensamento <i>lean</i> .....	21
3.3.1 Valor e desperdício.....	21
3.3.2 Value Stream Mapping (VSM).....	21
3.4 Estratégias de planeamento de produção.....	22
3.5 Ferramentas <i>lean</i> de suporte à estratégia de planeamento de produção.....	31
3.6 Conclusões do capítulo.....	33
<b>4 Metodologia proposta e sua caracterização</b> .....	<b>34</b>

4.1	ETAPA I – <i>Value Stream Mapping</i> (VSM) .....	35
4.2	ETAPA II – Desenho da estratégia futura da Empresa X .....	41
4.2.1	Desenho de soluções .....	41
4.2.2	Definição dos objetivos para o projeto de melhoria.....	45
4.3	ETAPA III – Planeamento das fases de implementação .....	47
4.4	ETAPA IV – Implementação de um sistema <i>pull</i> na linha do plástico .....	50
4.4.1	Aumento de eficiência da linha.....	50
4.4.1.1	SMED .....	50
4.4.1.2	TPM.....	52
4.4.2	Implementação de um sistema de planeamento pull .....	52
4.4.2.1	Planeamento estratégico.....	52
4.4.2.2	Planeamento de capacidade .....	54
4.4.2.3	Dimensionamento do supermercado de PA com incorporação de sistema kanban 55	
4.4.2.4	Caixa de nivelamento e sequenciador de referências.....	57
4.4.2.5	Estratégia de comunicação ao cliente .....	59
4.4.3	Desenvolvimento e implementação da FAPP .....	60
4.4.3.1	Levantamento de requisitos da ferramenta.....	60
4.4.3.2	Implementação da FAPP.....	62
4.5	Conclusões do capítulo .....	63
<b>5</b>	<b>Análise e discussão de resultados.....</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Conclusões do projeto e desenvolvimento futuro .....</b>	<b>69</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>72</b>
	Anexo A – Módulo da FAPP para gestão do supermercado de produto acabado.....	72
	Anexo B – Módulo da FAPP com caixa de nivelamento.....	74
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>76</b>

## Lista de figuras

---

Figura 1 – Etapas da metodologia da dissertação de mestrado. ....	2
Figura 2 – Logótipo do Empresa X (Empresa X, 2018). ....	7
Figura 3 – Logótipo da marca própria (Empresa X, 2018). ....	7
Figura 4 – Operações que integram a cadeia de valor do Empresa X. ....	7
Figura 5 – Principais etapas da operação de produção retalho & food service. ....	8
Figura 6 – Categorias onde se inserem as diferentes receitas de cada referência. ....	10
Figura 7 – Formatos atualmente produzidos na linha do plástico (Empresa X, 2018). ....	10
Figura 8 – Descrição das operações que integram a linha do plástico. ....	11
Figura 9 – Evolução do número de paletes vendidas na linha do plástico entre o ano 2012 e 2016 (Empresa X, 2018). ....	13
Figura 10 – Evolução do número de SKUs produzidas na linha do plástico entre o ano 2012 e 2016 (Empresa X, 2018). ....	13
Figura 11 – Número de incidências de roturas ocorridas, em 2017, nos produtos que servem o mercado de retalho & food service (Empresa X, 2018). ....	14
Figura 12 – Evolução do OEE na linha do plástico entre julho e dezembro de 2017 (Empresa X, 2018). ....	15
Figura 13 – Figura exemplificativa dos atuais ciclos de produção (período de cobertura de 3 meses). ....	16
Figura 14 – Figura exemplificativa de um sistema push. ....	23
Figura 15 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento <i>pull</i> MTO. ....	24
Figura 16 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento <i>pull</i> MTS. ....	24
Figura 17 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento <i>pull</i> MTS-MTO. ....	25
Figura 18 – Figura esquemática da implementação de um sistema kanban. ....	26
Figura 19 – Figura esquemática dos resultados da aplicação da metodologia EPEI. ....	27
Figura 20 – Ferramentas "rhythm wheels" utilizadas no planeamento dos ciclos de produção. ....	28
Figura 21 – Gráfico exemplificativo de uma curva ABC. ....	29
Figura 22 – Representação exemplificativa do comportamento da procura anual de produtos XYZ. ....	29
Figura 23 – Matriz esquemática do modelo de classificação ABC-XYZ. ....	30
Figura 24 – Etapas da metodologia utilizada para a resolução do problema em estudo. ....	34
Figura 25 – Fluxo de materiais da linha do plástico. ....	37
Figura 26 – Planta da linha do plástico com identificação dos diferentes equipamentos. ....	38
Figura 27 – Perdas médias de disponibilidade e performance da linha do plástico (Empresa X, 2018). ....	39



Figura 28 – Mapeamento do fluxo de atividades do estado inicial do Empresa X. ....	39
Figura 29 – Representação esquemática do modelo de planeamento inicialmente em vigor. ....	40
Figura 30 – Mapeamento do fluxo de atividades da estratégia futura do Empresa X. ....	42
Figura 31 – Figura exemplificativa do funcionamento do supermercado a implementar no Empresa X. ....	44
Figura 32 – Figura exemplificativa da evolução do stock no sistema <i>pull</i> a implementar no Empresa X. ....	44
Figura 33 – Estratégia de implementação do projeto de melhoria. ....	49
Figura 34 – Sub-etapas da implementação do sistema <i>pull</i> . ....	50
Figura 35 – Código de cores atribuído aos formatos da linha do plástico. ....	51
Figura 36 – Norma exemplificativa com os parâmetros de afinação da embandejadora. ....	51
Figura 37 – Carrinhos de setup para mudanças de formatos. ....	52
Figura 38 – Percentagem de produtos em cada categoria da análise ABC-XYZ. ....	53
Figura 39 – Componentes da capacidade produtiva de um recurso. ....	54
Figura 40 – Fatores integrantes do lead-time de reposição ....	56
Figura 41 – Template para gestão do supermercado. ....	57
Figura 42 – Caixa de nivelamento exemplificativa. ....	58
Figura 44 – Norma da regra de planeamento. ....	59
Figura 45 – Guião para comunicar ao cliente a nova estratégia de planeamento <i>pull</i> . ....	60
Figura 46 – Requisitos da ferramenta de apoio ao planeamento de produção. ....	62
Figura 47 – Sequência de etapas para a elaboração de um plano de produção. ....	63
Figura 48 – Evolução mensal do indicador forecast accuracy de planeamento ....	64
Figura 49 - Evolução semanal do indicador Forecast accuracy de planeamento. ....	64
Figura 50 - Evolução mensal do indicador OEE ....	65
Figura 51 - Evolução semanal do indicador OEE ....	65
Figura 52 - Evolução mensal do indicador Nível de serviço ....	66
Figura 53 - Evolução semanal do indicador Nível de serviço ....	66

## Lista de tabelas

---

Tabela 1 – Simbologia utilizada na ferramenta VSM. ....	35
Tabela 2 – Metodologias/ferramentas utilizadas para a resolução das limitações do problema em estudo .....	45
Tabela 3 – Tabela resumo dos KPIs do projeto de melhoria.....	46
Tabela 4 – Dados relativos à linha do plástico (Empresa X, 2018). ....	54
Tabela 5 – Parâmetros do dimensionamento da capacidade. ....	55
Tabela 6 – Decomposição do lead time de reposição (Empresa X, 2018). ....	57
Tabela 7 – Síntese dos resultados obtidos com o projeto de melhoria. ....	64
Tabela 8 – Síntese dos objetivos definidos e resultados obtidos no presente trabalho.....	67

## **Acrónimos**

---

APICS – *American Production and Inventory Control Society*

BoM – *Bill of Materials*

BTP – *Buil-To-Replenish*

CIP – *Cleaning In Process*

COO – *Chief Operating Officer*

EPEI – *Every Part Every Interval*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FAAP – *Ferramenta de Apoio ao Planeamento de Produção*

IDM – *Innovation & Development Management*

IT – *Information Technology*

JIT – *Just-in-Time*

KBS – *Kaizen Business System*

KIGC – *Kaizen Institute Consulting Group*

KIWE – *Kaizen Institute Western Europe*

KPI – *Key Performance Indicator*

ME – *Materiais de Embalagem*

MILP – *Mixed Integer Linear Programming*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MP – *Matérias-Primas*

MRP – *Material Requirements Planning*

MTO – *Make-To-Order*

MTS – *Make-To-Stock*

NS – *Nível de Serviço*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OTIF – *On Time In Full*

PA – *Produto Acabado*

PET – *Polietileno Tereftalato*

PP – *Planeamento de Produção*

PTO – *Picked-To-Order*

R&D – *Research & Development*

ROP – *Reorder Point*

SKU – *Stock Keeping Unit*

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TFM – *Total Flow Management*

TOC – *Theory of Constraints*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Total Quality Management*

TSM – *Total Service Management*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Progress*

# 1 Introdução

---

O presente capítulo tem como objetivo introduzir a dissertação de mestrado e encontra-se estruturado em quatro secções. Na secção 1.1 realiza-se uma contextualização do problema abordado no presente trabalho e a secção 1.2 enumera os principais objetivos propostos. A secção 1.3 descreve a metodologia adotada e a secção 1.4 encerra o capítulo com a descrição da estrutura utilizada no desenvolvimento da dissertação.

## 1.1 Contextualização do problema

A crescente procura por produtos diversificados e adaptados às necessidades e exigências dos consumidores individuais, tem-se revelado um dos principais desafios para a gestão das organizações (Guo et al., 2015). Associado a um ambiente caracterizado pela elevada competitividade entre empresas, torna-se fundamental garantir um elevado nível de serviço na entrega ao cliente, através da satisfação dos pedidos no local correto e no *lead time* desejado (Görener et al., 2013). Esta tendência de consumo surge com a alteração do paradigma, onde o consumidor deixa de, simplesmente, se adaptar à oferta e passa a ser um elemento informado sobre o mercado (Mahajan, 2015).

De acordo com Vachon et al. (2009), o aumento do desempenho e eficiência do sistema produtivo são considerados fatores determinantes para a obtenção de vantagens competitivas, bem como, para a satisfação dos requisitos dos consumidores. Neste sentido, as organizações têm procurado diversas estratégias para responder a estes novos desafios (Zhang et al. 2012). A metodologia *lean*, implementada em diversas indústrias e áreas de negócio, tem sido apresentada como uma estratégia que permite alavancar a performance das empresas, através do aumento da produtividade, da redução do *lead time* e dos custos, bem como, através do aumento da qualidade inerente aos produtos e serviços entregues ao consumidor final (Shah e Patel, 2018).

As indústrias de processo do setor alimentar têm apresentado um elevado crescimento ao longo dos últimos anos, impulsionado pelo aumento de novos concorrentes no mercado, bem como, pelo aumento da procura. A combinação destes fatores tem alterado as tendências do setor e conduzido a uma constante necessidade de otimização dos modelos de planeamento de produção (PP). Neste sentido, o PP é considerado um dos principais pilares na gestão destas organizações, sendo responsável por determinar a sequência e a quantidade ótima dos ciclos de produção e garantir uma correta gestão do inventário (Fauza et al., 2015). As organizações deste setor estão cada vez mais conscientes da importância do planeamento de produção na obtenção de resultados que assegurem a competitividade do negócio. É o caso da Empresa X, uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global. A Empresa X tem como objetivo desenvolver uma metodologia eficaz e sustentável para auxiliar o PP, baseado na filosofia *lean*, que permita acompanhar o aumento da procura e garantir um elevado nível de serviço ao cliente.

Os conceitos e ferramentas *lean* utilizadas no planeamento de produção, assumem um papel fundamental na melhoria do desempenho das organizações, permitindo ajustar a produção às necessidades reais do consumidor. Tanto na literatura como em casos de estudo reais é predominante a aplicação de metodologias e ferramentas *lean* no PP em indústrias de produção discreta. No entanto, o elevado número

de casos de sucesso nestas indústrias, fez com que nos últimos anos, diversos autores tenham feito esforços no sentido de adaptar a filosofia *lean* às indústrias de processo (Abdulmalek et al., 2015). As particularidades destas indústrias, associadas à restrita flexibilidade dos sistemas, à variabilidade da procura, aos longos ciclos de produção e tempos de *setup*, remetem para o estudo da implementação de ferramentas e metodologias *lean* no planeamento de produção nas indústrias de processo.

## 1.2 Objetivos da dissertação de mestrado

A presente dissertação de mestrado assume quatro objetivos principais, descritos de seguida:

- Caracterização do caso de estudo da Empresa X, através da análise da sua cadeia de valor e da identificação dos principais desafios na atualidade, com foco nos produtos do setor do retalho comercializados em embalagens de plástico.
- Revisão de conceitos, ferramentas e metodologias *lean* existentes na comunidade científica, focadas na implementação de estratégias de planeamento de produção, que permitam definir uma abordagem eficaz para a resolução do problema da Empresa X.
- Análise da situação inicial da Empresa X, com identificação de limitações, nomeadamente, ao nível do processo de planeamento de produção, de forma a realçar oportunidades de melhoria que permitam a otimização de operações com vista ao aumento do nível de serviço.
- Implementação de melhorias propostas no contexto real da Empresa X e apresentação dos resultados alcançados, potenciando a aplicação de metodologias *lean* em indústrias de processo.

## 1.3 Metodologia adotada

A presente dissertação de mestrado segue uma metodologia composta por cinco etapas, representadas no diagrama da Figura 1.

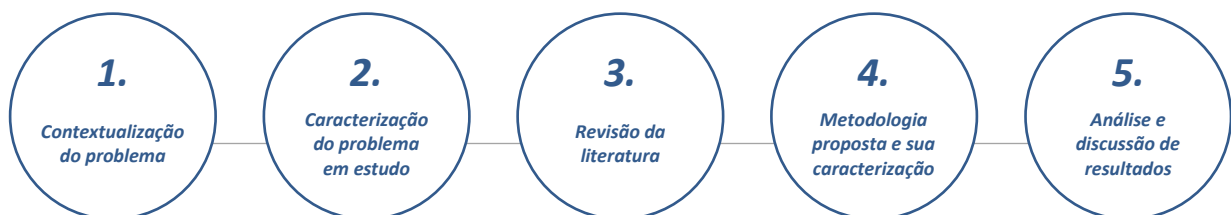


Figura 1 – Etapas da metodologia da dissertação de mestrado.

**Etapa 1 – Contextualização do problema:** a primeira etapa pretende enquadrar o problema no contexto empresarial atual e das tendências dos consumidores, com foco no setor das indústrias de processo.

**Etapa 2 – Caracterização do caso de estudo:** na segunda etapa é apresentada a Empresa X enquanto uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global. Realiza-se um estudo da cadeia de valor e da situação atual da empresa com o objetivo de identificar e caracterizar o problema abordado no presente trabalho.

**Etapa 3 – Revisão da literatura:** de forma a determinar a melhor abordagem para a resolução do problema identificado previamente, surge nesta etapa uma revisão da literatura onde são analisadas as ferramentas

e metodologias associadas ao pensamento *lean*, focadas na implementação de estratégias de planeamento de produção.

**Etapa 4 – Metodologia proposta e sua caracterização:** na quarta etapa é apresentada a metodologia proposta que tem como objetivo o desenho e implementação de um novo modelo de planeamento de produção baseado no conceito de abastecimento *pull*, onde aspetos como a gestão de inventário, o nivelamento da produção e o aumento de eficiência operacional são considerados.

**Etapa 6 – Análise e discussão de resultados:** a etapa final, tem como objetivo analisar e discutir os resultados obtidos após a implementação do sistema de planeamento *pull* da etapa anterior. Pretende-se ainda elaborar uma proposta de trabalho futuro, de forma a dar continuidade aos desenvolvimentos alcançados no presente trabalho.

## 1.4 Estrutura da dissertação de mestrado

A dissertação de mestrado encontra-se estruturada em seis capítulos principais, descritos de seguida:

- **Capítulo 1 – Introdução:** consiste no presente capítulo, onde é introduzido o tema da dissertação de mestrado, através de uma breve contextualização do problema. São ainda identificados os principais objetivos definidos para o trabalho e é descrita a estrutura da própria dissertação.
- **Capítulo 2 – Caso de estudo: a Empresa X:** apresenta a Empresa X enquanto uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global. É caracterizado o problema em análise através da realização de um estudo da cadeia de valor e da situação atual da empresa. Surge ainda a apresentação do *Kaizen Institute*, a empresa prestadora de serviços na área da consultoria e a sua ligação ao presente trabalho.
- **Capítulo 3 – Metodologias *lean* para o planeamento de produção em indústrias de processo:** identifica as principais características de uma indústria de processo e o impacto que estas têm na estratégia de planeamento de produção destas organizações. Apresenta a evolução da metodologia *lean* ao longo dos anos e define os seus principais conceitos. Estuda ainda as metodologias e ferramentas consideradas fundamentais numa estratégia de planeamento de produção *pull*.
- **Capítulo 4 – Desenho e implementação de um modelo de planeamento *pull*:** este capítulo segue uma metodologia que se encontra dividida em quatro etapas principais. Na primeira etapa é analisada a situação inicial da Empresa X, onde são recolhidas as principais limitações e oportunidades de melhoria. Na segunda etapa é realizado o desenho da estratégia futura pretendida e são definidos os objetivos para o projeto de melhoria. Na terceira etapa do capítulo, as atividades de melhoria são agrupadas em três vetores de atuação principais e é elaborado o plano de implementação num horizonte temporal. Na quarta etapa e descrevem-se as ações realizadas para a implementação da estratégia futura.
- **Capítulo 5 – Análise e discussão de resultados:** capítulo onde são analisados os resultados obtidos, de acordo com os indicadores de desempenho estabelecidos. Adicionalmente, procura-se analisar de forma crítica os resultados do projeto de melhoria, tendo em consideração o contexto inicial do problema.

- **Capítulo 6 – Conclusões do projeto e desenvolvimento futuro:** consiste no capítulo final da dissertação, no qual são descritas as principais conclusões do trabalho e onde é realizada uma sugestão de trabalho futuro a desenvolver junto da Empresa X, de modo a continuar o trabalho desenvolvido durante o presente projeto de melhoria.



## 2 Caso de estudo: a Empresa X

---

No presente capítulo pretende-se caracterizar a empresa e o problema em análise. Desta forma, é apresentado o caso de estudo, organizado em cinco secções. Na secção 2.1 é apresentado um breve enquadramento do *Kaizen Institute* – empresa prestadora de serviços na área da consultoria, onde se encontra a ser desenvolvido o presente trabalho em ambiente de estágio. Na secção 2.2 surge uma breve descrição e contextualização histórica da Empresa X, empresa cliente do *Kaizen Institute*, enquanto uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global. De seguida, o seu processo produtivo é analisado na secção 2.3, sendo descritas em maior detalhe as operações que compõem a linha dedicada ao enchimento das embalagens de plástico. Na secção 2.4 caracteriza-se o problema e procede-se à identificação dos pontos críticos e limitações inerentes ao caso de estudo. A secção 2.5 resume as principais conclusões do capítulo.

### 2.1 Enquadramento do *Kaizen Institute*

O *Kaizen Institute Consulting Group* (KICG) apresenta-se como uma empresa multinacional que presta serviços de consultoria, pioneira e líder na implementação de ferramentas *Kaizen Lean*. Atualmente, o KICG assume o compromisso de apoiar a Empresa X a potenciar a sua missão e visão – que passam pela produção de produtos com elevada qualidade de forma eficiente e competitiva.

A história do KICG remonta a 1955, quando Masaaki Imai (fundador do KICG), trabalhava no Centro de Produtividade do Japão, onde foi responsável por acompanhar grupos de executivos industriais japoneses a visitar a indústria Norte Americana, com o objetivo de recolher boas práticas de produção ocidentais, possíveis de serem implementadas no Japão (Graupp e Wrona, 2006). Através desta atividade, Imai acompanhou o desenvolvimento do *Toyota Production System* (TPS), depois de ter proporcionado aos antigos diretores da *Toyota Motors Corporation* visitas a indústrias com processos produtivos mais evoluídos (Dennis, 2002). Após observar o impacto positivo e significativo do TPS, Imai escreve o livro “*Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success*” (Imai, 2012). A palavra *Kaizen* resulta da associação de duas palavras japonesas, “*kai*” que significa “mudar” e “*zen*” que significa “melhor” e que interpretadas em conjunto significam “mudar para melhor”, ou ainda, “melhoria contínua”. Esta palavra deu também origem ao nome da empresa, fundada em 1985, que tem como propósito incrementar os níveis de desempenho das empresas de uma forma fácil, rápida e com baixos custos.

O presente caso de estudo encontra-se associado ao *Kaizen Institute Western Europe* (KIWE), fundado em 1999, com sede em Vila Nova de Gaia, Portugal. Atualmente, o KIWE é responsável pelos escritórios de Portugal, Espanha, França, Reino Unido e Malta, incorporando neste círculo cerca de 150 consultores. Numa perspetiva global, o KICG está presente em mais de 30 países, números que têm vindo a sofrer alterações t

Para que a estratégia *Kaizen* possa ser implementada com sucesso, o KICG concentra a sua atividade de melhoria em cinco aspetos fundamentais, associados à sigla GQCDM (Kaizen Institute, 2018):

- **Crescimento** (*Growth*): alavancar o crescimento sustentado das empresas.

- **Qualidade** (*Quality*): aumentar a qualidade dos produtos ou serviços entregues pelos seus clientes.
- **Custo** (*Cost*): diminuir os custos globais das atividades.
- **Serviço** (*Delivery*): cumprir o plano de trabalho estabelecido dentro dos prazos estabelecidos.
- **Motivação** (*Motivation*): desenvolver a motivação de todos os colaboradores envolvidos (desde os gestores de topo até aos operadores).

O modelo de gestão do KICG, denominado *Kaizen Business System* (KBS), é composto por um conjunto de cinco pilares, que incorporam diferentes metodologias *lean* que têm como objetivo alcançar os resultados GQCDM dos seus clientes. Os cinco pilares *Kaizen* são apresentados de seguida (Kaizen Institute, 2018):

- 1) **Total Flow Management (TFM)**: é utilizado para a gestão da produção e de atividades logísticas, bem como para a gestão fluxos de materiais e informação ao longo da cadeia de valor.
- 2) **Total Productive Maintenance (TPM)**: procura maximizar a eficiência operacional de equipamentos e a produtividade de pessoas.
- 3) **Total Quality Management (TQM)**: pretende alcançar continuamente a melhoria, com bases sólidas na procura da satisfação do cliente, na estruturação de processo, envolvendo todos os escalões dentro de uma organização.
- 4) **Total Service Management (TSM)**: aplica as metodologias tradicionais, originalmente aplicadas no meio industrial, ao mercado dos serviços, com vista no aumento da competitividade organizacional e satisfação do cliente.
- 5) **Innovation & Development Management (IDM)**: surge com a necessidade de melhorar a gestão da inovação. Auxilia projetos em áreas de desenvolvimento de novos produtos, melhoria de processos de negócio, organização de eventos, desenvolvimento de *software*.

## 2.2 A história da Empresa X

Fundado em 1957, na Azambuja, a Empresa X apresenta-se, atualmente, como uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global, ao ocupar uma posição de destaque no top 10 dos maiores produtores de derivados de tomate do mundo. A visão e missão definidas pela empresa remetem para a produção de produtos de alta qualidade e com grande valor acrescentado, produzidos de forma eficiente e competitiva – objetivos que contribuiriam para o rápido desenvolvimento do negócio no mercado onde se insere (Empresa X, 2018).

Entre os principais marcos históricos destaca-se, em 2007, a fusão da Empresa X com a Empresa Y, através da aquisição da sua unidade de produção em Benavente. Em 2010, numa estratégia de aumento da sua dimensão, a Empresa X inicia o processo de internacionalização ao adquirir uma unidade industrial em Espanha.

Dada a forte dependência do negócio do setor agrícola, com destaque para o cultivo do tomate, e uma vez que a colheita destes produtos se realiza apenas uma vez por ano, a Empresa X decide adquirir, em 2012, duas unidades industriais no Chile, de forma a obter vantagem competitiva no contraciclo e na duplicação das operações no mesmo espaço temporal, passando a ser a única produtora a ter duas colheitas de tomate

por ano. No Chile, para além da produção de tomate, a empresa inicia também o processo de produção de polpa de fruta, que representa 20% da faturação neste país.

Em 2014, a empresa decide regressar ao seu nome original e passa a utilizar a mesma imagem corporativa em todos os países onde opera (Figura 2). Atualmente, a organização está presente em mais de 60 países e é detentor de uma quota de 5% do mercado mundial de concentrado de tomate com uma faturação global de 265 milhões de euros no ano de 2017 (Empresa X, 2018).

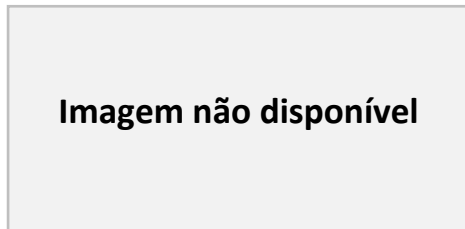


Figura 2 – Logótipo da Empresa X (Empresa X, 2018).

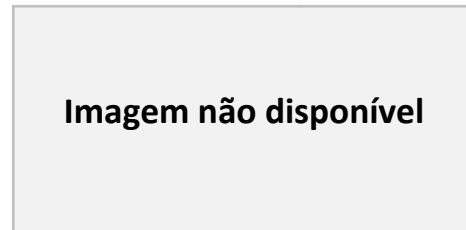


Figura 3 – Logótipo da marca própria (Empresa X, 2018).

A Empresa X procura disponibilizar um portefólio diversificado de produtos derivados do tomate que cumpram as necessidades, cada vez mais exigentes dos seus clientes, em três setores de atuação distintos: industrial, *food service* e retalho. Ao nível industrial, a empresa produz maioritariamente concentrado de tomate, armazenado em embalagens de 240kg e 1200kg. Os setores de *food service* e retalho, caracterizam-se pela produção dos mais variados produtos, entre os quais *ketchups*, polpas, sumos, *chili sauce* e molhos. Estes produtos são entregues ao consumidor em embalagens entre 2kg e 5kg para *food service* – destinadas essencialmente ao canal Horeca (constituído por estabelecimentos hoteleiros, restaurantes e cafés) –, e até 1kg para o setor do retalho. Relativamente ao *branding* dos produtos no setor do retalho alimentar, a estratégia de produção da empresa divide-se em dois segmentos: *private-labels* – através da produção de marcas de outros clientes retalhistas, mediante contratos previamente estabelecidos entre as duas entidades –, e sua marca própria (Figura 3), que permite o reconhecimento da Empresa X a nível nacional (Empresa X, 2018).

### 2.3 O processo produtivo da Empresa X

De forma a garantir uma qualidade de excelência nos produtos entregues ao cliente, a empresa possui atividades em quatro áreas de negócio distintas, que integram a cadeia de valor da Empresa X (Figura 4). Este conjunto de atividades permite a obtenção de diferentes produtos e garante um completo controlo e rastreabilidade no processo produtivo, desde a semente até ao produto final (Johnson et al., 2014).



Figura 4 – Operações que integram a cadeia de valor da Empresa X.

No contexto de competitividade atual, é fundamental para a empresa garantir o fluxo e a integração dos vários processos ao longo da cadeia de abastecimento, não apenas físico, mas também de informação, envolvendo os produtores de matéria-prima, as fases de transformação, e ainda a operação de

armazenamento, garantindo o acondicionamento do produto acabado antes de ser entregue ao cliente final (Bastas e Liyanage, 2018) (Empresa X, 2018).

Ao nível da produção e transformações adjacentes, torna-se relevante caracterizar alguns dos seus principais aspetos:

### **1) Produção agrícola**

O processo produtivo inicia-se com a produção do tomate – a principal matéria-prima utilizada para obtenção dos produtos finais. O tomate processado nas instalações da empresa desenvolve-se maioritariamente nas regiões circundantes a estas unidades de produção, permitindo à Empresa X um acompanhamento próximo dos agricultores responsáveis e conseqüentemente um maior controlo sob a qualidade de todas as culturas desde o primeiro instante, com a seleção da semente. As sementes selecionadas, são germinadas em viveiro, e posteriormente, quando as plantas se encontram já em fase de crescimento são transplantadas no campo, onde se transformam em fruto. Finalmente, procede-se à colheita, realizada de forma automática e programada para assegurar o menor tempo possível até à sua utilização industrial.

### **2) Transformação industrial**

A produção industrial corresponde à primeira grande transformação do tomate, após a sua chegada às instalações da empresa. Numa primeira fase, o tomate é classificado. Posteriormente, ocorre a operação de preparação da polpa, onde os frutos são lavados, esmagados e refinados. De seguida, o produto passa pelo processo de evaporação, de forma a remover a água. Este segue depois para a etapa de esterilização (garantindo a estabilidade) e enchimento, onde ocorre o enchimento de bidões com o preparado de tomate concentrado industrial.

### **3) Transformação de retalho & food service**

Na segunda transformação, onde se produzem os produtos associados ao setor do retalho & *food service*, são rececionadas e armazenadas várias matérias primas, entre as principais, açúcar, sal, vinagre e diversas especiarias. Estas matérias são preparadas, juntamente com o concentrado de tomate proveniente da operação anterior – produção industrial –, numa cozinha industrial, onde se obtêm as diferentes receitas de produto. A cozinha industrial, por sua vez, abastece as linhas de enchimento, onde o produto é colocado em embalagens de plástico, vidro, *Tetra Pak* ou ainda em sacos (Figura 5).

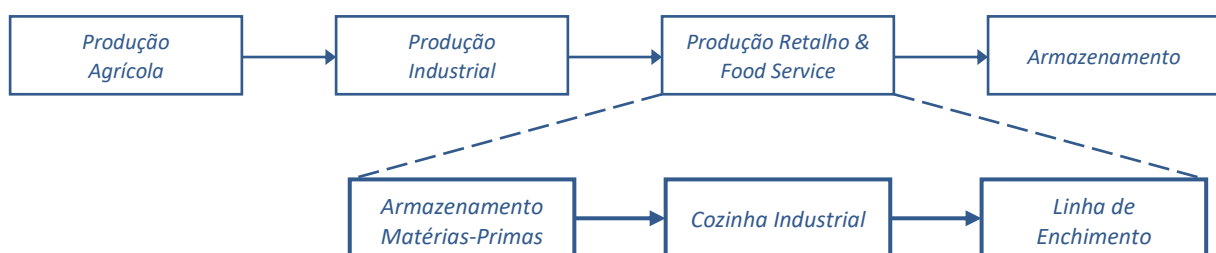


Figura 5 – Principais etapas da operação de produção retalho & food service.

Atualmente, a unidade industrial de Benavente tem disponíveis cinco linhas de enchimento que permitem embalar os diversos produtos produzidos na cozinha industrial em embalagens de vidro (300g a 1000g), plástico polietileno tereftalato (PET) e polipropileno (PP) (250g a 1000g), *Tetra Pak* (200g, 330g e 500g) e *pouches cryovac* (2kg a 5kg). Contudo, apesar das operações em cada uma das linhas serem semelhantes entre si, a linha dedicada ao enchimento de embalagens de plástico é a única a operar durante três turnos por dia (24 horas por dia, 7 dias por semana), devido à elevada procura verificada neste tipo de produtos.

O foco deste trabalho é a linha do plástico da unidade industrial de Benavente, uma vez que é identificada como o fluxo com maior estrangimento de capacidade, sendo por isso descrita de forma mais pormenorizada na secção 2.3.1.

### **2.3.1 Caracterização atual da linha do plástico**

A linha dedicada ao enchimento de garrafas de plástico (denominada linha do plástico) iniciou a sua atividade em 1995, sendo por isso uma das linhas mais antigas da unidade industrial de Benavente. No entanto, face ao aumento da procura por produtos desta gama, têm-se verificado vários esforços de otimização ao longo dos últimos anos. Ressalve-se que a necessidade de investimento não se prende apenas com a aquisição de equipamentos mais automatizados, mas também com o aumento de capacidade da linha ao nível do tempo de abertura (isto é, horário de funcionamento). Atualmente, a linha encontra-se em funcionamento num regime de 24h por dia, através de uma operação segmentada em três turnos de 8h. Estes turnos são, de forma rotativa, assegurados por quatro equipas, compostas por cinco elementos cada – quatro operadores (dedicados aos quatro diferentes postos de trabalho) e um chefe de equipa (responsável pelo turno correspondente) – que garantem o funcionamento contínuo da linha do plástico (Empresa X, 2018).

Na secção 2.3.1.1 são descritas as diferentes características dos produtos referentes à cadeia de valor em estudo. De seguida, e para uma melhor compreensão das etapas que compõem a linha de enchimento, os equipamentos e as respetivas operações são apresentadas em maior detalhe, na secção 2.3.1.2.

#### **2.3.1.1 Descrição dos produtos**

No setor da indústria alimentar, o crescente interesse dos consumidores em produtos de elevada qualidade e com características inovadoras, conduz a que a liderança das empresas deste setor assente em fatores diferenciadores valorizados pelo mercado, que potenciam novas vantagens competitivas face aos concorrentes (Huang et al., 2017). Neste sentido, a produção de uma gama diversificada de produtos, com diferentes características ao nível dos seus componentes, assume uma relevância fulcral e é identificada como um dos principais focos para o sucesso sustentado do negócio. Tendo esta visão do negócio, a Empresa X oferece aos seus clientes produtos com características flexíveis que se adaptam às diferentes estratégias e necessidades de cada um.

Relativamente à receita associada a cada produto, esta é desenvolvida segundo as preferências do cliente e com o base no conhecimento acumulado ao longo dos anos pela Empresa X, no seu departamento de

*Research & Development* (R&D), o que garante a entrega de produtos com elevados parâmetros de qualidade. Uma vez que as matérias-primas que constituem cada receita diferem de referência para referência, os produtos são caracterizados de acordo com as seguintes quatro categorias: produtos com características biológicas, produtos sem alergénios, produtos considerados *standard* e produtos com sabores intensos, que podem incluir ingredientes como por exemplo cebola ou picante (Figura 6).

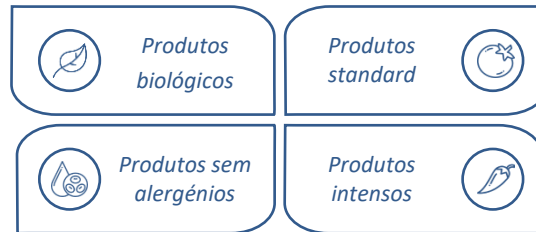


Figura 6 – Categorias onde se inserem as diferentes receitas de cada referência.

Além da receita, cada uma das referências que constituem o portefólio de produtos da empresa é ainda caracterizada e constituída por quatro tipos de materiais de embalagem, nomeadamente, a garrafa, a cápsula, o rótulo e a bandeja. A linha do plástico apresenta uma capacidade de produção de nove formatos de embalagem distintos, que podem ir desde 275g a 1000g (Figura 7).

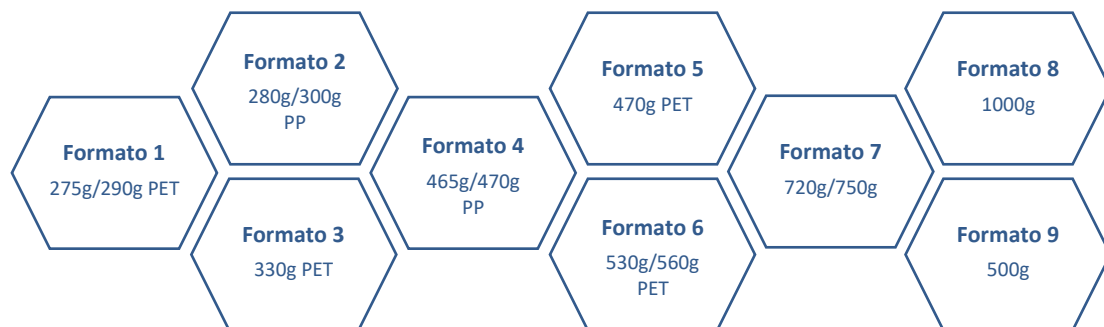


Figura 7 – Formatos atualmente produzidos na linha do plástico (Empresa X, 2018).

### 2.3.1.2 Descrição das operações

Tendo em consideração o *layout* geral da linha do plástico, esta contempla atualmente treze etapas operacionais, realizadas de forma sequencial: posicionamento das garrafas, eliminação das impurezas das garrafas, enchimento, capsulagem, selagem, arrefecimento, rotulagem, formação de bandejas, viragem de bandejas, retração do plástico que envolve a bandeja, etiquetagem, paletização manual e filmagem da paleta (Empresa X, 2018). Os equipamentos envolvidos em cada operação e a sua respetiva função na linha de enchimento, são apresentados no diagrama da Figura 8.

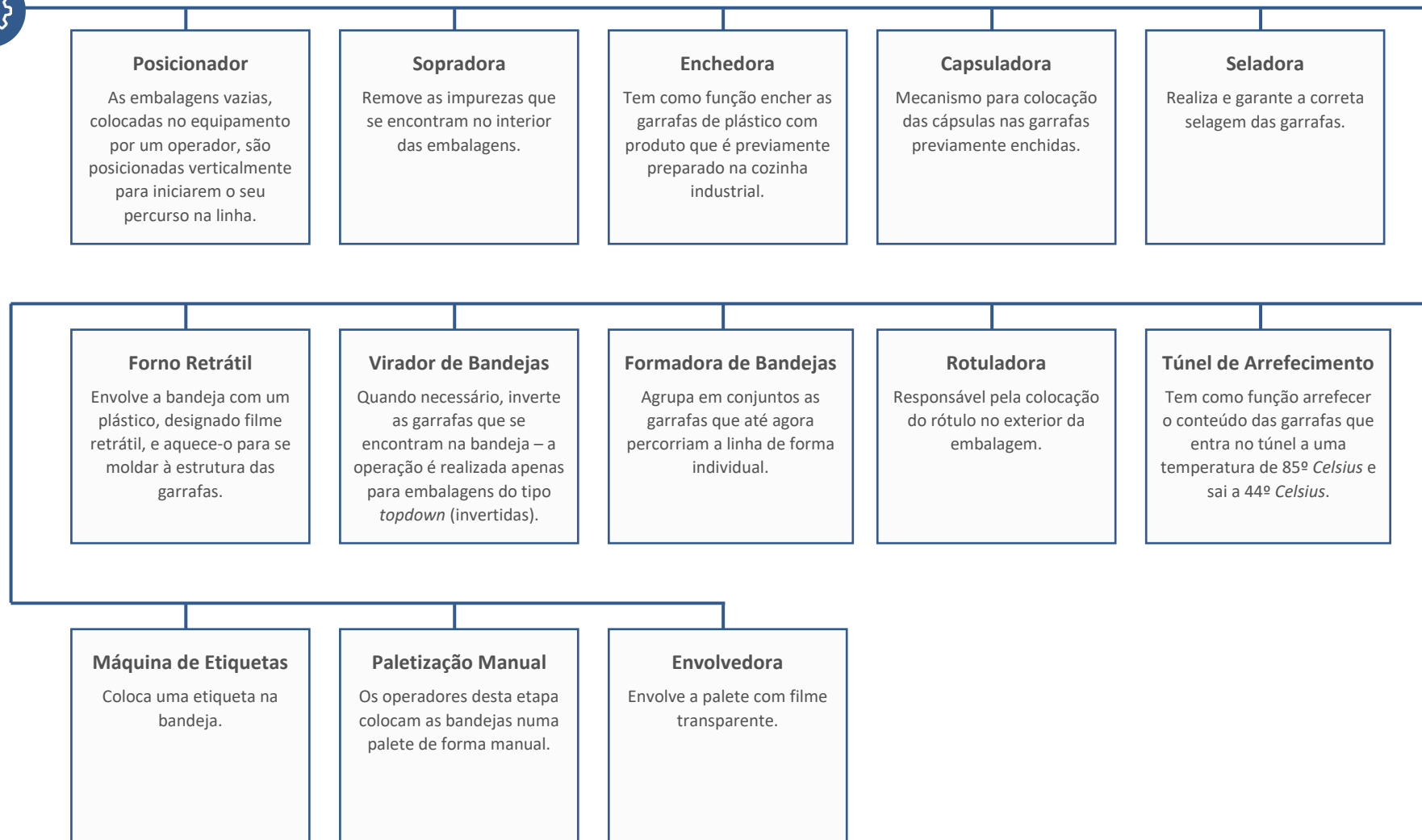


Figura 8 – Descrição das operações que integram a linha do plástico.

Considerando o tempo total de abertura da linha, o tempo da sua operação pode ser dividido em tempo de processamento e tempo de paragem.

#### a) Tempo de processamento

Período que corresponde ao tempo em que a linha ou segmentos da mesma produzem produto final ou intermédio, respetivamente.

#### b) Tempo de paragem

De acordo com Lozano et al. (2017), o tempo de paragem engloba todos os períodos em que a linha não se encontra operacional para a produção do produto final. Os autores classificam este tempo em paragens planeadas e não planeadas. As paragens planeadas englobam, para além das paragens convencionadas pela empresa (como por exemplo as férias e os feriados):

- **Tempo de mudança (ou tempo de *setup*)** – o tempo de *setup* considera qualquer alteração planeada que seja necessária efetuar num equipamento e o tempo utilizado para preparar os recursos (pessoas, máquinas) para realizar essa operação (Allahverdi e Soroush, 2008; Naboureh e Safari, 2016). Na linha de enchimento da Empresa X o tempo de *setup* encontra-se associado ao período de tempo utilizado para efetuar todos os procedimentos necessários para a mudança de formato ou mudança de produto (isto é, alteração da receita a produzir). A mudança de formato consiste na mudança do material de embalagem – formato da garrafa (tipificados na Figura 7), cápsulas, rótulos e contrarrótulos e/ou bandejas – sendo por isso necessário alterar as peças que compõem os equipamentos em vários segmentos da linha. Quando ocorre a mudança de receita a produzir, existe a necessidade de lavar os tubos provenientes da cozinha industrial que alimentam a enchedora, dadas as características do novo produto (apresentadas na Figura 6). Para a mudança de receita é utilizado um equipamento, denominado tubular, que tem como função efetuar a limpeza dos equipamentos que permitem fazer o enchimento do produto na garrafa. O processo de limpeza é denominado *Cleaning In Process* (CIP).
- **Manutenção planeada** – verifica-se quando é planeada uma intervenção da equipa de manutenção na linha para garantir o bom funcionamento dos equipamentos.

As paragens não planeadas englobam paragens na linha por falta de material, tempos de *setup* forçados por falta de material, e outros fatores, tais como:

- **Tempo de avarias** – verifica-se sempre que há um problema na linha e é necessária a intervenção da equipa de manutenção, uma vez que os operadores não têm competências suficientes para a resolução do mesmo.
- **Tempo de afinação** – ocorre essencialmente após a mudança de formato na linha, estando tipicamente associado aos ajustes necessários em alguns dos equipamentos, de forma a que o produto corresponda às especificações pretendidas.



## 2.4 Caracterização do problema

De forma a alavancar o seu negócio e manter a competitividade relativamente aos seus concorrentes, a Empresa X apresenta como estratégia de crescimento a aposta na aquisição de novos clientes e no aumento do portefólio de produtos para clientes já existentes. Adicionalmente, dada a evolução das exigências dos consumidores ao longo dos últimos anos e, por conseguinte, das entidades retalhistas – os principais clientes da Empresa X –, a estratégia de diferenciação da empresa assenta também na oferta de produtos com características flexíveis, principalmente ao nível do seu formato e receita (Empresa X, 2018). Como resultado da aplicação das suas estratégias de crescimento e diferenciação, a empresa verifica um aumento das suas receitas, resultante do aumento do número de artigos vendidos ao longo dos últimos anos – medido em número de paletes (Figura 9).

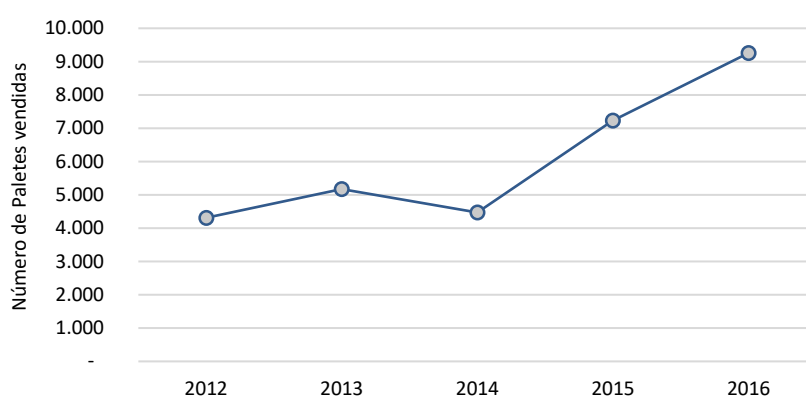


Figura 9 – Evolução do número de paletes vendidas na linha do plástico entre o ano 2012 e 2016 (Empresa X, 2018).

Atualmente, os produtos são cada vez mais customizados para os clientes individuais, o que acrescenta um novo nível de complexidade às cadeias de abastecimento que, consequentemente, necessitam de refletir versatilidade e adaptabilidade às necessidades dos consumidores. Desta forma, associado ao aumento das vendas da linha do plástico, verifica-se também um crescimento no número de *Stock Keeping Unit* (SKUs) produzidas (Figura 10). Apesar da relação entre o número de SKUs produzidas e as vendas estar correlacionada, esta pode não ser proporcional, uma vez que a estratégia da Empresa X pode passar pelo aumento do volume de vendas de referências de clientes já existentes.

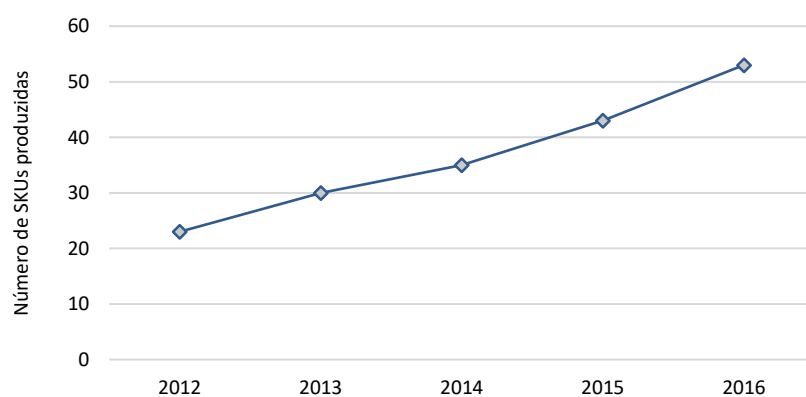


Figura 10 – Evolução do número de SKUs produzidas na linha do plástico entre o ano 2012 e 2016 (Empresa X, 2018).

No ano de 2014, verifica-se uma tendência decrescente da procura, que motivou um esforço de angariação de novos clientes. No entanto, uma vez que os clientes só começam a consumir no final do ano em questão, apesar do número de SKUs produzidas aumentar, o número de paletes vendidas apresenta uma redução.

O negócio alimentar de grande consumo caracteriza-se pela exigência inerente à satisfação das encomendas colocadas pelos clientes num *lead time* reduzido (intervalo de tempo desde que o cliente efetua uma encomenda até à sua respetiva entrega) e nas quantidades pretendidas por estes. Desta forma, e uma vez que a linha já se encontra a operar na sua máxima capacidade (conforme referido previamente), a empresa apresenta dificuldades na satisfação da procura. Na Figura 11 encontra-se apresentado o número de incidências de roturas nos quatro tipos de produtos que servem o mercado de retalho & *food service*, ocorridas no ano de 2017. Verifica-se que 82% do total de roturas ocorre nos produtos caracterizados pela embalagem de plástico.

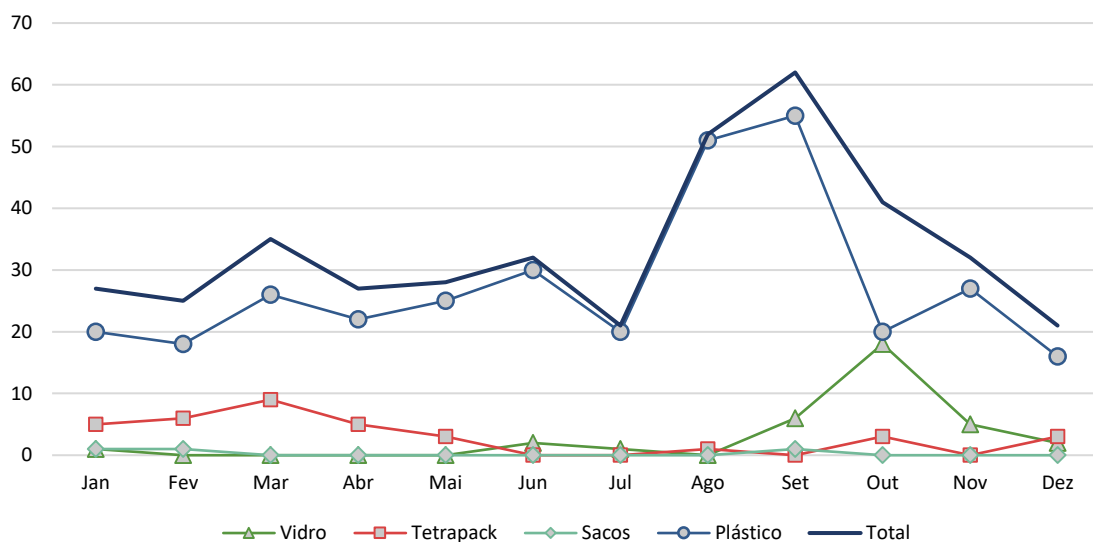


Figura 11 – Número de incidências de roturas ocorridas, em 2017, nos produtos que servem o mercado de retalho & *food service* (Empresa X, 2018).

Através de uma análise ao gráfico da Figura 11, conclui-se que no mês de setembro, no total das encomendas efetuadas pelos clientes, 55 não estavam disponíveis na quantidade pretendida e/ou no *lead time* requerido.

Como consequência, a Empresa X apresenta um nível de serviço ao cliente de 89%, que se reflete numa média mensal aproximada de 58 000€ em perda de vendas potenciais, associadas à não satisfação de 11% das encomendas colocadas pelos clientes na quantidade certa e no *lead time* acordado. Importa esclarecer que para a contabilização do número de roturas é considerada uma rotura sempre que não seja possível satisfazer a totalidade da encomenda do cliente. O cálculo do nível de serviço, por sua vez, é obtido de acordo com a Eq. 1, onde  $V_i$  representa a quantidade total vendida e  $NV_i$  a quantidade que não se encontra disponível para satisfazer as encomendas dos clientes no *lead time* desejado.

$$\text{Nível de Serviço} = \frac{V_i}{NV_i + V_i} \quad (1)$$

Apesar da evolução positiva e significativa das vendas da Empresa X, os elevados custos de investimento associados à aquisição de uma nova linha de enchimento com as características necessárias para a produção do portefólio apresentado pela empresa, refletem-se numa limitação ao nível da disponibilidade de recursos, nomeadamente de equipamentos. Desta forma, a otimização da linha existente é apresentada como uma solução para o médio-prazo. Numa primeira fase, torna-se relevante identificar quais os principais pontos críticos ao nível da eficiência da linha e da gestão do inventário de produto acabado que comprometem a capacidade de resposta às encomendas dos clientes.

Com o objetivo de identificar os principais pontos críticos associados à eficiência da linha do plástico, procedeu-se a uma análise preliminar, tendo sido identificados enquanto principais aspetos:

#### a) Reduzido *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

De modo a avaliar a eficiência global dos equipamentos da linha do plástico, a Empresa X mede mensalmente o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), enquanto medida de performance produtiva da linha como um todo.

Ao analisar os valores de OEE calculados para a linha do plástico nos seis meses anteriores ao início do projeto (Figura 12), concluiu-se que o valor médio obtido para este indicador de performance é de 68%, o que significa que a linha produz unidades com qualidade suficiente para serem vendidas durante apenas 68% do tempo total de abertura. Através de uma análise inicial, foi também possível concluir que as perdas para realizar os *setups* dos equipamentos são as que apresentam um maior impacto no OEE da linha.

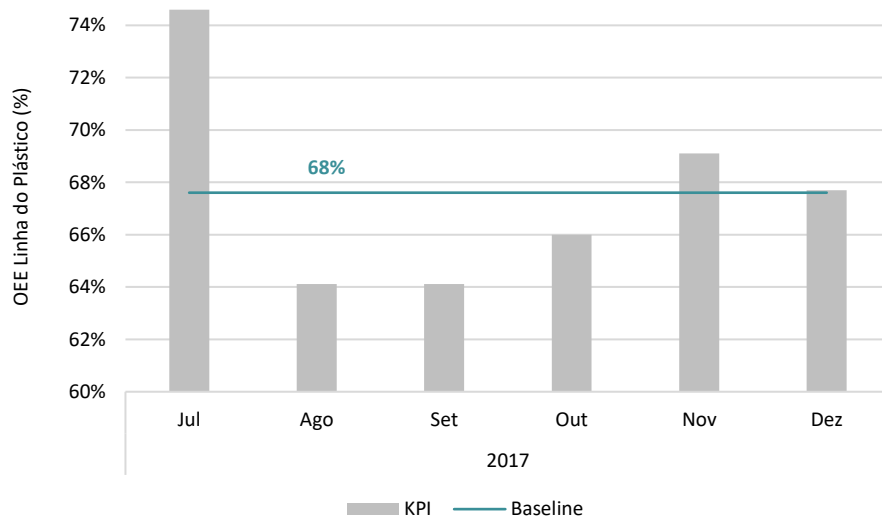


Figura 12 – Evolução do OEE na linha do plástico entre julho e dezembro de 2017 (Empresa X, 2018).

#### b) Elevados ciclos de produção

Como forma de maximizar a eficiência da linha de produção e minimizar o tempo gasto a efetuar mudanças nos equipamentos, a Empresa X estipula o ciclo de produção de cada referência para garantir uma cobertura de *stock* que consiga satisfazer a procura durante três meses. Com base nesta estratégia, a linha produz a totalidade das referências apenas ao fim de 90 dias, o que significa que cada referência só é

produzida de três em três meses (Figura 13). A estratégia adotada pela empresa ao efetuar elevados ciclos de produção reflete-se numa flexibilidade da linha muito reduzida.



Figura 13 – Figura exemplificativa dos atuais ciclos de produção (período de cobertura de 3 meses).

### c) Inventário de produto acabado desnivelado

Sendo a cobertura de *stock* de cada referência de três meses – como forma de minimizar o tempo de *setup* –, pretende-se que o inventário de produto acabado satisfaça as encomendas durante este intervalo de tempo. No entanto, o mercado de grande consumo está sujeito a oscilações significativas na procura, muitas vezes associado ao *bullwhip effect* (ou efeito chicote), definido como a variação de inventário à medida que se avança na cadeia de abastecimento (*upstream*) devido à distorção da procura ao longo da mesma (Lee et al., 1997) –, que se traduz numa falta de visão a médio prazo, uma vez que se torna difícil prever as necessidades do cliente ao longo deste período. Desta forma, e dado que a cobertura de *stock* é calculada apenas com base em previsões de procura, a quantidade produzida para cada período pode refletir-se num excesso de inventário ou, caso contrário, na falta de produtos para satisfazer as encomendas colocadas pelos clientes (inventário de produto acabado desnivelado) – dando assim origem a roturas e quebras no nível de serviço (conforme apresentado previamente no gráfico da Figura 11).

Decorrente da análise do comportamento da procura e da eficiência do processo de produção, foram identificadas limitações e características na situação atual da empresa que têm impacto no nível de serviço ao cliente. De seguida, enumeram-se as principais limitações relevantes para a análise do caso em estudo:

- A empresa apresenta uma capacidade produtiva que se encontra limitada pelos seus recursos, dado que a linha do plástico opera 24 horas por dia, durante todo o ano;
- A principal perda de disponibilidade da linha do plástico está associada aos elevados tempos de *setup*, que apresenta um valor médio de oito horas, dado que durante este período a linha não se encontra disponível para produção;
- Os elevados ciclos de produção traduzem-se numa baixa flexibilidade e capacidade de resposta da linha à variação da procura dos clientes, dado que a linha só renova a produção de todas as referências ao fim de três meses.
- O período estipulado para a cobertura de *stock* é elevado tendo em conta as oscilações na procura durante este período, resultando assim, num inventário de produto acabado desnivelado que não consegue satisfazer todas as necessidades dos clientes, que se reflete num nível de serviço de 89%.
- O processo de planeamento de produção e compra de matéria-prima não é normalizado, o que compromete a estabilidade da linha de produção e consequentemente o inventário de produto acabado, bem como, o inventário de matéria-prima e material de embalagem.

Por decisão da administração da Empresa X, a unidade industrial de Benavente (onde se insere a linha de enchimento de embalagens de plástico) foi incorporada num projeto que pretende criar uma cultura de melhoria contínua na organização, aumentar o nível de serviço ao cliente e a produtividade global da fábrica, através de conceitos associados à metodologia *Kaizen Lean* e à aplicação de algumas das suas ferramentas, de forma a manter-se competitiva e a alavancar o seu crescimento.

## **2.5 Conclusões do capítulo**

A Empresa X apresenta-se como umas das principais empresas produtoras de concentrado e polpa de frutas em Portugal e a nível global. Como resultado de um aumento das vendas ao longo dos últimos anos, as atuais características do processo de produção dos produtos associados à linha do plástico estão a comprometer a capacidade de resposta às encomendas dos clientes, dando assim origem a roturas e, conseqüentemente, à redução do nível de serviço. Neste sentido, surge a necessidade explorar oportunidades de melhoria ao nível da eficiência da linha, da gestão do inventário e do planeamento de produção. Esta será a problemática estudada no presente trabalho, através de um modelo de planeamento e metodologias de otimização de eficiência operacional com vista ao aumento do nível de serviço ao cliente.

Tendo em consideração as tendências e limitações observadas torna-se relevante analisar o estado da arte e perceber de que forma a comunidade científica tem abordado casos com uma problemática semelhante e quais são as metodologias e ferramentas indicadas para a resolução do problema identificado.

### **3 Metodologias *lean* no planeamento de produção em indústrias de processo**

---

O presente capítulo tem como objetivo a revisão do estado da arte de ferramentas e metodologias associadas ao pensamento *lean*, focadas na implementação de estratégias de planeamento de produção, consideradas fundamentais para resolução do problema da Empresa X. O capítulo encontra-se estruturado em cinco secções. Na secção 3.1 são identificadas as principais características de uma indústria de processo e o respetivo impacto na estratégia de planeamento de produção destas organizações. Na secção 3.2 é apresentada a origem e a evolução da metodologia *lean* e na secção 3.3 são caracterizados os principais conceitos envolvidos no pensamento *lean*. A estratégia de planeamento de produção *pull*, bem como as metodologias e ferramentas consideradas fundamentais na sua implementação, são definidas em maior detalhe na secção 3.4. Finalmente, a secção 3.5 reúne as principais conclusões do capítulo.

#### **3.1 Contextualização da metodologia *lean* em indústrias de processo**

As indústrias de processo apresentam-se como impulsionadores chave na criação de valor a nível global, ao possuírem um papel de destaque no Produto Interno Bruto (PIB) de muitos países (Noroozi e Wikner, 2017). Indústrias químicas, farmacêuticas e de alimentos e bebidas abrangem mais de 50% da produção na Europa e nos Estados Unidos da América (Packowski, 2014). De acordo com a *American Production and Inventory Control Society* (APICS), uma indústria de processo é definida como “um negócio que acrescenta valor ao material através de mistura, separação, formação ou reação química, onde os processos podem ser caracterizados como contínuos ou descontínuos e requerem, geralmente, alto investimento em capital” (APICS, 2016). Por outras palavras, uma indústria de processo acrescenta valor através da modificação física ou química das propriedades dos materiais que compõem o produto final (Caputi et al, 2011).

A indústria de processo distingue os sistemas de produção contínua dos sistemas de produção descontínua. Um sistema de produção contínua é caracterizado pela utilização de equipamentos específicos para a produção de grandes volumes de um número limitado de produtos e permite um fluxo contínuo de entrada e saída de matérias, onde o ponto de início e fim não está claramente definido. Alternativamente, um sistema de produção descontínua é caracterizado pela produção de pequenas quantidades de um elevado número de produtos e pela utilização de equipamentos com múltiplos propósitos. Este sistema possui um ponto de início definido e envolve um número inteiro de lotes, onde um lote possui uma quantidade pré-definida (como por exemplo, 500kg) (Kallrath, 2002). No que diz respeito às indústrias de processo do ramo alimentar – onde se inclui a Empresa X –, os processos são caracterizados, maioritariamente, por uma produção descontínua, o que implica que a produção de um determinado lote termine antes do início da produção do próximo.

Os sistemas produtivos de uma indústria de processo apresentam uma reduzida flexibilidade, causada pelos elevados ciclos de produção, associados aos longos tempos de paragem para efetuar *setups* (Abdulmalek et al., 2006; Pool et al., 2011). Como consequência da restrita flexibilidade, a necessidade de visibilidade e otimização dos fluxos de materiais e informação ao longo de toda a cadeia de abastecimento torna-se fundamental para garantir o nível de serviço exigido pelos clientes (Packowski, 2014). No mesmo contexto,

as indústrias de processo do ramo alimentar estão sujeitas a desafios significativos ao nível do planeamento de produção (PP), uma vez que esta atividade é responsável por determinar quando, onde e como deve ser produzido o conjunto de produtos tendo em consideração os aspetos operacionais de todo o processo e a elevada perecibilidade associada a estes produtos (Carvalho, 2015).

Ao longo dos últimos anos, têm-se verificado inúmeros progressos no modo como as empresas desenvolvem as suas estratégias de planeamento de produção. Na literatura, os autores apresentam diferentes abordagens para a otimização do PP, onde se destacam: a simulação de eventos discretos (Gansterer et al., 2014; Sproedt et al., 2015); a formulação de modelos matemáticos de programação linear – *Mixed Integer Linear Programming*, MILP – (Chu et al., 2014); a teoria das restrições (*Theory of Constraints*, TOC) (Golmohammadi, 2015); e os algoritmos heurísticos (Camacho-Vallejo et al., 2015).

A metodologia *lean*, tem-se revelado ser uma alternativa às metodologias anteriormente identificadas, considerada uma abordagem resiliente que garante rápidos resultados quando é adotada de forma adequada pelos diferentes atores ao longo da cadeia de abastecimento. As principais vantagens da implementação da filosofia *lean* estão associadas ao aumento da produtividade dos sistemas e operações, à redução dos custos e do *lead time* e melhoria da qualidade, proporcionando um maior valor nos produtos e serviços entregues ao cliente (Shah e Patel, 2018).

O sucesso da implementação das metodologias *lean* tem sido fortemente associado à indústria automóvel e a inúmeras outras indústrias de produção discreta (com especial foco nas linhas de montagem). No entanto, o elevado número de casos de sucesso nestas indústrias, fez com que nos últimos anos, diversos autores tenham feito esforços no sentido de adaptar a filosofia *lean* às indústrias de processo. Apesar da restrita flexibilidade dos sistemas de produção – apontada pelos gestores das indústrias de processo como uma das principais causas para a adoção tardia da filosofia *lean* –, os ganhos e benefícios potenciais da implementação de metodologias e ferramentas *lean* poderá alavancar estas indústrias a novos patamares de controlo, flexibilidade e excelência operacional (Abdulmalek et al., 2006).

### **3.2 A evolução do conceito *lean***

A evolução do conceito *lean* surge fortemente associada a atividades relacionadas com a engenharia de produção, que possuem um papel predominante na economia global, ao serem constantemente desafiadas por mercados e consumidores cada vez mais exigentes (Antonio et al., 2017). Neste contexto, destaca-se a indústria automóvel, um setor com elevado impacto global, impulsionador de revoluções políticas e estratégicas de industrialização de países como os Estados Unidos da América (EUA), Coreia, Japão ou Alemanha – que possuem uma elevada quantidade de setores económicos, direta ou indiretamente, dependentes desta atividade industrial. Desta forma, a indústria automóvel tem sido continuamente desafiada pelas melhores práticas e pela constante necessidade de inovação, sendo estes requisitos essenciais para a manutenção da competitividade ao longo do tempo (Orsato e Wells, 2007).

A primeira grande revolução no paradigma industrial é conduzida por Henry Ford no início do século XX, ao implementar uma linha de montagem em série na fábrica da *Ford Motor Company*, nos EUA. A criação de

um fluxo de produção simples e constante, com a redução da variabilidade dos processos de montagem, conduziu ao início da produção em massa – produção não customizada – baseada na conceção de elevados volumes, de forma a maximizar o lucro, através da respetiva redução do custo unitário (Parry e Graves, 2008). Surge assim uma linha de produção completamente padronizada, que se torna um exemplo não só para a indústria automóvel como também para outras indústrias. Considerada naquela época uma referência mundial em eficiência industrial, as técnicas de produção em massa assumiram rapidamente presença nas empresas do setor automóvel japonês (Womack et al., 1990).

No período posterior à Segunda Guerra Mundial, as graves dificuldades económicas no Japão resultaram num aumento dos níveis de inventário de carros produzidos não vendidos nos fabricantes automóveis do país (Holweg, 2007). Entre as principais empresas afetadas pela crise, destaca-se a *Toyota Motor Company*, que se encontrava em risco de falência. Numa tentativa de encontrar uma solução para aumentar as vendas e reduzir os níveis de inventário, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno (administrador e engenheiro da Toyota, respetivamente) visitaram empresas de *benchmarking* americanas para conhecerem as melhores práticas da indústria naquele momento (Dennis, 2002). No entanto, de acordo com a visão de Toyoda e Ohno, as restrições de capital e os baixos volumes do mercado japonês não justificavam os grandes tamanhos de lote, comuns no modelo de produção em massa, que originavam elevados níveis de inventário e consequentemente elevados custos de manutenção (Antonio et al., 2017). Além disso, esta estratégia de produção não iria conseguir acompanhar as alterações de comportamento do mercado, num momento em que os consumidores começavam a exigir variedade e ciclos de produção mais curtos. Após o estudo das técnicas produtivas americanas e melhoria dos métodos utilizados até então, nasce um sistema de produção adaptado ao ritmo da procura dos consumidores, denominado Sistema de Produção Toyota (TPS – *Toyota Production System*) (Ohno, 1988). Este modelo de produção manteve-se em anonimato durante décadas até à publicação do livro *“The Machine that Changed the World”* (Womack et al., 1990), que faz uma compilação dos resultados de um estudo desenvolvido ao longo de 5 anos pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e onde surge pela primeira vez a palavra *“lean”*. O Sistema de Produção Toyota ficou também conhecido como *“produção lean”*, associada ao conceito de produção *“magra”*, uma vez que se baseia na constante redução de desperdício e na remoção das atividades que não acrescentam valor (Pettersen, 2009). A adoção do TPS por outras empresas Japonesas foi ocorrendo gradualmente, determinando, assim, a segunda grande revolução no paradigma industrial (Pinto, 2008).

Nos anos seguintes ao surgimento do TPS, inicia-se uma nova filosofia de liderança e gestão, que tem como objetivo a sistemática eliminação de desperdício e a criação de valor, denominada pensamento *lean*. Ao longo das últimas décadas, o pensamento *lean* tem sido aplicado nas mais diversas áreas, desde o setor da produção aos serviços, tornando-se num movimento global que tem vindo a revolucionar os mecanismos tradicionais de gestão de pessoas, processos e recursos e a elevar as organizações para um novo patamar de excelência (Salehi e Yaghtin, 2015).



### **3.3 Princípios e ferramentas base do pensamento *lean***

#### **3.3.1 Valor e desperdício**

O pensamento *lean* (também conhecido como “*lean thinking*”) tem vindo a assumir uma importância relevante junto das empresas, sendo associado a uma abordagem inovadora às práticas de gestão. Esta filosofia orienta a sua ação para a eliminação gradual do que representa desperdício nos processos, tendo por base princípios que visam simplificar o modo como uma organização produz e entrega valor aos seus clientes (Hicks, 2007). Neste sentido, torna-se relevante definir os conceitos de valor e desperdício, considerados essenciais para a implementação correta da filosofia *lean* numa organização.

Womack e Jones (2004), defendem que o conceito de valor é definido pelo cliente e não pelas empresas, caracterizando-o como “tudo aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar”. Desta forma, as organizações deverão garantir que os seus sistemas produtivos se encontram focados nas atividades valorizadas pelos consumidores e que estas expressam as suas necessidades e exigências (Hines et al., 2004).

O conceito de desperdício (em japonês, “*muda*”) é definido pelos autores Chen et al. (2010) como “qualquer atividade pela qual o cliente não está disposto a pagar”, e que, portanto, deve ser eliminada. Os autores Chen et al. (2010) realçam ainda que a redução de desperdício é a melhor forma de acrescentar valor aos processos de uma organização, permitindo simultaneamente o aumento da eficácia das operações e o aumento da posição competitiva das empresas através da redução de custos associada à eliminação do desperdício. No entanto, de acordo com Garrido et al. (2009), apesar de existir uma relação entre o conceito de valor e de desperdício, esta poderá não ser inversamente proporcional, uma vez que a criação de valor não é uma consequência direta de uma redução de desperdícios.

Associadas ao pensamento *lean* surgem diversas ferramentas e metodologias que podem ser adaptadas às mais variadas realidades empresariais e implementadas de acordo com necessidades específicas de cada organização. Neste sentido, é apresentada na secção 3.3.2 a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), considerada essencial no processo de implementação *lean* e identificada como uma ferramenta base no estudo inicial da cadeia de valor.

#### **3.3.2 Value Stream Mapping (VSM)**

O *Value Stream Mapping* (em português, mapeamento da cadeia de valor) é uma ferramenta *lean*, utilizada em muitos setores da indústria, essencial na implementação da abordagem *lean*. O VSM promove a compreensão do fluxo de informação (como por exemplo, o sistema de planeamento de produção) e do fluxo de materiais ao longo da cadeia de valor, permitindo uma visão global na perspetiva do cliente. Esta ferramenta possibilita a identificação de oportunidades de melhoria e facilita a tomada de decisões estratégicas que têm como objetivo o desenho de soluções otimizadas, com foco nas atividades de valor acrescentado (Grewal, 2008; Li, 2014).

De acordo com Jeong e Yoon (2016), o VSM deve contemplar três etapas principais, nomeadamente: 1) mapeamento do estado atual (processo “*as is*”), onde são identificadas, por uma equipa multidisciplinar,

todas as atividades que acrescentam e não acrescentam valor ao produto final; 2) identificação das áreas ou operações que apresentam ineficiências e oportunidades de melhoria ao longo da cadeia de valor (como por exemplo, elevadas quantidades em inventário, longo *lead time*/tempo ciclo, sistema de planeamento desadequado); 3) desenvolvimento do mapa que reflete o estado futuro (*“as should be”*) baseado na eliminação das atividades sem valor acrescentado. Com base no último mapa é estabelecido um plano de mudança que promove uma sequência de ações necessárias para dar suporte às mudanças propostas. De forma a avaliar o desempenho das soluções propostas, estimam-se os resultados expectáveis, para que seja possível compará-los com os resultados atualmente em vigor.

Deshkar et al. (2018) utilizaram a ferramenta VSM numa indústria de produção de sacos de plástico e verificaram que 85% do *lead time* total era gasto em atividades sem valor acrescentado. Os principais desperdícios estavam associados a elevados tempos de ciclo, elevados níveis de *stock* e planeamento não adequado, causando, desta forma, falhas na qualidade de entrega ao cliente. Através de uma estimativa dos resultados futuros, verificou-se um aumento do tempo de valor acrescentado no *lead time* total de 15% para 90%, que motivou uma redução do tempo de ciclo de 46,6 para 26 minutos, e ainda um aumento do nível de serviço ao cliente.

### 3.4 Estratégias de planeamento de produção

A otimização do planeamento de produção (PP) e gestão do inventário são atividades fundamentais na gestão de uma cadeia de abastecimento. Sangeetha et al. (2015), Fauza et al. (2015), Liang (2013) e Soman et al. (2004), afirmam que o planeamento de produção é uma das principais atividades numa indústria de processo do setor alimentar, uma vez que estas indústrias são caracterizadas por uma elevada perecibilidade dos produtos. Adicionalmente, o PP garante que uma organização apresenta os requisitos necessários para satisfazer a procura do cliente, no *lead time* desejado e na quantidade certa (*On Time In Full*, OTIF), minimizando o custo total associado ao inventário ao longo da cadeia de abastecimento e maximizando o lucro, de forma a garantir a competitividade do negócio (Nagib et al., 2016; Liu et al., 2016).

Na literatura, os sistemas *push* e *pull* são apresentados como as principais estratégias de abastecimento utilizadas no planeamento de produção. A APICS (2016) define o sistema *push* como um sistema onde “a produção de itens é determinada por um cronograma planeado com antecedência e com base em previsões da procura”. O sistema *pull* é definido como um sistema que “produz para satisfazer uma ordem firme que precisa de ser imediatamente satisfeita ou para reabastecer produtos consumidos” (APICS, 2016). Este sistema é caracterizado pela produção baseada na procura real do consumidor final.

O sistema *push* encontra-se diretamente relacionado com o conceito *make-to-stock* (MTS), isto é, “produção para *stock*”, verificando-se uma acumulação de inventário no final da cadeia de abastecimento (Günalay, 2011; Sangeetha et al., 2015). Este sistema, tradicionalmente adotado por muitas empresas, exige que a realização de previsões da procura para que se consiga determinar a quantidade que deve ser produzida para *stock* (Figura 14). No entanto, esta previsão pode ser pouco precisa em cenários caracterizados pela variabilidade na procura, conduzindo a elevados custos associados à acumulação de inventário (Stevenson et al., 2005).

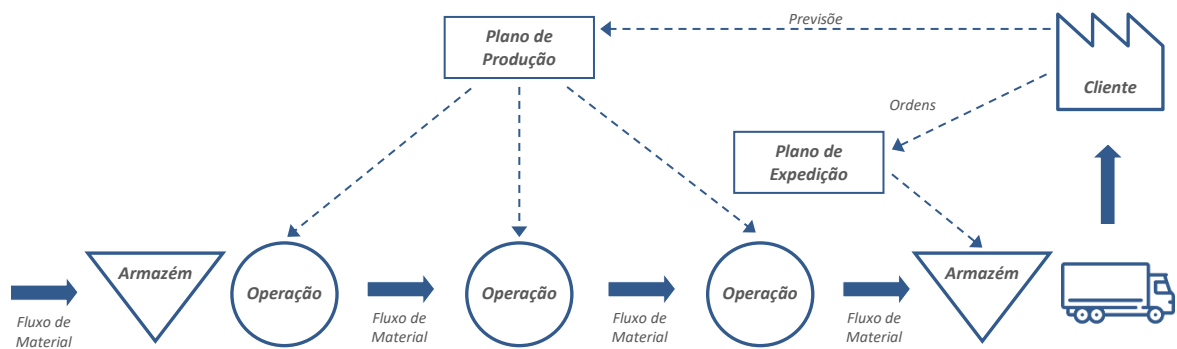


Figura 14 – Figura exemplificativa de um sistema push.

O **sistema pull**, também conhecido *Just-in-Time* (JIT), é identificado como um dos pilares de suporte à implementação da filosofia *lean* (Liker, 2004). O JIT surge com o objetivo de alcançar a melhoria contínua num sistema de produção, através da implementação de metodologias que permitam produzir sem recurso a inventários, isto é, através do abastecimento da quantidade necessária, no momento certo – “*just in time*”. Neste sentido, quando o cliente gera um pedido no final da cadeia, o item produzido na fase anterior é transferido para reabastecer o supermercado de produto acabado, e assim sucessivamente, de forma a que cada etapa opere em *Just-in-Time* para satisfazer a procura da etapa a jusante (Baykoç e Erol, 1998).

De modo a garantir a implementação correta do sistema JIT torna-se fundamental a utilização de pequenos lotes de produção, de forma a maximizar o fluxo de material e minimizar o inventário de produto intermédio (*Work in Progress*, WIP) e de produto final, permitindo que as operações produzam apenas o que a operação sucessora necessita (Alcaraz et al., 2014). Este sistema exige assim tempos de ciclo e tempos de *setup* muito reduzidos para assegurar a flexibilidade do processo (Cusumano, 1985).

O *Just-in-Time* é, frequentemente, associado exclusivamente, por diversos autores, ao conceito *make-to-order* (MTO), ou seja, “produção para satisfazer uma encomenda”. No entanto, os sistemas *pull*, podem apresentar diversas tipologias – ainda que sempre associadas à procura real do consumidor –, nomeadamente, através de políticas de reabastecimento MTS, MTO ou ainda MTS-MTO, dependendo do sistema de gestão de inventário adotado (King, 2009).

O **método de reabastecimento pull MTO**, considera a encomenda do cliente como um sinal de produção, não sendo por isso necessário existir inventário ao longo da cadeia de abastecimento, dado que os produtos não são produzidos antecipadamente para *stock*, mas apenas quando há uma necessidade real do consumidor (King, 2009; Packowski, 2013). De acordo com a representação esquemática e exemplificativa da Figura 15, o cliente, que se encontra no final da cadeia, efetua uma encomenda que aciona a produção. Após a conclusão da produção é diretamente entregue ao consumidor, não existindo necessidade de inventário final de produto acabado.

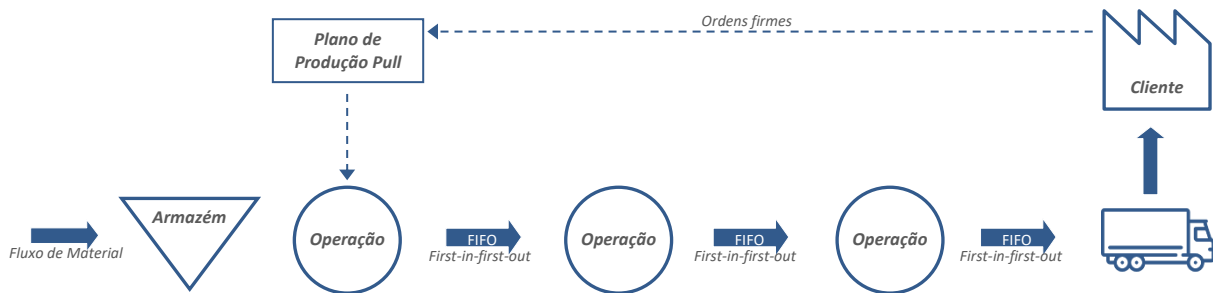


Figura 15 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento pull MTO.

Contudo, apesar da redução substancial do inventário, esta estratégia implica que o cliente tenha que esperar pela entrega, fator que pode conduzir a uma perda de competitividade por parte da empresa (Kaminsky e Kaya, 2009). Neste sentido, esta metodologia é considerada uma boa alternativa quando existem elevados custos de armazenamento, quando a procura é ocasional ou quando os produtos são caracterizados por um elevado grau de diversificação ou customização (Packowski, 2013).

Ao contrário do método anterior, o **método de reabastecimento pull MTS** necessita de inventário de produtos (alinhado com as necessidades de procura real). Para as referências de produtos associados a este método, deve existir inventário ao longo da cadeia de abastecimento ou um inventário de produto acabado no final da mesma, de forma a satisfazer as necessidades do cliente durante o período em que estão a ser produzidas outras referências (King, 2009). De acordo com a representação esquemática e exemplificativa da Figura 16, o consumidor dispõe de um supermercado de produto acabado calculado para satisfazer as necessidades de procura durante o *lead time* de reposição.

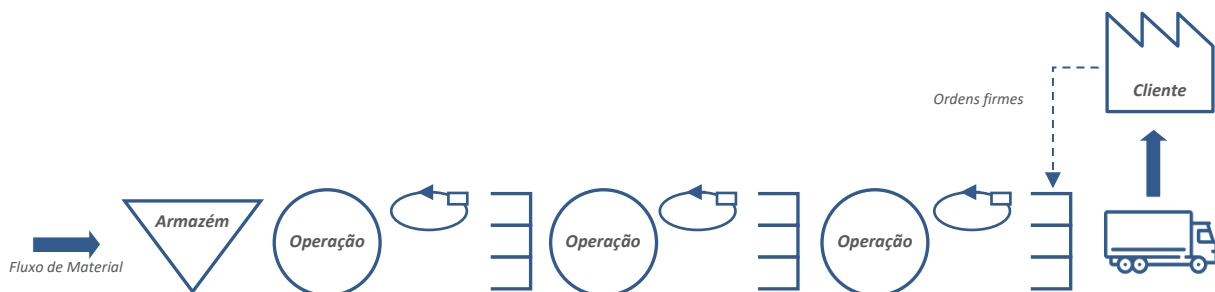


Figura 16 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento pull MTS.

De modo a garantir que a produção é acionada com base no consumo atual do consumidor e, portanto, seguindo o conceito *pull*, o método de reabastecimento *pull* MTS requiere uma metodologia de sinalização. Para este efeito, a metodologia de ponto de encomenda (*re-order point*, ROP) é a mais utilizada (Bicheno e Holweg, 2009). O ROP é uma ferramenta utilizada no controlo do nível de inventário de cada referência, que é monitorizado continuamente. No instante em que o nível de *stock* desce abaixo do ponto de encomenda, uma ordem de produção como uma quantidade pré-determinada é enviada para a produção. O ROP é calculado através da soma da procura expectável durante o *lead time* de reposição com o *stock* de segurança – que consiste no inventário disponível para cobrir situações inesperadas, como por exemplo flutuação da procura, incerteza na oferta e no tempo de entrega pelos fornecedores (Spennhoff et al., 2013).

Esta estratégia é considerada uma boa alternativa quando a elevada taxa de utilização e a entrega num *lead time* reduzido se apresentam como os fatores de maior vantagem competitiva (Eivazy et al., 2009). No entanto, pode refletir custos ao nível do armazenamento.

Uma vez que ambos os métodos de reabastecimento descritos (MTS e MTO) apresentam vantagens e desvantagens, várias empresas começam a apostar num sistema *pull* híbrido, capaz de absorver as vantagens de cada um dos métodos (Nagib et al., 2016).

O **método de reabastecimento *pull* MTS-MTO** é apresentado como uma estratégia híbrida, caracterizada por produzir para *stock* produtos com uma procura elevada e regular e com um elevado grau de standardização, o que permite a satisfação das encomendas no momento em que o cliente efetua o pedido, garantindo um elevado nível de serviço. Para produtos com uma procura irregular, que apresentam um elevado nível de customização, o custo de inventário pode ser dispendioso ou mesmo inviável, o que leva a que produtos com estas características sejam produzidos apenas para satisfazer encomendas específicas (Beemsterboer et al., 2016). De acordo com a representação esquemática e exemplificativa da Figura 17, um cliente que encomende referências em grande volume e com uma alta frequência é abastecido através do supermercado de produto acabado, enquanto que para clientes que consomem produtos com um volume baixo e com uma frequência reduzida, é gerada uma ordem de produção no início do sistema produtivo. A principal vantagem deste sistema consiste na possibilidade de adaptar os métodos de reabastecimento MTS e MTO a um determinado perfil de produto.

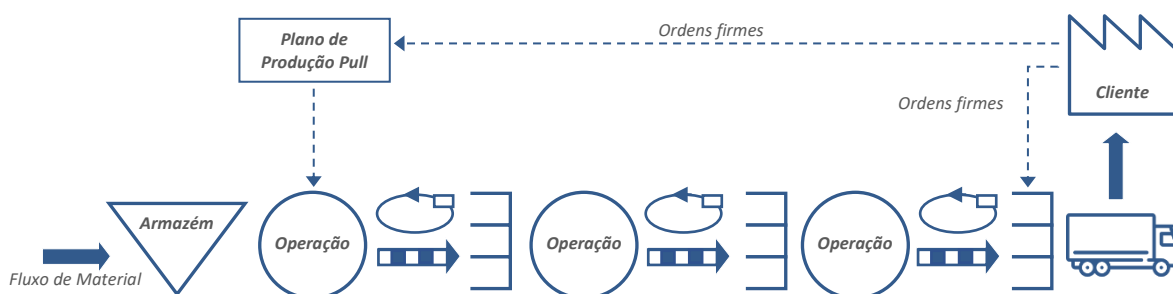


Figura 17 – Figura exemplificativa de um sistema reabastecimento *pull* MTS-MTO.

Brox e Fader (2002) estudaram a implementação da metodologia *Just-in-Time* em 60 empresas canadianas de produção de peças automóveis. Após o levantamento das ferramentas e estratégias utilizadas na implementação do sistema JIT, onde se incluí o balanceamento das linhas de produção, a redução dos tempos de *setup* e a manutenção preventiva dos equipamentos, os autores concluem que as empresas que adotam esta metodologia apresentam uma rentabilidade superior e, conseqüentemente, uma vantagem competitiva inerente à redução dos custos operacionais. Adicionalmente, estas empresas conseguem alcançar uma redução do número de defeitos nos produtos e no número de devoluções, levando ao aumento da satisfação dos consumidores.

O **sistema *kanban*** é uma ferramenta *lean* utilizada enquanto sistema visual de chão-de-fábrica utilizada no controlo do reabastecimento *pull* da produção (Bicheno & Holweg, 2009; Melton, 2005). O *kanban* é tipicamente um “cartão” que autoriza a produção de um determinado produto (Powell et al., 2010). Este sistema é considerado pelos autores Jonsson e Mattsson (2006) uma metodologia de ponto de encomenda

(ROP), uma vez que garante que cada centro de trabalho não produz até que um centro de trabalho a jusante solicite um abastecimento.

O cartão *kanban* opera entre cada par de estações de trabalho (conforme ilustrado na Figura 18).

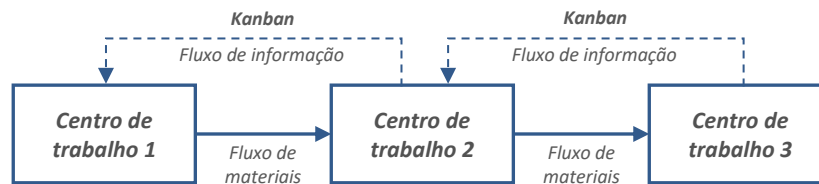


Figura 18 – Figura esquemática da implementação de um sistema kanban.

No momento em que um produto é consumido do inventário de produto acabado (ou pontos de *stock* intermédios), o cartão *kanban* circula para montante de forma a solicitar a reposição desse produto (Powell et al., 2010). Conclui-se que a utilização de um sistema *kanban* é essencial para garantir, simultaneamente, o fluxo de materiais e informação ao longo do processo e o correto funcionamento de um sistema JIT (Naufal et al., 2012; Spenhoff et al., 2014).

Após ter acesso à informação sobre quais são as necessidades de produção, é fundamental que sequenciar as referências de forma a maximizar eficiência operacional.

O aumento da complexidade e variedade dos produtos oferecidos aos clientes tem alterado os métodos de planeamento operacionais utilizados pelas empresas no passado. É neste sentido que são apresentadas metodologias de planeamento dos ciclos de produção, utilizadas para integrar diferentes tamanhos de lote e variedades de produtos, de forma a garantir a sequência otimizada dos ciclos de produção.

Na literatura, são demonstrados como resultados e vantagens da aplicação destas ferramentas, o fluxo contínuo ao longo da cadeia de abastecimento, a eliminação de picos de produção, a redução de inventário, o aumento da capacidade produtiva, a redução do *bullwhip effect* e a maximização da eficiência operacional em diversos objetivos, tais como a flexibilidade, a rapidez, o custo, a qualidade e o nível de serviço ao cliente, que se refletem num aumento da competitividade face aos concorrentes (Jones 2006; Hopp e Spearman 2008; Rewers et al., 2017). Deste modo, ferramentas de planeamento dos ciclos de produção têm sido amplamente utilizadas na indústria automóvel, assim como, em indústrias de processo e em empresas do setor do retalho alimentar (Korytkowski et al, 2014).

O conceito de **produção nivelada** (*heijunka*, palavra japonesa para “nivelamento”) é utilizado para suavizar a produção e é conhecido pelos seus resultados ao nível da eficiência operacional, através do aumento da flexibilidade, redução dos custos e aumento do nível de serviço (Spenhoff et al., 2014). A produção nivelada é uma das principais ferramentas do TPS utilizada na estabilização do sistema produtivo, uma vez que proporciona o balanceamento eficiente do volume e *mix* de produção (Licker, 2004; King, 2009). Esta ferramenta, auxilia o sequenciamento da produção e garante que esta é agendada de forma a que todas as referências sejam produzidas durante um determinado intervalo de tempo, tendo em consideração a sequência ótima entre SKUs e não de acordo com a sua ordem de chegada (Bohnen et al., 2011). O conceito que caracteriza o intervalo de tempo onde são produzidas todas as referências é descrito como *every part*

*every interval* (EPEI), por outras palavras, o EPEI é o “intervalo de quanto em quanto tempo são produzidas todas as referências” (Huttmeir et al., 2009; Korytkowski et al., 2014). Um valor de EPEI de, por exemplo, um mês, releva que a mesma referência só volta a ser produzida passado um mês (Bohnen et al., 2013).

Os autores Bicheno e Holweg (2009) associam a ferramenta *heijunka* a um sistema de “caixa de correio” que recebe os cartões *kanban* e autoriza a produção em intervalos de tempo de tamanho incremental, tipicamente considerados entre 10 a 30 minutos.

No entanto, a ferramenta *heijunka* assume que os tempos de *setup* são insignificantes e que qualquer sequência de produtos pode ser produzida num determinado intervalo de tempo (Pool et al., 2011; Powell et al., 2010). Desta forma, esta ferramenta é maioritariamente aplicada em indústrias de montagem, não sendo adequada para indústrias caracterizadas por elevados tempos de *setup* como é o caso das indústrias de processo (produção contínua ou descontínua). Desta forma, torna-se necessário explorar novas ferramentas que melhor se adaptam a este tipo de indústrias.

Para além de um conceito, o **EPEI** surge também como uma metodologia que evolui a partir da ferramenta *heijunka*, que tem como objetivo a redução progressiva do tamanho dos ciclos de produção, através da realização de múltiplos *setups*, até alcançar o conceito de *one-piece flow* (Powell et al., 2010). Desta forma, esta ferramenta supõe a utilização de outras metodologias que permitam a redução dos tempos de *setup*.

O EPEI consiste na relação entre o número de referências que são necessárias produzir e o número de *setups* permitidos num determinado intervalo de tempo (i.e., dia, semana, mês) (Eq. 2). Assim, quanto mais *setups* forem permitidos, menor será o intervalo de tempo em que são produzidas todas as referências, garantido uma maior flexibilidade e adaptabilidade do sistema produtivo a variações na procura.

$$EPEI = \frac{N^{\circ} \text{ de referências}}{N^{\circ} \text{ de setups permitidos}} \quad (2)$$

O EPEI defende uma sequência de produção “ABCABCABC” otimizada, em oposição a uma sequência caracterizada por grandes tamanhos de lote (“AAABBBCCC”) (Bicheno and Holweg, 2009) (Figura 19).

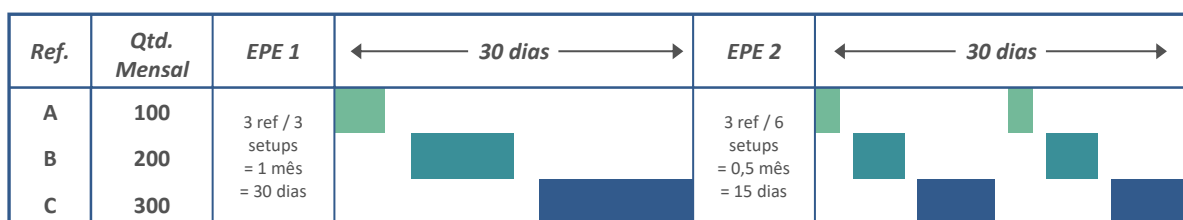


Figura 19 – Figura esquemática dos resultados da aplicação da metodologia EPEI.

Considerando as características associadas a esta ferramenta, o conceito EPEI apresenta uma maior aplicabilidade nas indústrias de processo quando comparado com a ferramenta *heijunka*, uma vez que considera relevantes os tempos de *setup*. No entanto, tal como a produção nivelada, o EPEI considera uma sequência de processamento fixa.

Baseado no ciclo de produção tradicional implementado pela ferramenta *heijunka* – caracterizado por uma sequência e quantidades de produção fixas –, Floyd (2010) apresenta uma nova metodologia onde o tempo

de ciclo pode variar dependendo da procura associada ao intervalo temporal onde se insere cada ciclo, como ilustrado na Figura 20, à esquerda. Este novo método, denominado “*breathing rhythm wheel*”, permite alterar as quantidades a produzir num ciclo de produção, de acordo com a procura, fazendo variar, desta forma, o tempo associado a cada ciclo. No entanto, a sequência de produção mantém-se sempre constante. Posteriormente, o autor Packowski (2013) propõe também uma nova adaptação ao apresentar uma ferramenta baseada no movimento de rotação dos produtos, num ambiente caracterizado pela elevada variabilidade no *mix* de produção. A ferramenta proposta, designada “*high-mix rhythm wheel*”, apresenta como características a variação do tempo de ciclo e da sequência de produtos, dependendo da procura para esse intervalo de tempo, como demonstrado na Figura 20, à direita.

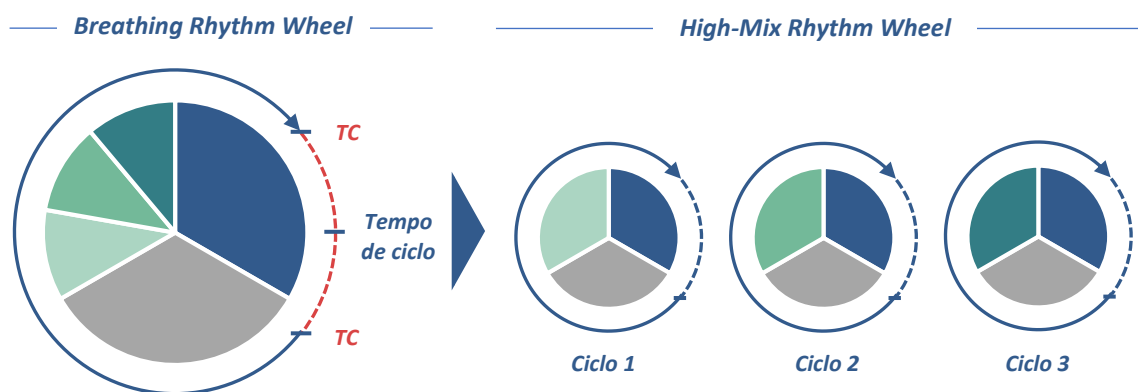


Figura 20 – Ferramentas “*rhythm wheels*” utilizadas no planeamento dos ciclos de produção.

A ferramenta “*high-mix rhythm wheel*” utiliza a **metodologia ABC-XYZ** como forma de diferenciação dos produtos que apresentam maior procura e que por isso necessitam de ser produzidos com uma maior frequência.

A classificação de cada referência é fundamental na gestão do inventário e na determinação da estratégia de planeamento de uma empresa. Existem diferentes possibilidades de classificar as referências, que podem ser aplicadas dependendo do objetivo. Diversos autores utilizam a classificação ABC, que ordena as referências de acordo com o volume de negócios anual (Scholz-Reiter et al., 2011; Floyd, 2010; King, 2009; Packowski, 2013).

A classificação ABC é uma abordagem amplamente utilizada na gestão do inventário desde 1950, após ter sido desenvolvida pela *General Electric* (Stojanović e Regodić, 2017; Dickie, 1951). O método ABC, através da análise da informação referente às vendas anteriores e dos movimentos ao longo da cadeia de abastecimento, efetua uma categorização do inventário de acordo com o princípio de Pareto, baseado na observação do número reduzido de elementos que são maioritariamente responsáveis pelos resultados alcançados (Figura 21), isto é, cerca de 80% das receitas obtidas são geradas por apenas 20% dos produtos. Os parâmetros de classificação são:

- **Referências A:** geram 80% das receitas.
- **Referências B:** geram 15% das receitas.
- **Referências C:** geram 5% das receitas.



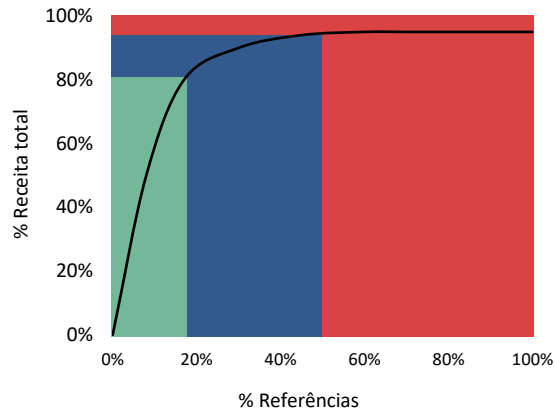


Figura 21 – Gráfico exemplificativo de uma curva ABC.

Uma vez que a classificação ABC considera apenas um único critério e não analisa o comportamento da procura, surge a necessidade de introduzir uma segunda classificação XYZ. A classificação XYZ é utilizada para empresas onde a frequência de procura varia significativamente de produto para produto. Deste modo, a análise XYZ distribui as diversas referências em três grupos de produtos – X, Y e Z – de acordo com as suas características de consumo (Figura 22).

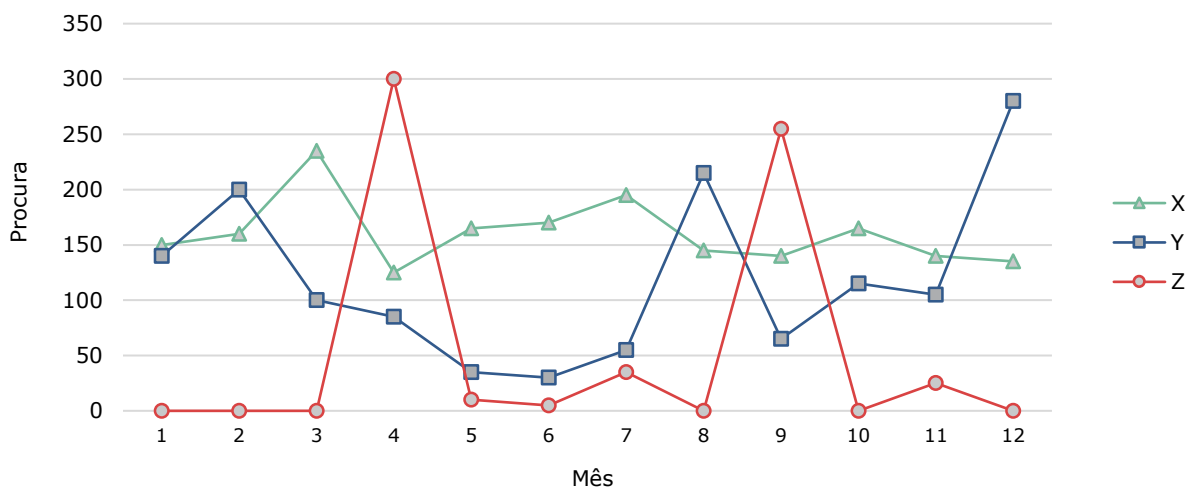


Figura 22 – Representação exemplificativa do comportamento da procura anual de produtos XYZ.

O grupo X é constituído pelos produtos para os quais a procura é contínua e caracterizada por oscilações muito suaves, motivo pelo qual é possível efetuar previsões de procura com uma elevada precisão. No grupo Y, os produtos são vendidos de forma descontínua, e apresentam flutuações na procura. O grupo Z incorpora os produtos que são vendidos ocasionalmente e que são caracterizados por grandes variações no volume da procura. Para o último grupo é muito difícil efetuar uma previsão precisa da procura (Nowotyńska, 2013; Stojanović e Regodić, 2017). A classificação das referências é calculada com base no respetivo coeficiente de variação (medida de relação entre o desvio padrão e a média) – considerado um indicador de estabilidade de consumo. Desta forma, as referências podem ser classificadas como X, Y ou Z de acordo com os seguintes valores:

- **Referências X:** coeficiente de variação inferior a 0,5.
- **Referências Y:** coeficiente de variação entre 0,5 e 1.

- **Referências Z:** coeficiente de variação superior a 0,5.

A fusão das duas classificações acima definidas resulta no modelo de classificação ABC-XYZ integrado, que pode ser usado, com base numa abordagem multi-critério e multidimensional, para classificar *stocks* e fazer uma proposta para sua otimização (Stojanović e Regodić, 2017). A abordagem integrada ABC-XYZ é utilizada para determinar os produtos correspondentes a cada um dos grupos definidos – A, B ou C e X, Y ou Z – numa matriz de comparação emparelhada, como a apresentada na Figura 23.

		Quantidade			
		Baixa		Alta	
Frequência	Elevada	A	B	C	
	X	AX	BX	CX	
	Y	AY	BY	CY	
	Reduzida	Z	AZ	BZ	CZ

Figura 23 – Matriz esquemática do modelo de classificação ABC-XYZ.

Os nove quadrantes da matriz correspondem aos cruzamentos dos grupos correspondentes à classificação ABC e XYZ:

- **Referências AX:** produtos com uma grande percentagem das receitas, caracterizados por um consumo contínuo e uma boa precisão na previsão da procura.
- **Referências AY:** produtos com uma grande percentagem das receitas, mas o com um consumo descontínuo e com uma reduzida precisão na previsão da procura.
- **Referências AZ:** produtos com uma grande percentagem das receitas, mas que são consumidos muito ocasionalmente.
- **Referências BX:** produtos que apresentam uma percentagem média das receitas, um consumo contínuo e uma boa precisão na previsão da procura.
- **Referências BY:** produtos com uma percentagem média das receitas, com um consumo descontínuo e com uma reduzida precisão na previsão da procura.

Os produtos pertencentes aos grupos BZ, CX, CY e CZ têm impactos pouco significativos nas operações do negócio uma vez que são consumidos raramente e em reduzidas quantidades.

Bicheno and Holweg (2009) e Floyd (2010) utilizam esta classificação como uma política de inventário para determinar quais são os produtos de elevado valor que devem ser protegidos com material em *stock* para satisfazer o cliente. Neste sentido, segundo esta classificação, os produtos AX, AY, AZ, BX e BY devem ser produzidos todos os ciclos de forma a manter elevados níveis de inventário e satisfazer as expectativas do consumidor. Por outro lado, produtos com um baixo volume e valor – BZ, CX, CY e CZ – não devem ser produzidos em todos os ciclos, sendo aceite o risco de ocorrência de roturas quando o cliente efetua uma encomenda.

### 3.5 Ferramentas *lean* de suporte à estratégia de planeamento de produção

Uma elevada variedade de produtos é muitas vezes associada a reduzidos tamanhos de lote, que resulta na necessidade de reduzir o tempo e o número de *setups*. O tempo de *setup* de um equipamento considera qualquer modificação planeada que seja necessária efetuar, como por exemplo, trocar uma ferramenta, o material de embalagem ou o produto (Naboureh e Safari, 2016). Quando uma linha de produção de uma indústria de processo está a funcionar na sua máxima capacidade, reduzir os custos associados ao tempo de *setup* torna-se fundamental. Uma vez que estas indústrias são caracterizadas por elevados custos de investimentos em capital e longos tempos de *setup* (por exemplo para processos de limpeza), as paragens do equipamento durante um grande intervalo de tempo representam custos elevados para a organização. Desta forma, torna-se crucial adotar metodologias que permitam reduzir o tempo associado às mudanças dos equipamentos.

A ferramenta ***Single Minute Exchange of Die (SMED)***, desenvolvida por Taichii Ohno em 1950 na *Toyota Motor Company*, tem como objetivo a redução de desperdício associado ao sistema de produção e à normalização dos tempos de *setup* dos equipamentos. O conceito propõe que, após a normalização do processo, o tempo consumido para efetuar a mudança associada a uma máquina seja sempre igual. Neste sentido, são quantificados o tempo e os recursos utilizados numa mudança planeada. Esta ferramenta permite que o tempo de *setup* seja considerado no planeamento das linhas de produção, possibilitando a otimização do sequenciamento das referências a produzir (Lozano et al., 2017).

De acordo com os autores Fritsche (2011) e Deisenroth (2014), as principais vantagens da ferramenta SMED estão associadas ao aumento da flexibilidade em termos de tempo de mudança e, conseqüentemente, ao aumento da eficiência e da produtividade da linha de produção.

De forma a implementar a ferramenta SMED, torna-se necessário diferenciar os dois tipos de atividades que decorrem durante um *setup* (Shingo, 1985):

- **Setup interno:** composto pelas atividades necessárias desenvolver após a paragem do equipamento (como por exemplo, a mudança das ferramentas de uma máquina).
- **Setup externo:** composto pelas atividades que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento (como por exemplo, colocar as ferramentas necessárias para mudança do equipamento junto do mesmo).

Na literatura, diversos autores defendem que a metodologia SMED deverá seguir cinco passos principais: 1) identificar as atividades internas e externas; 2) separar as atividades internas das externas; 3) converter as atividades internas em atividades externas; 4) reduzir o tempo de *setup* interno; 5) reduzir o tempo de *setup* externo (Abdullah, 2003; Gandhi e Singh, 2016; Lozano et al., 2017).

A implementação desta ferramenta garante a redução dos níveis de inventário através da produção de lotes reduzidos e de ciclos de produção compostos por uma elevada variedade de referências (Abdullah, 2003).

Também a metodologia ***Total Productive Maintenance (TPM)*** é utilizada como uma ferramenta de suporte ao PP, que permite a eliminação do desperdício associado aos equipamentos e consiste na manutenção

preventiva e na manutenção corretiva dos mesmos (Abdulmalek et al., 2006). As avarias das máquinas são consideradas uma das questões mais importantes do chão de fábrica, uma vez que, se um equipamento interrompe a sua atividade, toda a linha de produção deixa de produzir. O principal foco desta metodologia consiste no aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), e no aumento da manutenção preventiva reduzindo a necessidade de efetuar manutenções corretivas.

Apresentado por Nakajima (1988) o OEE é definido como um dos principais indicadores utilizados no controlo de performance dos equipamentos de um sistema produtivo. O OEE considera vários tipos de perdas que podem ser agrupados em três categorias: perdas de disponibilidade (planeadas e não planeadas), perdas de rendimento e perdas de qualidade.

- **Disponibilidade** – razão entre o tempo de funcionamento real (TR) e o tempo de funcionamento disponível para um equipamento (TD). Reflete as paragens planeadas (perdas dedicadas a mudanças de formato) e não planeadas dos equipamentos (perdas por avarias dos equipamentos ou afinações das máquinas).
- **Rendimento** – razão entre a quantidade real de unidades produzidas (QR) e a quantidade teórica de unidades que se podem produzir no tempo de funcionamento real do equipamento (QT). Identifica e quantifica as microparagens, bem como, as perdas por baixa cadência, quando o equipamento não está a funcionar à velocidade projetada.
- **Qualidade** – razão entre o número de unidades com qualidade aceitável para venda (UQ) e o número total de unidades produzidas (UT). Reflete a não qualidade da produção (como por exemplo, os defeitos de qualidade e produção que necessitam de ser retrabalhadas) ou a falta de qualidade no arranque da máquina, até estabilização da produção;

De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), o OEE pode ser calculado através Eq. 3, que consiste na multiplicação dos três fatores identificados acima – disponibilidade, rendimento e qualidade – medidos em percentagem:

$$OEE = \frac{TR}{TD} \times \frac{QR}{QT} \times \frac{UQ}{UT} \quad (3)$$

Apesar da quase inexistência de artigos focados na implementação de ferramentas e metodologias *lean* no planeamento de produção em indústrias de processo, alguns autores apresentam resultados positivos acerca da utilização dos conceitos *lean* neste tipo de indústria. Lyons et al. (2013) realizaram uma análise descritiva e quantitativa de 79 fluxos de produtos de várias indústrias de processo, apoiada por 18 visitas ao local, e concluíram que, nestas indústrias, os principais ganhos com a implementação da filosofia *lean* são, para além da eliminação do desperdício, o alinhamento da produção com a procura real do consumidor, o envolvimento da força de trabalho nas atividades de melhoria, a diminuição do *lead time* e o aumento da flexibilidade no serviço de entrega ao cliente.

Lehtinen e Torkko (2005) estudaram o caso real de um produtor, especializado na produção de *ketchups*, mostardas e outros molhos, e comprovaram que a aplicação do conceito *lean* assegura resultados favoráveis no setor das indústrias alimentares. A implementação de metodologias e ferramentas *lean*

promovem o aumento do valor entregue ao cliente, através da redução de custos ou da prestação de serviços adicionais com valor agregado, como por exemplo, prazos de entrega mais curtos.

### **3.6 Conclusões do capítulo**

O elevado número de casos de sucesso após a implementação de metodologias *lean* em indústrias de produção discreta e de montagem, fez com que, ao longo dos últimos anos, diversos autores tenham feito esforços no sentido de adaptar a filosofia *lean* às indústrias de processo. Como consequência da restrita flexibilidade dos sistemas e dos longos ciclos de produção e tempos de *setup*, característicos destas indústrias, torna-se fundamental garantir a otimização dos fluxos materiais e de informação ao longo de toda a cadeia de abastecimento, de forma a assegurar o nível de serviço que é exigido pelos clientes.

Além do VSM e do *Just-in-Time*, identificados como ferramentas e conceitos base na implementação da filosofia *lean*, surge o planeamento de produção *pull* como uma metodologia que pretende alinhar a produção ao comportamento real do consumidor ao mesmo tempo que considera a existência de variabilidade na procura e no próprio sistema de produção. Para o sucesso da implementação de um sistema *pull* são utilizados métodos de reabastecimento MTS, MTO ou métodos híbridos MTS-MTO, bem como, outras ferramentas *lean*, onde se destacam o sistema *kanban* e múltiplas técnicas de planeamento dos ciclos de produção. Paralelamente, as metodologias SMED e TPM revelam-se fundamentais na obtenção de vantagens competitivas enquanto ferramentas de suporte à implementação de um sistema *pull*.

No entanto, verifica-se, ainda, a quase inexistência de artigos focados na implementação de ferramentas *lean* no planeamento de produção em indústrias de processo. Como tal, o estudo desta problemática remete para a importância do desenvolvimento de uma metodologia com o potencial para auxiliar as organizações nesta tomada de decisão.

## 4 Metodologia proposta e sua caracterização

A presente secção pretende descrever as etapas que compõem a metodologia proposta para a resolução do problema em estudo na dissertação. A metodologia utilizada tem como objetivo desenhar e implementar um sistema de planeamento de produção baseado no conceito *pull*, que vise superar os desafios, em particular, da Empresa X, mas também de outras indústrias com características similares. Pretende-se que esta metodologia aborde de forma integrada as ferramentas estudadas na revisão do estado de arte e que sejam considerados aspetos como nivelamento da produção, gestão de inventário e aumento de eficiência operacional. A metodologia proposta para a resolução do problema abordado na presente dissertação, divide-se em quatro etapas principais, conforme representado na Figura 24.

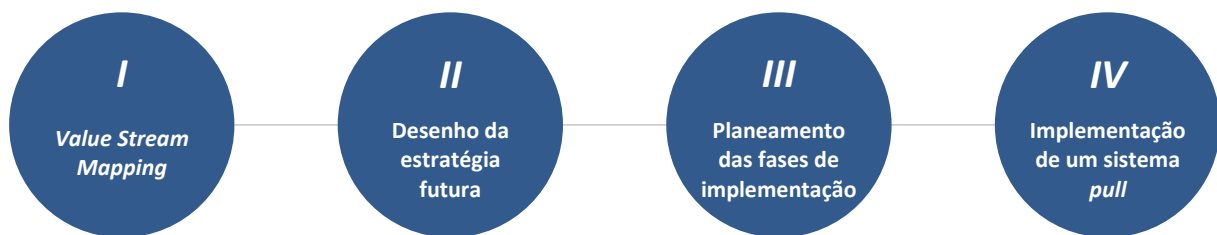


Figura 24 – Etapas da metodologia utilizada para a resolução do problema em estudo.

De seguida é realizada uma breve apresentação das quatro etapas que compõem a metodologia:

- **ETAPA I – Value Stream Mapping (VSM):** a primeira etapa da metodologia proposta tem como objetivo a realização de um enquadramento inicial da Empresa X. O mapeamento “*as is*” pretende obter uma representação do estado inicial, antes da implementação de melhorias, através de uma visão global dos processos que conduzem à obtenção do produto acabado, quando este está pronto para ser entregue ao cliente final. Para a sua concretização é utilizada a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), estudada na revisão da literatura. Esta caracterização engloba o processo produtivo, o modelo de planeamento, o armazém de matérias-primas e material de embalagem e o armazém de produto acabado. No entanto, como referido anteriormente, o âmbito da presente dissertação engloba apenas a cadeia de valor referente à linha do plástico, pelo que é dado maior ênfase a esta caracterização.
- **ETAPA II – Desenho da estratégia futura da Empresa X:** a segunda etapa tem como objetivo elaborar o desenho da estratégia futura, com base nas oportunidades e limitações identificadas na ETAPA I. Adicionalmente, esta etapa pretende definir os indicadores de performance que devem ser monitorizados ao longo do projeto de melhoria.
- **ETAPA III – Planeamento das fases de implementação:** na terceira etapa pretende-se planejar, num horizonte temporal, as diversas fases da estratégia de implementação, através da sequenciação das atividades de melhoria propostas e identificação de precedências, de forma a potenciar a obtenção de resultados. Apesar de aplicada à Empresa X, a estratégia é definida e apresentada de forma genérica, para que possa ser adaptada e replicada em empresas com desafios semelhantes aos identificados neste caso de estudo, nomeadamente indústrias de processo do setor alimentar.

- **ETAPA IV – Implementação de um sistema de planeamento *pull* na linha do plástico:** na quarta e última etapa da metodologia, procede-se à implementação das atividades de melhoria no contexto real da Empresa X. Nesta etapa são aplicadas metodologias e ferramentas *lean* estudadas na revisão da literatura, de modo a colmatar as limitações identificadas, onde se destacam: sistema *pull*, nivelamento da produção, sistema *kanban*, SMED e TPM.

Através do desenho e implementação de um sistema de planeamento de produção *pull*, pretende-se elevar a Empresa X a novos patamares de controlo, flexibilidade e excelência operacional.









#### 4.1 ETAPA I – Value Stream Mapping (VSM)






De forma a obter uma visão pormenorizada do fluxo de materiais e de informação ao longo da cadeia de valor e promover o desenvolvimento de uma estratégia de otimização das operações da Empresa X, é utilizada a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) – estudada anteriormente na secção 3.3.2.

O VSM da Empresa X foi realizado em conjunto com uma equipa multidisciplinar composta por cinco elementos da empresa, onde se incluem o *Chief Operating Officer* (COO) – responsável por todas as unidades industriais da empresa –, o diretor da fábrica do retalho de Benavente, o responsável pela produção, o responsável pelo planeamento de produção e o responsável pela logística. O envolvimento de uma equipa multidisciplinar foi identificado como um aspeto fundamental no sucesso do desenvolvimento do VSM, uma vez que a sua participação e cooperação facilitou a identificação de oportunidades de melhoria e a tomada de decisões estratégicas que auxiliaram, posteriormente, o desenho de soluções.

O mapeamento do fluxo de materiais correspondente à linha do plástico foi realizado durante dois dias em conjunto com a equipa multidisciplinar descrita anteriormente e encontra-se apresentado de forma detalhada na Figura 25. De modo a auxiliar a compreensão das figuras que surgem no presente capítulo, é definida na Tabela 1 a simbologia utilizada na ferramenta VSM.

Tabela 1 – Simbologia utilizada na ferramenta VSM.

Símbolo	Descrição
	Operação
	Material em espera ( <i>stock</i> )
	Ponto de inspeção
	Transporte de materiais
	Receção/Expedição
	Cliente/Fornecedor
	Fluxo de informação manual
	Fluxo de informação eletrónico

	Supermercado
	Fluxo de material <i>pull</i>
	<i>Kanban</i> eletrónico
	Ordem de produção
	Caixa de nivelamento

---

O fluxo apresentado na Figura 25 divide-se em quatro operações principais:

- **Encomenda e receção de matérias-primas (MP) e materiais de embalagem (ME):** inicialmente são realizadas encomendas de MP e ME aos respetivos fornecedores que são, posteriormente, descarregadas nas instalações da empresa em Benavente. De seguida, são recolhidas amostras dos materiais rececionados e, após análise em laboratório, são aprovados no sistema *Enterprise Resource Planning (ERP) INNERGY* – que tem como objetivo integrar e gerir a informação de todos os processos da organização (Ptak e Schragenheim, 2003). No momento em que são necessários para a produção, as MP e os ME, armazenados em armazém, são transportados por um empilhador até à cozinha e até à linha do plástico, respetivamente, onde se realiza a despaletização dos mesmos.
- **Cozinha industrial:** as matérias-primas rececionadas na cozinha industrial são pesadas de forma a obter a quantidade necessária para a preparação da receita do produto. Após uma pré-mistura, são colocadas num reator juntamente com o concentrado de tomate para proceder à mistura final que é, posteriormente, enviada para a enchedora – equipamento responsável pelo enchimento das garrafas na linha.
- **Linha de enchimento – plástico:** a linha de enchimento referente às embalagens de plástico contempla treze etapas operacionais, realizadas de forma sequencial: posicionamento das garrafas, eliminação das impurezas, enchimento, capsulagem, selagem, arrefecimento, rotulagem, formação de bandejas, viragem de bandejas, retração do plástico que envolve a bandeja, etiquetagem, paletização manual e filmagem da paleta. O *layout* da linha do plástico e os respetivos equipamentos encontram-se apresentados na Figura 26 e a descrição dos mesmos na Figura 8.

Com base na revisão da literatura realizada, o principal indicador que reflete a eficiência de uma linha de enchimento é o OEE. Como referido anteriormente o OEE da linha do plástico tem como *baseline* 68%. Para a identificação mais detalhada sobre os motivos que impactam negativamente o OEE, foi realizado um estudo relativamente aos valores individuais das perdas médias de disponibilidade e performance, representado na Figura 27, em percentagem do tempo de abertura. Através da figura é possível observar que as principais perdas estão associadas ao tempo de *setup*, que representa 15%, sendo as perdas por avarias e microparagens de, respetivamente, 10% e 7%.



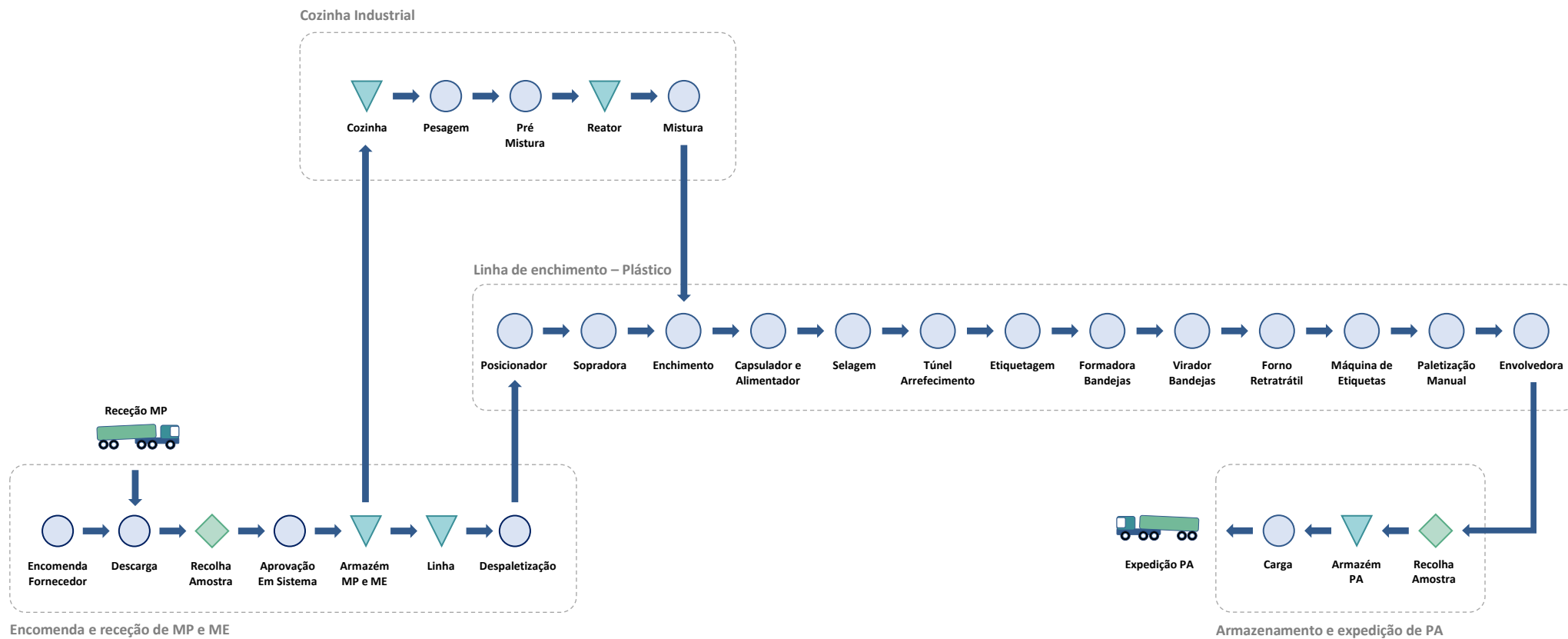


Figura 25 – Fluxo de materiais da linha do plástico.

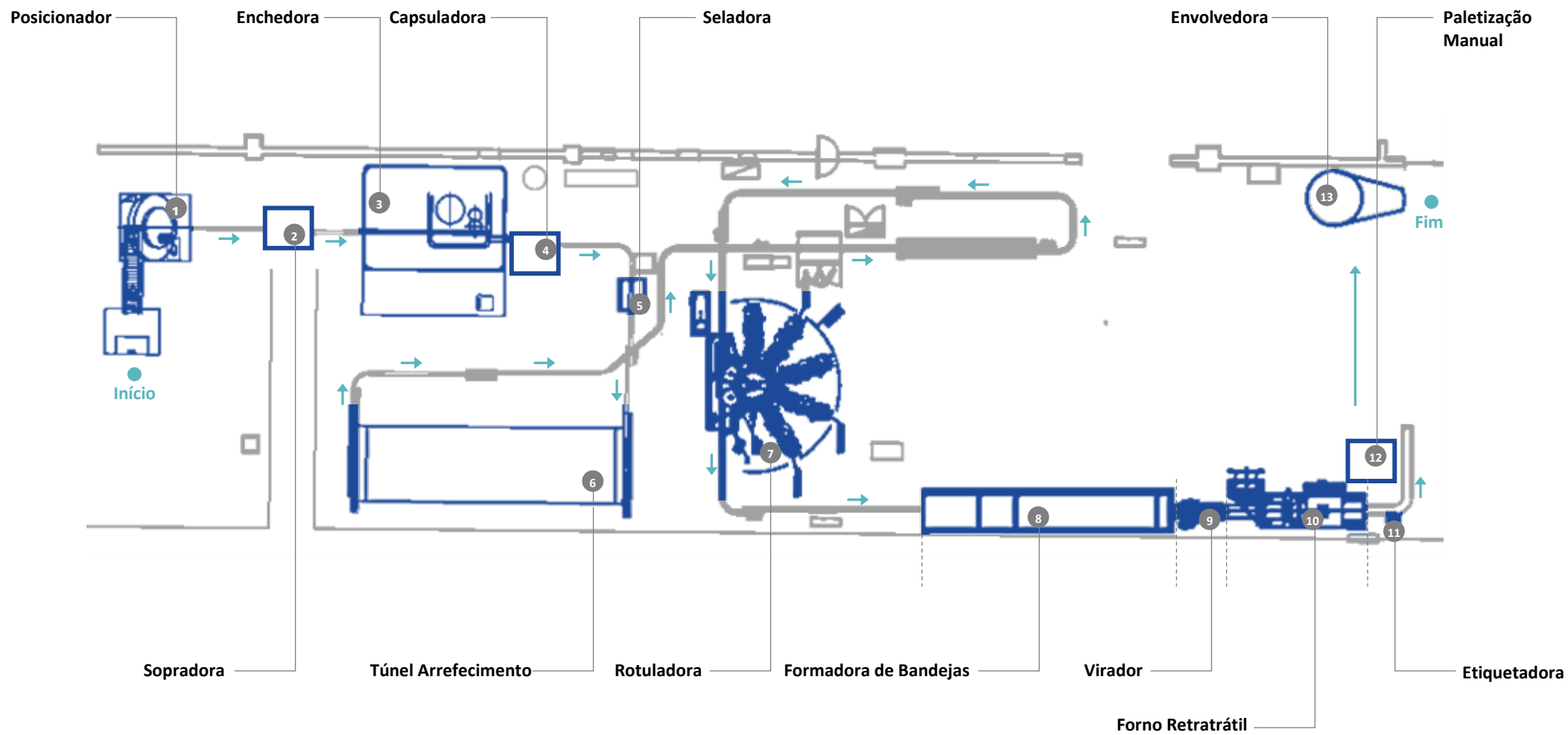


Figura 26 – Planta da linha do plástico com identificação dos diferentes equipamentos.

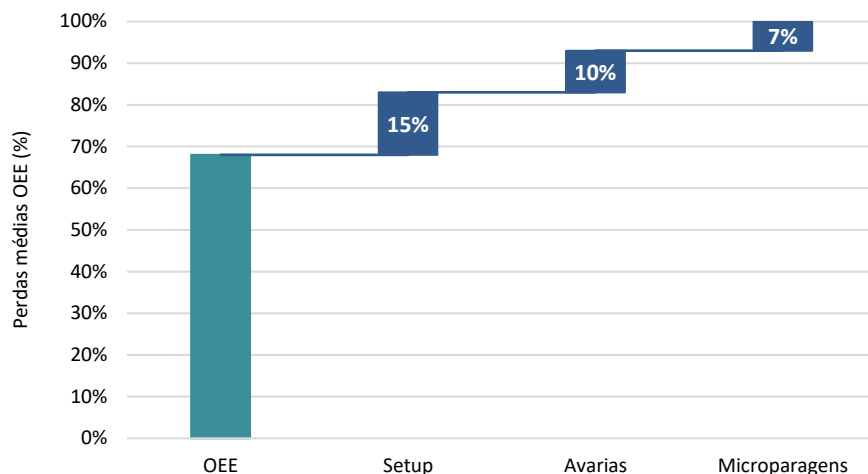


Figura 27 – Perdas médias de disponibilidade e performance da linha do plástico (Empresa X, 2018).

- **Armazenamento e expedição de produto acabado (PA):** após a fase de enchimento, é realizada a recolha de uma amostra do produto final. O lote do produto é armazenado no armazém dedicado ao PA e inicia um período de quarentena durante 10 dias. Após este período continua armazenado ou é carregado no camião para ser entregue ao respetivo cliente.

Para completar o fluxo de materiais apresentado, realizou-se em conjunto com a equipa multidisciplinar um novo mapeamento que contempla também o fluxo de informação ao longo da cadeia de valor, visualizado na Figura 28. O fluxo de informação, embora não acrescente valor ao produto, é essencial no suporte e na sincronização das atividades que incorporam a cadeia produtiva e logística, uma vez que este fluxo é o principal responsável pela relação entre os processos físicos e o sistema de informação.

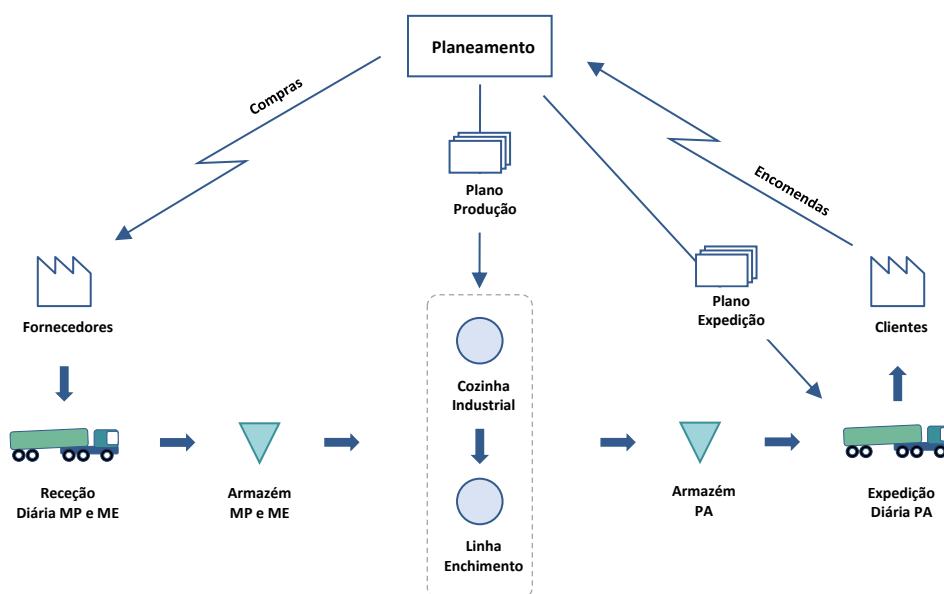


Figura 28 – Mapeamento do fluxo de atividades do estado inicial da Empresa X..

O planeamento de produção consiste, simultaneamente, na determinação da produção, do inventário e da capacidade de uma empresa num horizonte temporal finito, de forma a garantir a produção e entrega dos

produtos finais ao cliente, com o objetivo de minimizar os custos totais gerados pelos planos de produção (Hernández et al., 2008).

Na Empresa X, o processo de planeamento atual tem início no departamento comercial que, através do contacto direto com os clientes, identifica as suas necessidades e regista as encomendas. A empresa utiliza o ERP *INNERGY* de forma a auxiliar a realização do planeamento semanal da produção, uma vez que este sistema permite comparar a informação referente ao plano de procura desenvolvido pelo departamento comercial com os níveis de *stock* atuais da empresa. Através deste processo, o departamento de planeamento determina quais são os produtos necessários produzir, de forma a satisfazer a procura dos clientes nas semanas subsequentes. Posteriormente, seleciona as referências prioritárias e define a respetiva sequência de produção. O planeamento semanal é, em seguida, entregue ao departamento de produção – responsável pela fábrica onde se localiza a cozinha industrial e as linhas de enchimento – que valida e aprova a sequência e os lotes de produção. Paralelamente, o processo de abastecimento de componentes e matérias-primas é efetuado com base na lógica *Material Requirements Planning* (MRP), caracterizada enquanto ferramenta de planeamento que determina as quantidades de cada *Stock Keeping Unit* (SKU) necessárias para a produção dos produtos finais num dado período (Vollmann et al., 2005). A lista de materiais – *Bill of Materials* (BoM) – é, posteriormente, entregue ao responsável pelas compras, que realiza o processo de encomenda com os fornecedores. O modelo de planeamento inicialmente em vigor é apresentado de forma esquemática na Figura 29.

Ainda que suportado por algumas ferramentas e técnicas, verifica-se que o atual sistema de planeamento da Empresa X é sustentado de forma manual, recorrendo à experiência da equipa e dos colaboradores envolvidos no processo.

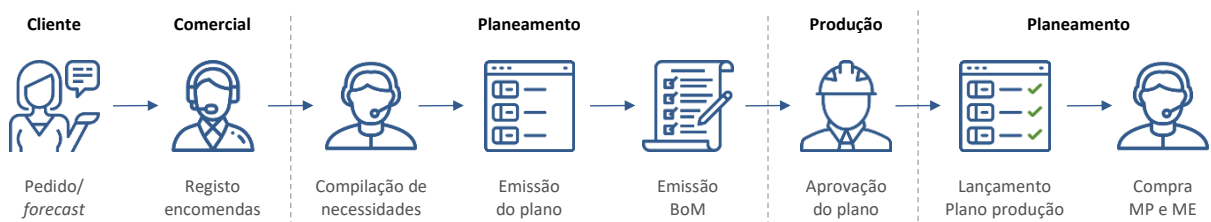


Figura 29 – Representação esquemática do modelo de planeamento inicialmente em vigor.

Numa primeira análise ao diagrama VSM, conclui-se que a Empresa X se apresenta como uma organização com um fluxo totalmente inserido num sistema *push*. Além disso, a empresa organiza-se segundo um modelo funcional, o que significa que todas as tarefas produtivas, desde a organização departamental (produção, logística, planeamento, etc) até ao chão de fábrica, são separadas por funções. Uma divisão funcional divide, isola, cria desperdício (elevados *stocks* e *lead time*), complexidade de gestão e pouca visibilidade na cadeia. Para além das identificadas anteriormente, são assinaladas de seguida as principais ineficiências e oportunidades de melhoria identificadas durante o desenvolvimento do VSM:

- 1) Falta de uma ferramenta de planeamento que auxilie o processo de tomada de decisão no desenvolvimento do plano de produção semanal;

- 2) A partilha de informação é demorada e pouco eficiente;
- 3) Verificam-se alterações constantes no plano de produção proposto, o que prejudica gravemente a estabilidade das operações ao longo da cadeia de valor;
- 4) A produção é desajustada à procura, o que tem vindo a aumentar os níveis de *stock* e a desnivelar o inventário de produto acabado. Além disso, são produzidas referências que apresentam uma procura incerta, prejudicando outras com uma procura regular e que podem entrar em rotura;
- 5) Existem apenas algumas referências com *forecast* mensal ou anual, enviadas pelos clientes;
- 6) As encomendas realizadas para as campanhas promocionais dos clientes não são efetuadas com a antecedência adequada, criando dificuldades ao nível do nivelamento da produção;
- 7) No que diz respeito às diferentes SKU's de produto acabado, estas são consideradas na sua totalidade referências MTS (*make-to-stock*), o que significa que estão todas disponíveis em *stock*. Esta caracterização dos produtos proporciona *stocks* elevados, dado que, existem produtos que apresentam uma procura de baixa frequência e se encontram em inventário durante longos períodos de tempo sem serem consumidos;
- 8) Verifica-se um excesso de *stock* de matérias-primas, uma vez que o abastecimento das mesmas não é realizado no modelo *Just-in-Time*, de forma a otimizar o espaço físico do armazém de MP e ME;
- 9) O plano de produção não é desenvolvido de forma a otimizar o OEE da linha, conduzindo à sua falta de capacidade.

## 4.2 ETAPA II – Desenho da estratégia futura da Empresa X

O projeto de melhoria proposto para a Empresa X tem como principal objetivo a otimização estruturada das operações que estão diretamente associadas à atividade de planeamento de produção através da implementação de metodologias e ferramentas *lean*, de forma a aumentar o nível de serviço ao cliente. Paralelamente, o trabalho a desenvolver tem também como objetivo o aumento da produtividade global da fábrica e, conseqüentemente, o aumento da capacidade produtiva da linha. Neste seguimento, durante a secção 4.2.1 são descritas diversas ações de melhoria, que refletem uma aproximação de soluções genericamente utilizadas pela filosofia *lean*, adaptadas à realidade empresarial da Empresa X e na secção 4.2.2 são apresentados os *Key Performance Indicator* (KPI) definidos para avaliar a performance da empresa após o desenvolvimento do projeto de melhoria.

### 4.2.1 Desenho de soluções

Conforme enunciado no VSM, o planeamento de produção da Empresa X segue uma filosofia *push*, caracterizada pelo lançamento de ordens de produção e criação de *stock* de PA com base na previsão da procura dos clientes da empresa. Entre as diversas oportunidades identificadas, destaca-se a implementação de uma **filosofia pull** na cadeia de valor inserida no âmbito da presente dissertação. Neste sentido, pretende-se implementar um sistema *pull* que opere de acordo com a procura real do cliente, quer seja em produtos MTO (*make-to-order*) através da produção *Just-in-Time*, ou em produtos MTS (*make-to-stock*) através da criação de um supermercado de PA e/ou de MP e ME.

No entanto, a alteração integral do sistema de planeamento para uma filosofia *pull* implica a adoção de novas regras, nomeadamente nas estratégias de dimensionamento de capacidade da linha, de controlo de inventário e de comunicação ao cliente. No caso da Empresa X, não é considerado prioritário intervir nos armazéns físicos de MP e ME e de PA, uma vez que o sistema informático utilizado pela empresa – *INNERGY* – permite extrair a informação necessária para a implementação do sistema *pull*. No entanto, dado que é a partir do nível de *stock* de PA que se efetua o lançamento de ordens de produção e que é a partir do nível de *stock* de MP e ME que se efetua a compra de novos materiais, torna-se essencial alterar o modo de gestão de inventário da empresa. Assim, a definição do *stock* de cada referência surge como um estudo aprofundado de diversos fatores de modo a garantir que o inventário se encontra nivelado ao longo do tempo, evitando a ocorrência de roturas. À nova estratégia de gestão do inventário que se pretende implementar é dado o nome de **supermercado**.

A presente dissertação tem como foco a implementação de um supermercado na secção dos produtos finais (PA), uma vez que as MP (concentrado de tomate, açúcar, especiarias, etc.) são partilhadas com outras cadeias de valor (linha do vidro, Tetra Pak, sacos). Além disso, com o tempo disponível e tendo em vista o principal objetivo da dissertação – aumentar o nível de serviço dos produtos da linha do plástico – existe maior vantagem em investir numa primeira fase no supermercado de PA. No entanto, esta alteração é considerada apenas o ponto de partida para a introdução da filosofia *pull* em toda a cadeia, dado que o mesmo raciocínio pode ser também aplicado noutras secções, como por exemplo no inventário de matéria-prima e material de embalagem.

O mapeamento do estado futuro da Empresa X é apresentado de forma macro na Figura 30.

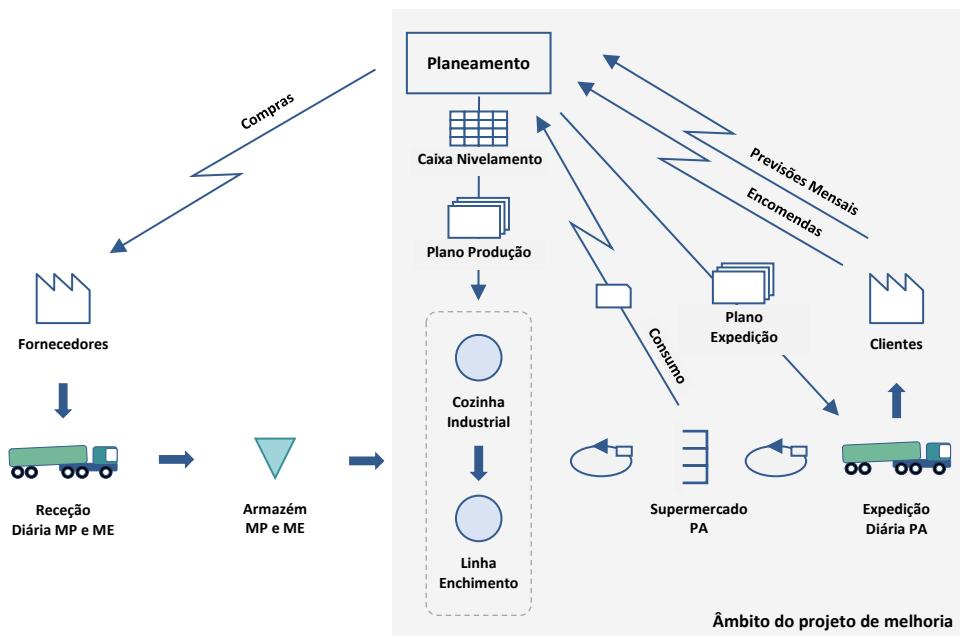


Figura 30 – Mapeamento do fluxo de atividades da estratégia futura da Empresa X.

No desenho da estratégia futura, o departamento de planeamento assume um papel central na estratégia da empresa, uma vez que é a entidade responsável pela execução de diversas atividades fundamentais na integração dos processos físicos com o sistema de informação, tais como: gestão de inventário de MP, ME

e PA, realização do plano semanal de produção, compra e recepção de MP e ME e execução do plano diário de expedição de PA. A sincronização de todas estas atividades é essencial para a produção e entrega do produto final no tempo correto e na quantidade pretendida pelo cliente, de forma a alcançar um nível de serviço de excelência.

O novo processo de planeamento *pull*, proposto para a Empresa X, pressupõe um **método de reabastecimento MTS-MTO** – apresentado como uma estratégia híbrida na secção 3.4, que permite adaptar os métodos de reabastecimento MTS e MTO a um determinado perfil de produto. Esta estratégia é considerada relevante no modelo de gestão de inventário do sistema *pull*, uma vez que, não se justifica manter em *stock* as referências de PA com vendas de baixa frequência, proporcionando, desta forma, uma redução no inventário e, conseqüentemente, uma redução nos custos. Dado que a empresa trabalha apenas segundo o sistema *push*, possui apenas referências MTS, o que significa que todos os produtos se encontram disponíveis em armazém e são reabastecidos de acordo com a respetiva previsão da procura. Neste sentido, para a implementação desta estratégia, é necessário estudar todas as referências de PA da linha do plástico e classificá-las em MTS ou MTO conforme o modelo de classificação ABC-XYZ, ilustrado previamente na Figura 23. No caso das referências MTO, os produtos apenas serão produzidos para satisfazer uma encomenda específica de um cliente, e dispõem de um *lead time* de entrega superior. As restantes referências, com uma grande percentagem das receitas e que apresentam um consumo contínuo – classificadas como MTS – são colocadas no supermercado e estão disponíveis para consumo no momento da encomenda. No entanto, os produtos MTS são sujeitos a um estudo pormenorizado no que se refere ao histórico do comportamento de vendas, bem como às regras da metodologia supermercado.

O modelo do supermercado de PA, a implementar no projeto de melhoria para os produtos MTS, pressupõe a quantificação dos seguintes parâmetros para cada uma das referências (Figura 31):

- **Nível de reposição (NR)** – nível de *stock* segundo o qual se deve efetuar uma ordem de produção. Este valor contempla uma quantidade de *stock* suficiente para o consumo normal no *lead time* de reposição, bem como o *stock* de segurança para variações na procura e outros imprevistos;
- **Tamanho de lote (TL)** – corresponde ao número de unidades necessárias para satisfazer a procura no período EPEI, em que estão a ser produzidas todas as referências;
- **Stock de segurança (SS)** – *stock* disponível para assegurar situações inesperadas, tais como: flutuação da procura, incerteza na oferta e no tempo de entrega dos fornecedores;
- **Quantidade máxima de stock (QTmax)** – representa a quantidade máxima de *stock*. Esta situação ocorre quando é efetuada uma ordem de produção quando o inventário atinge o NR e não existe qualquer consumo até ser produzido o novo lote.

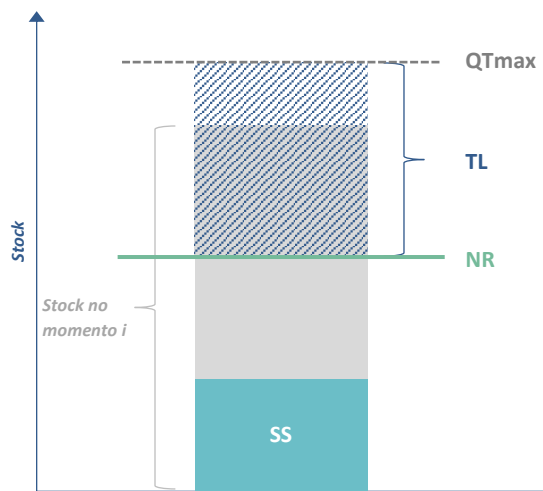


Figura 31 – Figura exemplificativa do funcionamento do supermercado a implementar na Empresa X.

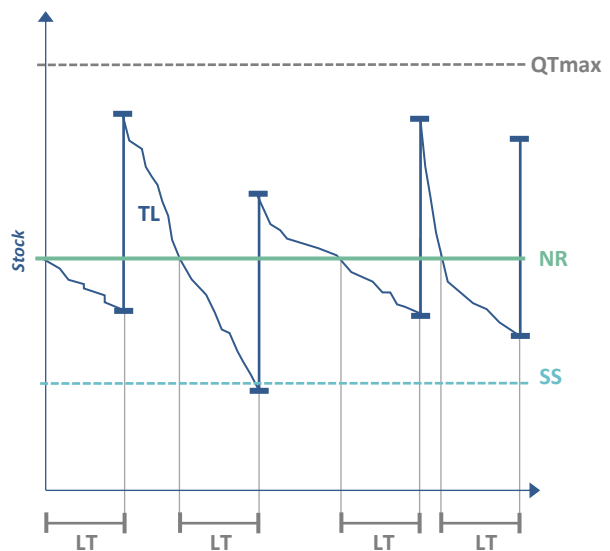


Figura 32 – Figura exemplificativa da evolução do stock no sistema pull a implementar na Empresa X.

Na estratégia futura pretende-se que, quando o *stock* de uma determinada referência MTS ultrapassa o valor calculado para o nível de reposição, seja lançado um *kanban* eletrónico que funciona como um alerta para o lançamento de uma nova ordem de produção desta referência. A principal diferença entre o novo modelo e o sistema *push*, utilizado inicialmente pela empresa, consiste na reposição do inventário de acordo com a procura real do cliente, ou seja, apenas ocorre produção de uma determinada referência quando o *stock* consumido atinge um determinado nível. A evolução do inventário após a implementação de um sistema *pull* com utilização de supermercados para produtos MTS é apresentada de forma exemplificativa na Figura 32. Na figura é possível visualizar o comportamento do inventário ao longo do tempo: no momento em que o *stock* ultrapassa a linha do NR é efetuada uma ordem de produção com um determinado TL, que é reabastecida após um *lead time* de reposição definido. O *stock* mantém-se nivelado ao longo do tempo e o SS ajuda a ultrapassar situações inesperadas. Com esta alteração de paradigma, é necessário desenvolver uma **estratégia de comunicação ao cliente** para o informar sobre o novo modelo de planeamento *pull* que entrará em vigor no decorrer do projeto de melhoria.

Após a determinação das referências que são necessárias produzir, é essencial determinar a sequência de produção mais eficiente. Neste sentido, a estratégia futura contempla ainda a utilização de uma ferramenta *lean* denominada **caixa de nivelamento**. Esta ferramenta, após a receção dos alertas *kanban* das referências MTS que atingiram o NR e das encomendas de produtos MTO efetuadas pelos clientes, nivela a produção de acordo com a capacidade instalada.

Paralelamente, é fundamental a utilização de outras ferramentas *lean* que suportem e viabilizem a implementação do novo sistema de planeamento através da redução de desperdícios associados à linha de enchimento, que permitam aumentar a sua capacidade produtiva. Desta forma, está contemplado no projeto de melhoria a utilização da ferramenta **SMED**, para a redução dos tempos de *setup*, e a metodologia **TPM**, para a redução dos tempos de paragem das máquinas. Estas encontram-se descritas em maior detalhe na secção 3.5.



Finalmente, de modo a facilitar o controlo completo da operação de planeamento de produção da Empresa X, é sugerido o desenvolvimento de uma **ferramenta de apoio ao planeamento de produção (FAPP)**, um *dashboard* operacional que tem como objetivo integrar o conjunto de ferramentas desenhadas para o sistema *pull* na cadeia de valor da linha do plástico e agilizar o fluxo de informação. A FAPP pretende incluir a gestão do supermercado de referências MTS e controlo de *kanbans* eletrónicos, a gestão de encomendas de referências MTO, a caixa de nivelamento e sequenciamento da produção com a incorporação dos tempos de *setup* entre as diversas referências, e tem como principal *output* o plano semanal de produção.

O sistema de planeamento *pull* em conjunto com a FAPP, facilitam a integração de todas as operações e permitem à empresa beneficiar de inúmeras vantagens, nomeadamente na redução da complexidade de gestão, no aumento da visibilidade de informação ao longo da cadeia de valor, bem como, no aumento do nível de serviço na entrega do produto final e no serviço prestado ao cliente.

Tendo como base as limitações identificadas durante a realização do VSM (secção 4.1) e as atividades de melhoria propostas na presente secção, é possível estabelecer uma relação que permite a sua resolução (Tabela 2).

*Tabela 2 – Metodologias/ferramentas utilizadas para a resolução das limitações do problema em estudo*

<b>Limitações do problema em estudo</b>	<b>Metodologia/ferramenta utilizada para a resolução</b>
Capacidade produtiva limitada ao nível dos recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMED</li> <li>• TPM</li> <li>• Regras de sequenciamento da produção</li> </ul>
Elevados tempos de <i>setup</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMED</li> </ul>
Elevado EPEI (90 dias)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMED</li> </ul>
Inventário de produto acabado desnivelado, com produção desajustada à procura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeamento estratégico das referências (estratégia ABC-XYZ)</li> <li>• Supermercado de produto acabado</li> <li>• Sistema <i>kanban</i></li> </ul>
Falta de ferramenta de planeamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPP</li> <li>• Caixa de nivelamento</li> </ul>
Partilha de informação demorada e pouco eficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPP</li> </ul>
Alterações constantes ao plano de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAPP</li> <li>• Supermercado de produto acabado</li> </ul>
Falta de <i>forecast</i> mensal enviada pelos clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégia de comunicação ao cliente</li> </ul>
Falta de controlo sobre as produções para campanhas promocionais dos clientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estratégia de comunicação ao cliente</li> </ul>

#### **4.2.2 Definição dos objetivos para o projeto de melhoria**

No seguimento do mapeamento do estado futuro estabeleceram-se os resultados que são expectáveis alcançar após a implementação das soluções propostas. Os KPIs definidos são utilizados para avaliar a

performance da empresa no decorrer do projeto de melhoria e permitem comparar os resultados obtidos com a situação inicial da Empresa X.

De acordo com os objetivos anteriormente referidos, o **nível de serviço (NS)** é definido como o principal KPI do projeto de melhoria. O cálculo deste KPI é obtido conforme apresentado na Eq. 1. Com a implementação das melhorias propostas na secção anterior estima-se um aumento de 10% do nível de serviço face ao seu valor inicial (*baseline*), que apresenta, no ano de 2017, o valor médio de 89%. Deste modo, o objetivo para este indicador no final da implementação das soluções propostas é de 98%.

Adicionalmente, com a implementação da FAPP, pretende-se que o plano final de produção, aprovado pelas diversas áreas da empresa, coincida com o plano projetado numa primeira instância pelo departamento de planeamento. Este indicador, nomeado **forecast accuracy de planeamento (FAP)**, tem como objetivo medir as alterações do plano face à primeira versão divulgada e avaliar os principais motivos desse desvio. Para o cálculo deste KPI são analisadas as diferenças entre as quantidades planeadas produzir das referências  $i$  na primeira versão do plano ( $P_i$ ) comparativamente às quantidades planeadas produzir na última versão do plano ( $U_i$ ). A fórmula de cálculo é visualizada na Eq. 4. Uma vez que não é possível obter informações históricas de forma a calcular a *baseline* deste indicador, durante o projeto de melhoria é realizada uma fase de diagnóstico que permite determinar o valor de referência – calculado com os dados recolhidos nos primeiros dois meses do projeto. No entanto, define-se para este KPI um objetivo de 90%, dadas as vantagens alcançadas com a implementação da estratégia futura proposta.

$$FAP = 1 - \sum \left| \frac{P_i - U_i}{P_i} \right| \quad (4)$$

Por fim, de forma a avaliar os resultados obtidos com os trabalhos realizados no âmbito do aumento de eficiência na linha de enchimento, é utilizado como KPI o OEE – *Overall Equipment Effectiveness* – calculado de acordo com a Eq. 3. Conforme estudado anteriormente, o OEE permite avaliar a performance produtiva da linha como um todo. O valor deste indicador na fase inicial é 68% sendo delineado como objetivo um aumento de 10% face ao valor inicial, que corresponde a um OEE de 75% após utilização das ferramentas e metodologias sugerias no desenho de solução.

Na Tabela 3 é elaborado um resumo dos três KPIs definidos para avaliar o projeto de melhoria. Foi definida uma periodicidade semanal para a recolha dos resultados de cada um dos indicadores, de modo a acompanhar de forma regular a evolução dos mesmos, garantindo que estes atingem os resultados pretendidos.

Tabela 3 – Tabela resumo dos KPIs do projeto de melhoria.

Key Performance Indicator	Fórmula de cálculo	Baseline	Objetivo
Forecast accuracy de planeamento (%)	$FAP = 1 - \sum \frac{P_i - U_i}{P_i}$	N.A. <sup>(1)</sup>	90%
OEE (%)	$OEE = \frac{TR}{TD} \times \frac{QR}{QT} \times \frac{QQ}{QT}$	68%	75%

(1) Não Aplicável.

### 4.3 ETAPA III – Planeamento das fases de implementação

A presente secção pretende planejar, num horizonte temporal, as diversas fases da estratégia de implementação, através da sequenciação das atividades de melhoria propostas, na secção 4.2.1, e identificação de precedências, de forma a potenciar a obtenção de resultados. Apesar de aplicada à Empresa X, a estratégia é definida e apresentada de forma genérica, para que possa ser adaptada e replicada em empresas com desafios semelhantes aos identificados neste caso de estudo, nomeadamente indústrias de processo do setor alimentar. Para este efeito é utilizado o conceito de *Gantt chart*, muito utilizado no contexto de gestão de projetos. O *Gantt chart*, permite aos gestores de projeto mapearem com precisão e de forma visual as diferentes etapas do projeto, desde o seu principal objetivo até ao detalhe de cada atividade (Steinfors, 2017).

No seguimento do mapeamento do estado futuro e tendo em conta o contexto macro do projeto, a implementação das soluções propostas encontra-se dividida em três vetores de atuação: 1) Aumento de eficiência da linha; 2) Implementação de um sistema *pull*; 3) Desenvolvimento da ferramenta de apoio ao planeamento de produção (FAPP). A estratégia definida contempla ainda quatro fases temporais, onde se dá especial foco à realização de determinadas atividades que são estabelecidos para esse intervalo.

A proposta de implementação do projeto de melhoria encontra-se representada na Figura 33.

Seguidamente são detalhadas as atividades que se pretendem realizar em cada um dos vetores.

#### 1) Aumento de eficiência da linha

Tendo como objetivo o aumento de eficiência da linha, são utilizadas, paralelamente, a ferramenta SMED e a metodologia TPM ao longo das três primeiras fases do projeto de melhoria. No final da 3ª fase são recolhidos os resultados obtidos que permitem atualizar os cálculos realizados no dimensionamento da capacidade produtiva.

#### 2) Implementação de um sistema de planeamento *pull*

Para a implementação eficaz de um novo modelo de planeamento integrado num sistema *pull* é necessário realizar um conjunto de ações. Na primeira fase, a empresa tem que tomar decisões relativamente à estratégia de produção de cada referência, nomeadamente, se um determinado produto se define como MTS ou MTO. Para este efeito será utilizada a classificação ABC-XYZ. De seguida, é desenvolvido o planeamento de capacidade de forma a dimensionar a respetiva capacidade produtiva da linha de enchimento. Na terceira fase, procede-se ao dimensionamento do supermercado de produto acabado em paralelo com o desenho e construção da caixa de nivelamento. Adicionalmente, durante a 2ª e 3ª fase é colocada em prática a nova estratégia de comunicação ao cliente. Por fim, faz-se a integração do novo sistema *pull* com a FAPP.

#### 3) Desenvolvimento e implementação da FAPP

De forma a contruir a FAPP é necessário, numa primeira instância, recolher os principais requisitos que devem ser contemplados. Posteriormente, durante a segunda e terceira fase procede-se ao desenvolvimento. Por último, e após as etapas precedentes, a ferramenta é implementada no contexto empresarial da Empresa X.

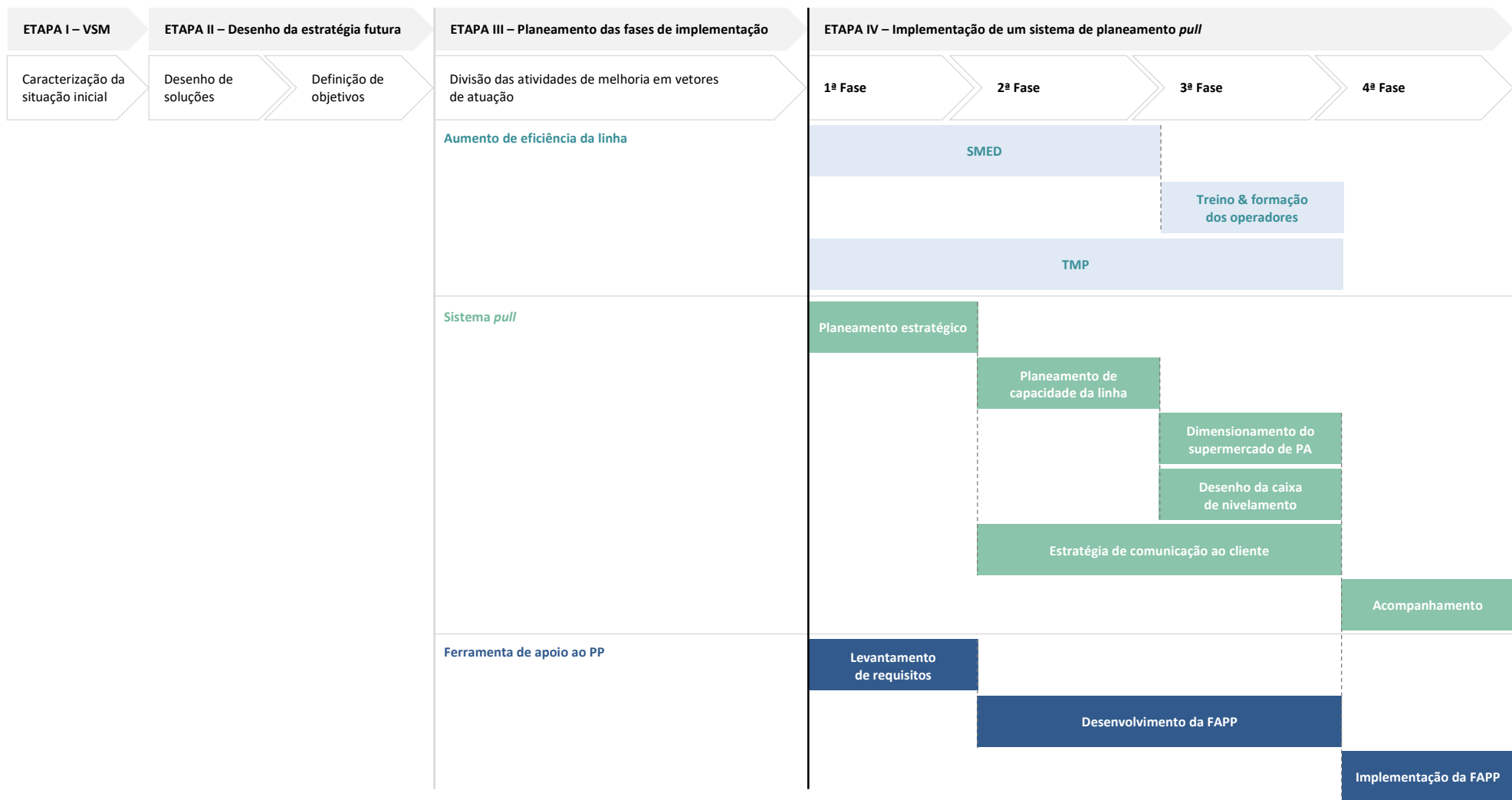


Figura 33 – Estratégia de implementação do projeto de melhoria.

## 4.4 ETAPA IV – Implementação de um sistema *pull* na linha do plástico

A presente secção tem como objetivo descrever a implementação das melhorias propostas no desenho da estratégia futura. Conforme sugerido na estratégia de implementação, a ETAPA IV encontra-se dividida em três vetores de atuação principais, ilustrados na Figura 34: 1) aumento de eficiência da linha; 2) implementação de um sistema de planeamento *pull*; 3) desenvolvimento e implementação da FAPP. Torna-se importante referir que estes três vetores começaram a ser trabalhados no início do projeto de melhoria e não de forma sequencial.

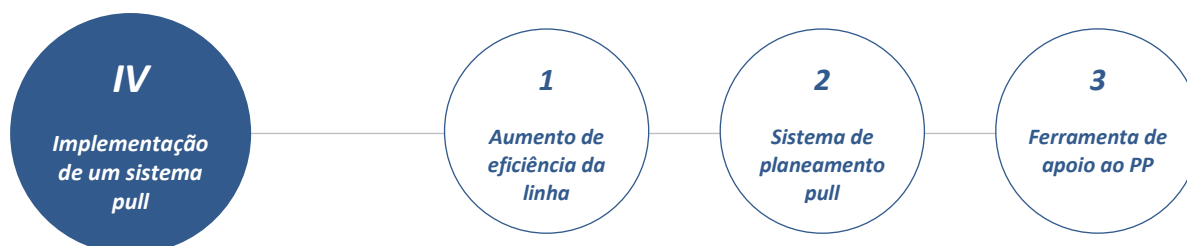


Figura 34 – Sub-etapas da implementação do sistema *pull*.

### 4.4.1 Aumento de eficiência da linha

As metodologias SMED e TPM, descritas nas seguintes secções, são fundamentais no suporte ao planeamento de produção, uma vez que a performance da linha é um fator determinante no dimensionamento da capacidade da mesma, com impacto direto na elaboração do plano de produção. A implementação destas ferramentas decorreu durante as três primeiras fases da ETAPA III. No entanto, apesar da sua importância, a implementação no contexto da Empresa X é explicada de forma pouco pormenorizada, uma vez que este não é o principal foco da presente dissertação de mestrado.

#### 4.4.1.1 SMED

A utilização da ferramenta SMED foi essencial no aumento de eficiência da linha do plástico da fábrica de Benavente, devido à elevada percentagem de perda de performance associada à realização de *setups*.

Conforme referido anteriormente na caracterização do problema, as operações de *setup* da linha dividem-se em duas mudanças principais, nomeadamente, de produto e de formato. Dado que o caminho crítico do *setup* associado à mudança de produto é determinado pelo CIP – processo de limpeza dos equipamentos –, nesta primeira abordagem ao problema não foram realizadas melhorias neste processo. Desta forma, foram apenas implementadas melhorias ao nível da mudança de formato, que se divide em duas categorias principais, mudança de formato de garrafa e mudança do tipo de bandeja.

Inicialmente, atribuíram-se cores aos diferentes formatos utilizados na linha do plástico para facilitar a identificação dos mesmos através de gestão visual. Assim, os formatos passaram a estar associados a uma cor conforme visualizado na Figura 35.

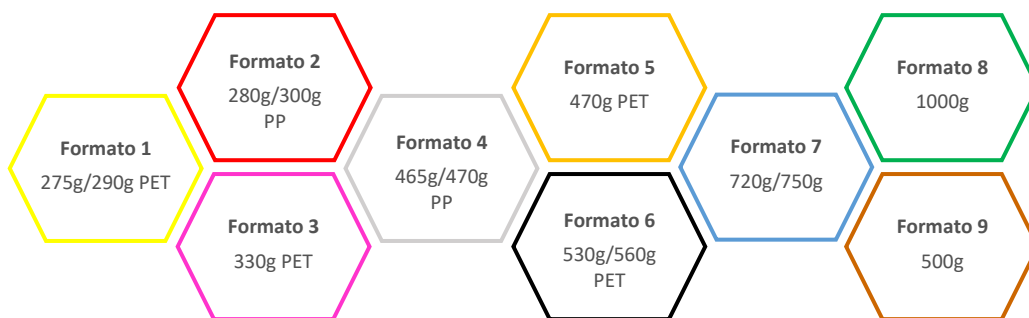


Figura 35 – Código de cores atribuído aos formatos da linha do plástico.

Seguindo a metodologia estudada na revisão bibliográfica, analisaram-se, numa primeira instância, as atividades internas que contribuíam para o elevado tempo de *setup* – uma vez que são atividades realizadas com o equipamento parado – e concluiu-se que o tempo gasto com afinações dos equipamentos tinha um grande impacto na eficiência da linha. Para além do tempo de afinação enquanto a máquina está parada, são necessários muitos ajustes durante as primeiras horas de produção, impedindo que a linha produza na sua velocidade. Desta forma, recolheram-se, para cada equipamento, os valores dos pontos de afinação para cada tipo de formato e foram, posteriormente, desenvolvidas normas de afinação conforme exemplificado na Figura 36.

Formato 560g Preto 6x2 – Aba Baixa				
	A	B	C	D
<b>9</b>	150	150		
<b>10</b>	150	150		
<b>11</b>	82	79	60	60
<b>12</b>	29	29	10	10
<b>13</b>	26.7			
<b>14</b>	272	233	140	120
<b>15</b>	80	65		
<b>16</b>	90	110		
<b>17</b>	956			
<b>18</b>	104	150		

Figura 36 – Norma exemplificativa com os parâmetros de afinação da embandejadora.

Adicionalmente, de modo a minimizar o tempo das atividades internas bem como das atividades externas, foram construídos carrinhos para auxiliar a mudança de formato, em que o objetivo passa pela organização das peças dos equipamentos por tipo de formato (Figura 37). Para cada tipologia, passam a existir dois carrinhos – um para cada equipa, composta por dois operadores – de forma a realizarem a alteração das peças nos equipamentos com maior eficiência.

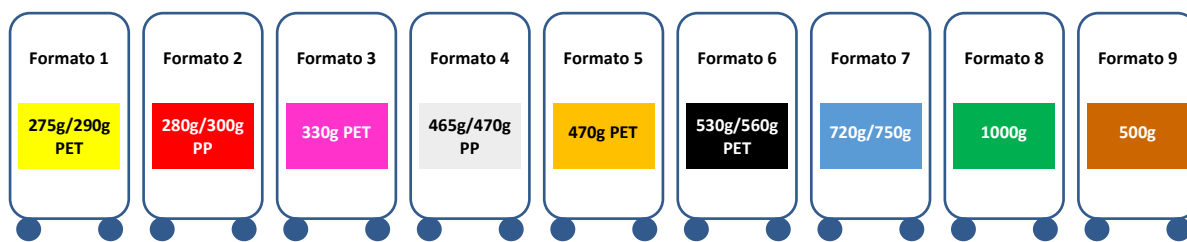


Figura 37 – Carrinhos de setup para mudanças de formatos.

Com a implementação destas medidas verificou-se uma diminuição de 35,7% no tempo médio de *setup*, que representa uma redução de oito para cinco horas.

#### 4.4.1.2 TPM

A metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), é também muito utilizada no aumento de eficiência de uma linha de produção uma vez que atua na eliminação do desperdício associado aos equipamentos, através da minimização do tempo total gasto na resolução de avarias.

No contexto do projeto de melhoria, identificaram-se os equipamentos da linha do plástico que mais contribuíam para a redução de performance da linha. Após esta análise, destacam-se a embandejadora, e o posicionador de garrafas, que representam, respetivamente, 34% e 21% das avarias totais. Para estes dois equipamentos, foram realizados estudos de identificação de causas raiz e posterior resolução e foram também criadas rotinas de manutenção preventiva nos períodos em que a máquina está parada para *setup*, de forma a evitar a ocorrência de problemas durante o período de produção. A implementação da metodologia TPM conduziu a uma redução das avarias e de microparagens de 20% e 29%, respetivamente.

### 4.4.2 Implementação de um sistema de planeamento pull

As etapas desenvolvidas na presente secção têm como objetivo implementar um novo sistema de planeamento na cadeia de valor da linha do plástico, baseado no conceito de abastecimento *pull* e adaptado às necessidades da Empresa X.

#### 4.4.2.1 Planeamento estratégico

Para a implementação de um sistema *pull* numa cadeia de valor ou numa empresa como um todo, é exigido que o planeamento estratégico de cada referência esteja claramente definido. Neste sentido, foi necessário tomar decisões relativamente à estratégia de produção de cada SKU disponibilizada pela Empresa X no portfólio de produtos que oferece aos clientes. A definição do plano estratégico deve ser aplicada não só ao produto acabado, como também aos componentes intermédios. No entanto, no presente caso de estudo, uma vez que não existem referências de produtos intermédios, foi apenas necessário organizar as referências de PA numa das seguintes categorias:

- **MTS (make-to-stock)** – incorpora os produtos da linha do plástico que se encontram disponíveis para entrega imediata ao cliente e que seguem as regras *picked to order* (PTO) e *build to replenish* (BTR), o que significa que o *picking* do produto é realizado para satisfazer encomendas reais dos clientes e



que o produto só é novamente produzido para repor quantidades já consumidas. Esta categoria deve incluir as referências que apresentam uma procura elevada e regular.

- **MTO (make-to-order)** – engloba todos os produtos que não se encontram disponíveis no armazém da empresa e que apenas são produzidos no seguimento de uma encomenda real. Estes produtos estão sujeitos a um maior *lead time* de entrega. As referências que têm um comportamento irregular devem ser incluídas nesta categoria.

Durante a caracterização da situação inicial detetou-se que a Empresa X não detém qualquer tipo de regra para a classificação das suas referências, e que, por este motivo, o fluxo de materiais ao longo da cadeia de valor exprime um comportamento *push*. De forma a redefinir a estratégia de planeamento da empresa, utilizou-se o modelo de classificação ABC-XYZ, tendo por base os consumos reais referentes ao ano de 2017. Como estudado anteriormente na revisão da literatura, para a realização da classificação ABC-XYZ dos produtos utilizaram-se dois critérios: o volume total consumido no ano de 2017 (em €) e a frequência de consumo, de modo a captar com maior exatidão a dinâmica dos clientes da Empresa X. Na análise ABC, as referências incluídas no grupo dos “A” representam 80% do volume total de vendas, as “B” 15% e as “C” 5%. Para a realização da análise XYZ, definiu-se, com base no comportamento dos clientes ao longo do ano de 2017, que os produtos incluídos na categoria “X” apresentam uma frequência de compra média inferior a 2 semanas, para os produtos “Y” uma frequência entre 2 semanas a um mês e para os produtos “Z” uma frequência média superior a um mês. O resultado da aplicação desta metodologia ao total de referências produzidas atualmente na linha do plástico encontra-se sumariado na Figura 38.

		A	B	C
		Elevada quantidade (80%)	Média quantidade (15%)	Reduzida quantidade (5%)
X	Frequência ≤ 2 semanas	MTS 13%	MTS 15%	MTS 10%
	2 semanas < Frequência ≤ 1 mês	MTS 8%	MTS 12%	MTO 12%
	Frequência > 1 mês	MTO 0%	MTO 6%	MTO 25%

Figura 38 – Percentagem de produtos em cada categoria da análise ABC-XYZ.

Definiram-se como referências MTS aquelas que se classificam na matriz como “AX”, “BX”, “CX”, “AY” e “BY”, representando 58% do total das referências. Os restantes 42% de referências foram classificadas como MTO.

A estratégia de planeamento das referências de PA permitiu à Empresa X alterar o seu modelo de gestão de *stocks*, que passou a adotar a classificação anteriormente proposta. Adicionalmente, desenvolveu-se um

procedimento para atualização semestral da classificação ABC-XYZ, dadas as contantes alterações do mercado. A ferramenta foi desenvolvida e implementada em *MS Excel* de forma a facilitar a sua utilização.

#### 4.4.2.2 Planeamento de capacidade

Após a definição da estratégia de planeamento para todas as referências atualmente em vigor, foi necessário dimensionar a capacidade diária disponível dos recursos existentes, nomeadamente, da linha do plástico. O dimensionamento da capacidade produtiva instalada teve como principal resultado a determinação do valor do EPEI para a linha em estudo, valor considerado fundamental para o cálculo posterior dos diversos parâmetros associados à implementação de um sistema *pull*. Para a realização deste dimensionamento, a capacidade a linha foi dividida em três diferentes componentes, ilustrados na Figura 39.

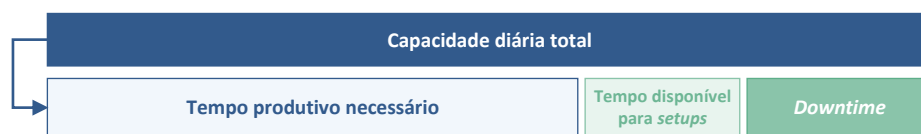


Figura 39 – Componentes da capacidade produtiva de um recurso.

Os dados que caracterizam a linha do plástico e que são comuns a todas as referências aí produzidas foram recolhidos e encontram-se apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados relativos à linha do plástico (Empresa X, 2018).

Descrição	Valor
# peças necessário (orçamento anual 2018)	18 500 000 garrafas
# referências	55 referências
<i>Downtime</i>	17%
Tempo de <i>setup</i> médio	5 horas
Velocidade média da linha	4 000 garrafas/hora
Dias de funcionamento da linha	335 dias

A capacidade diária total da linha do plástico é de 24 horas, no entanto, uma vez que esta não é 100% eficiente, é necessário considerar neste intervalo de abertura o tempo em que a mesma se encontra parada devido a avarias ou microparagens – denominado *downtime* e expresso em % relativamente à capacidade máxima diária. Além disso, como foram considerados apenas 335 dias de funcionamento durante um ano devido às duas paragens anuais (de 15 dias) realizadas para efetuar a manutenção preventiva dos equipamentos.

Para o cálculo do tempo efetivamente necessário para a produção da quantidade total prevista para o ano de 2018 – estipulada pela empresa no orçamento anual – foi utilizada a expressão referente à Eq. (5).

$$\text{Tempo produtivo necessário} = \frac{\# \text{ peças necessário}}{\text{velocidade média linha} \times (1 - \text{downtime}) \times \text{dias funcionamento}} \quad (5)$$

Desta forma, e aplicando os valores apresentados na Tabela 4, obteve-se um tempo produtivo necessário de  $\frac{18\ 500\ 000}{4\ 000 \times (1-0,17) \times 335} = 16,6\ h/dia$ . Este valor representa o número de horas produtivas de funcionamento da linha para cumprir o orçamento anual previsto.

De seguida, o tempo que fica disponível para a realização de *setups* foi calculado através da fórmula indicada na Eq. (6).

$$\text{Tempo disponível para setup} = 24\ \text{horas} - \text{tempo produtivo necessário} \quad (6)$$

Assim, o tempo disponível para *setup* obtido é de  $24 - 16,6 = 7,4\ h/dia$ .

Por último, o EPEI foi calculado com base na relação entre o número total de referências produzidas na linha e o número de *setups* permitidos por dia, conforme apresentado na Eq. (7), onde o este último fator foi calculado através da fórmula indicada na Eq. (8).

$$EPEI = \frac{\# \text{ referências}}{\# \text{ setups permitidos por dia}} \quad (7)$$

$$\# \text{ setups permitidos por dia} = \frac{\text{Tempo disponível para setup}}{\text{Tempo de setup médio}} \quad (8)$$

Para a linha do plástico, o número de *setups* permitidos por dia é de  $7,4/5 = 1,5\ \text{setup/dia}$  e o EPEI apresenta como resultado um valor de  $55/1,5 = 37\ \text{dias}$ . Conclui-se, desta forma, que a linha do plástico tem capacidade para produzir todas as referências em ciclos de 37 dias. A Tabela 5 resume os valores obtidos anteriormente.

Tabela 5 – Parâmetros do dimensionamento da capacidade.

Parâmetros	Valor
Tempo produtivo necessário	16,6 horas/dia
Tempo disponível para <i>setup</i>	7,4 horas/dia
# <i>setups</i> permitidos por dia	1,5 <i>setups</i> /dia
EPEI	37 dias

#### 4.4.2.3 Dimensionamento do supermercado de PA com incorporação de sistema *kanban*

Na sequência da definição estratégica das referências, surgiu a necessidade de criar normas de gestão de inventário para os produtos classificados como MTS. O novo conceito de gestão de inventário implementado na Empresa X é designado como supermercado. Um supermercado contempla um *stock* normalizado que é reabastecido pelo processo fornecedor a montante, com base no consumo real do processo cliente a jusante, de acordo com a produção em fluxo *pull*. Uma vez que a jusante se encontra o cliente final, o supermercado de PA é repostado de acordo com a procura real do mercado. Para a sua implementação definiram-se os valores dos parâmetros, apresentadas anteriormente na Figura 31, para cada uma das 55 referências atuais do portfólio de produtos da linha do plástico: nível de reposição (NR), tamanho de lote (TL) e *stock* de segurança (SS).

Para o cálculo do tamanho de lote foi necessário incorporar a quantidade adequada para satisfazer a procura de cada uma das referências durante o intervalo de tempo determinado pelo EPEI, ou seja, durante 37 dias. Desta forma, obtiveram-se os valores do tamanho de lote para cada referência através da Eq. (9).

$$TL = procura\ média\ diária \times EPEI \quad (9)$$

Relativamente ao nível de reposição, este deve ser equivalente à sua procura média durante o *lead time* de reposição – que corresponde ao período de tempo desde que o artigo atinge o NR até que ser reposto. A fórmula utilizada para o dimensionamento do NR das referências é apresentada na Eq. (10).

$$\begin{aligned} NR &= procura\ LT_{reposição} + SS = \\ &= procura\ média\ diária \times LT_{reposição} + SS \end{aligned} \quad (10)$$

Dado que o consumo médio diário de cada produto é conhecido, com base no histórico de consumo do ano de 2017, o cálculo deste parâmetro passou pela correta definição do *lead time* de reposição. Na Empresa X, este intervalo temporal é composto pelas seguintes parcelas: *lead time* de informação, *lead time* de espera, *lead time* de produção e *lead time* de controlo de qualidade (Figura 40).



Figura 40 – Fatores integrantes do lead-time de reposição

- **Lead time de informação** – considera o tempo decorrido entre o momento em que o *stock* de uma determinada referência atinge o nível de reposição e o momento em que a ordem de produção deste produto é lançada para a fábrica.
- **Lead time de espera** – contempla o intervalo de tempo em que a produção de uma determinada referência tem que aguardar pelo término das produções anteriores;
- **Lead time de produção** – representa o tempo necessário (em horas) para a produção de uma referência. Este valor é calculado individualmente para cada um dos produtos com base na velocidade da linha (considerando as ineficiências) para o seu respetivo formato, através da fórmula indicada na Eq. (11).

$$LT_{produção} = \frac{TL}{velocidade\ teórica\ linha \times (1 - downtime)} \quad (11)$$

- **Lead time de quarentena** – engloba o período de tempo no qual o produto está sob quarentena para validar a qualidade do mesmo.

Uma das particularidades do projeto de melhoria da Empresa X refere-se ao valor do componente *lead time* de espera, uma vez que, foi definido que este valor corresponde a duas semanas completas. Esta especificação surge para garantir o cumprimento do plano inicialmente proposto, dado que o planeamento para as duas semanas seguintes se encontra “fechado” e não é passível de ser alterado, apenas caso surja alguma necessidade urgente. Para assegurar o seu cumprimento, este indicador será medido e controlado

ao longo do projeto através do KPI apresentado na Eq. (4). No entanto, esta regra será explicada em maior detalhe numa secção futura.

Neste seguimento, a Tabela 6 resume as diferentes parcelas que compõem o *lead time* de reposição de uma referência no *stock* de PA.

Tabela 6 – Decomposição do lead time de reposição (Empresa X, 2018).

Lead time informação	Lead time espera	Lead time produção	Lead time quarentena
1 dia	14 dias	Variável com a velocidade da linha	10 dias

Adicionalmente, foi calculado o valor do *stock* de segurança para cada artigo de forma a prevenir a variabilidade do consumo, bem como, do processo de reposição. Dada a elevada incerteza na procura, característica do setor de grande consumo, decidiu-se calcular o valor do SS com base no desvio entre o consumo máximo durante o *lead time* de reposição e o consumo médio de cada referência, através de dados recolhidos durante os 6 meses anteriores à análise. O cálculo é realizado conforme a expressão apresentada na Eq. (12).

$$SS = (\text{consumo máximo} - \text{consumo médio}) \times LT_{\text{reposição}} \quad (12)$$

De forma a auxiliar a gestão do supermercado criado para as referências de produto acabado foi desenvolvido um *template* em Excel que incorpora todos os parâmetros, calculados conforme explicado anteriormente. A ferramenta Excel desenvolvida para a Empresa X encontra-se apresentada, de forma exemplificativa, na Figura 41.

Artigo	Descrição	Formato	Velocidade linha (unid./hora)	Estratégia ABC	Procura média diária (unid.)	$LT_{\text{reposição}}$ (dias)	Stock virtual (unid.)	NR (unid.)	TL (unid.)	SS (unid.)
33673	Ketchup 330g	3	3.200	MTS	1.728	26,0	55.542	50.493	63.936	5.560
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
32487	Ketchup 564g	6	4.500	MTS	2.906	26,2	76.935	85.484	107.520	9.350

Figura 41 – Template para gestão do supermercado.

A implementação do supermercado de produto acabado para as referências MTS da linha do plástico permitiu dimensionar os níveis de reposição e tamanhos de lote de acordo com a procura real do mercado e capacidade produtiva instalada da fábrica de Benavente. Estes parâmetros, ao serem calculados individualmente para cada referência, potenciaram uma redução no risco de rotura, bem como uma diminuição da necessidade de constituir *stock* para combater esse mesmo risco. Além disso, a definição dos tamanhos de lote segundo o conceito EPEI permitiu alinhar a frequência de rotação dos produtos com a sua tipologia de consumo, garantindo um nível de rotação superior.

#### 4.4.2.4 Caixa de nivelamento e sequenciador de referências

A caixa de nivelamento é um componente do sistema *pull* que tem como objetivo auxiliar o planeamento de produção. Esta ferramenta contém divisões horárias ao longo do período de produção estipulado (por

exemplo, um dia, uma semana, etc.) que permitem planejar a produção de acordo com a capacidade instalada da fábrica (Figura 42). O preenchimento de uma parcela da caixa é calculado tendo em consideração a velocidade da linha, a respetiva eficiência, bem como a quantidade necessária produzir. A caixa de nivelamento permite dispor de forma visual as seguintes informações:

- Sequência de referências a produzir na linha do plástico;
- Hora e dia de entrada de cada referência em produção;
- Hora e dia dos *setups* previstos.

Para além de facilitar o processo de planeamento de produção, com o acesso a estas informações é também possível saber quando é necessário começar a preparar as MP e ME necessários para a produção seguinte, controlar o progresso da produção e gerir possíveis atrasos.

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Referência 1																																	
Referência 2																																	
...																																	
Referência n																																	

Figura 42 – Caixa de nivelamento exemplificativa.

A caixa de nivelamento é, normalmente, utilizada num formato físico, no entanto, dada a eficácia do sistema informático utilizado pela Empresa X, esta será desenvolvida em formato digital. Neste sentido, o levantamento de requisitos e o desenvolvimento informático da ferramenta serão explicados numa secção futura, denominada “Desenvolvimento e implementação da FAPP”.

A alimentação da caixa de nivelamento desenvolvida para a linha do plástico é feita através dos *kanbans*, que são despoletados a partir do supermercado de PA desenhado para as referências MTS e através da introdução das necessidades de produção para as encomendas MTO. Após a identificação das referências que ultrapassaram o nível de reposição, é necessário sequenciá-las no horizonte temporal. Neste sentido, foram definidas duas regras fundamentais que permitem otimizar o sequenciamento da produção, de forma a aumentar eficiência e a capacidade da linha:

- 1) Agrupar referências do mesmo formato de modo a diminuir os *setups* de mudança de formato.
- 2) Sequenciar as referências dentro do mesmo formato de acordo com a norma apresentada na Figura 43, de modo a diminuir os *setups* de lavagem dos tubos e da enchedora.



Figura 43 – Sequência ótima para os tipos de receita (esquerda) e composição de ingredientes (direita).

O novo método de sequenciamento das referências diminuiu o tempo total gasto com a realização de *setups* na linha do plástico, no entanto, como a implementação do sistema de planeamento *pull* aumenta

o número de *setups* realizados, a componente do OEE referente aos *setups* aumentou 3,6%, prejudicando o valor global deste indicador de performance.

O horizonte temporal estipulado para a caixa de nivelamento foi de 4 semanas com o objetivo de se obter uma maior visibilidade sobre as produções futuras para se poderem efetuar as encomendas de MP e ME com a antecedência necessária. No entanto, de forma a garantir o cumprimento do modelo *pull*, desenvolveu-se uma nova norma de planeamento, que se refere às duas primeiras semanas do plano de produção. Esta norma exige que o plano lançado para a semana  $n + 1$  e  $n + 2$  esteja fechado, o que significa que o mesmo não pode sofrer alterações. Visualizando o exemplo da Figura 44, o plano definido para a semana 2 ( $n + 2$ ) que é enviado na semana 0, tem que ser exatamente igual ao plano definido para a semana na 2 ( $n + 1$ ) enviado na semana 1.

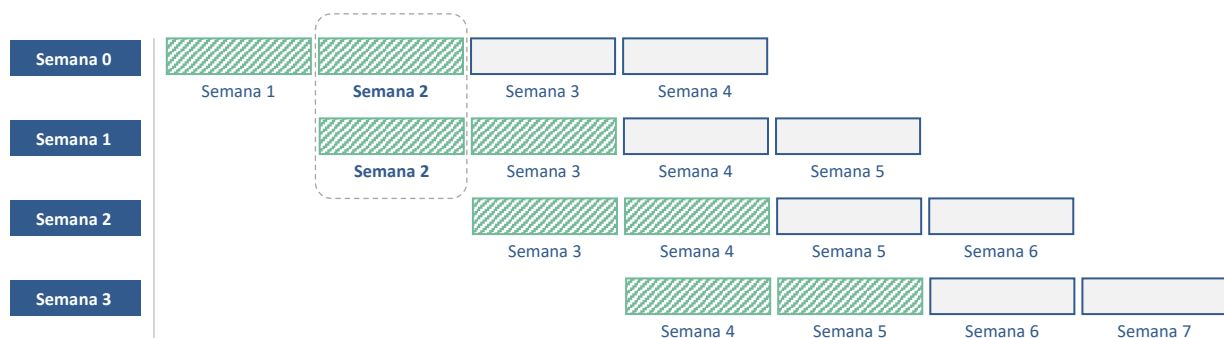


Figura 44 – Norma da regra de planeamento.

A presente norma foi partilhada e comunicada a todos os departamentos da fábrica do retalho da Empresa X e o cumprimento da mesma começou a ser monitorizado através do KPI *forecast accuracy* de planeamento. Foi no momento de divulgação da norma que se definiu o valor da *baseline* para este indicador, com os dados recolhidos deste o início do projeto de melhoria. Concluiu-se assim, que o KPI tem como valor referência 80%, o que significa que o plano inicialmente realizado pelo departamento de planeamento é alterado, em média, 80% do seu conteúdo.

#### 4.4.2.5 Estratégia de comunicação ao cliente

Com a alteração de paradigma motivada pela implementação do novo modelo de planeamento *pull*, houve a necessidade de definir uma nova estratégia de comunicação ao cliente – os retalhistas que adquirem os produtos da Empresa X. A imagem que as empresas têm e a forma como expõem perante os clientes as suas normas de funcionamento é fundamental para garantir os resultados desejados e, neste sentido, a comunicação do novo modelo de planeamento em *pull* é essencial para garantir o seu sucesso. Deste modo, foi desenhado um conjunto de informações que devem ser comunicadas ao cliente:

- O cliente deve ser informado quais das suas referências seguem uma estratégia MTS e quais seguem uma estratégia MTO.
- As encomendas relativas a referências MTS têm um lead time de entrega de 3 dias – dado que se encontram disponíveis em supermercado para consumo –, enquanto que as referências MTO

apresentam um lead time de 45 dias – uma vez que não existe *stock* disponível e apenas serão produzidas depois de ser efetuada uma encomenda real.

- O cliente deve enviar uma previsão da procura para todas as suas referências MTS, de forma a dimensionar o respetivo supermercado de PA.
- O cliente deve ser informado que encomendas de referências MTS para efeitos promocionais, ou seja, em grandes quantidades e superiores à procura média, serão planeadas de acordo com a estratégia MTO e terão um lead time de entrega de 45 dias.

De forma a auxiliar o departamento de marketing a comunicar ao cliente a nova estratégia de planeamento foi desenvolvido o guião apresentado na Figura 45.

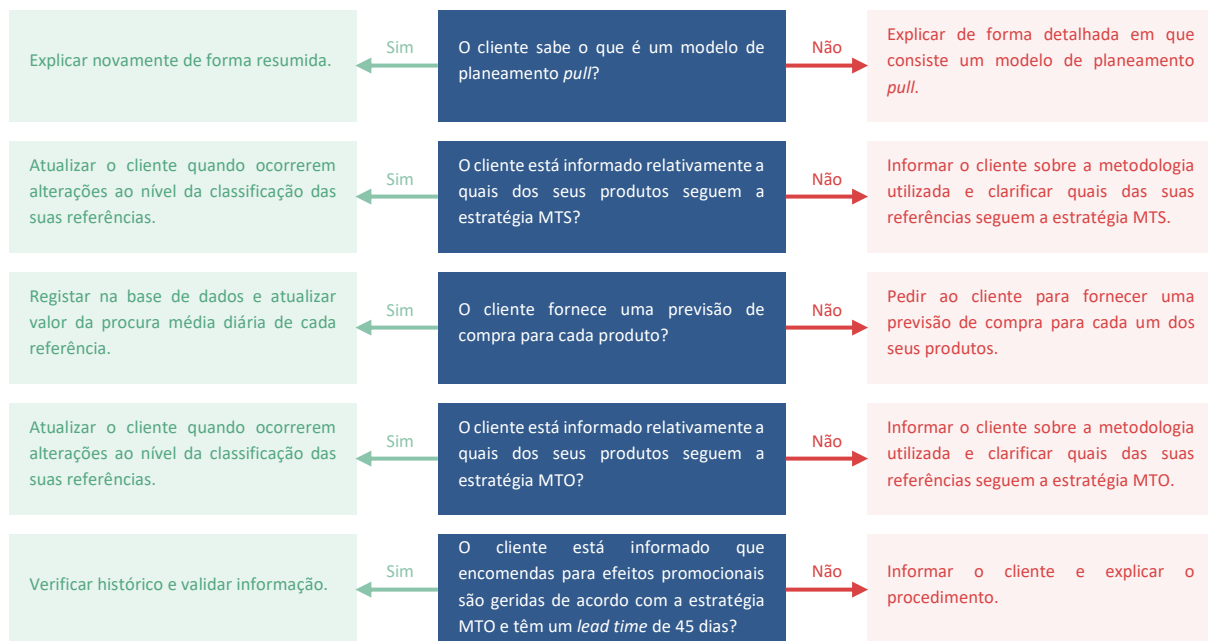


Figura 45 – Guião para comunicar ao cliente a nova estratégia de planeamento *pull*.

No final da terceira fase da etapa de implementação, a percentagem de referências com *forecast* enviada pelo cliente aumentou para 87%. Apesar do sistema de planeamento implementado trabalhar de acordo com o modelo *pull*, os parâmetros de gestão de inventário que fazem despoletar as necessidades de produção, são calculados com base na procura média diária de cada referência. Se o cliente prevê, num futuro próximo, aumentar a quantidade que compra, esta informação pode ser antecipadamente comunicada à Empresa X, para que a empresa tenha condições de garantir o elevado nível de serviço.

### 4.4.3 Desenvolvimento e implementação da FAPP

#### 4.4.3.1 Levantamento de requisitos da ferramenta

Paralelamente à implementação das metodologias *lean* descritas anteriormente, iniciou-se, na primeira fase do projeto de melhoria, o levantamento dos requisitos necessários para o desenvolvimento da ferramenta de apoio ao planeamento de produção (FAPP) da linha do plástico. A FAPP surgiu com o objetivo de integrar num *dashboard* operacional todas as ferramentas que compõem o sistema de planeamento



*pull*, de forma a agilizar a partilha e análise de informação relevante para a elaboração do plano semanal de produção. Num *workshop* onde esteve presente a equipa de projeto da Empresa X e um elemento interno do Kaizen Institute (eu própria), foram definidos os requisitos de informação que a ferramenta deve contemplar (módulos do *dashboard*):

- 1) Módulo que permita realizar e atualizar periodicamente o planeamento estratégico das referências de forma a determinar a que categoria pertencem (MTS ou MTO);
- 2) Módulo que contenha as constantes de dimensionamento de capacidade da linha – comuns a todas as referências: orçamento anual do ano corrente, número de referências em vigor, tempo médio de *setup*, velocidade média da linha, dias de funcionamento da linha, *downtime*, EPEI, *lead time* de informação, *lead time* de espera e *lead time* de quarentena;
- 3) Módulo que permita realizar a gestão do supermercado de produto acabado e que possibilite a:
  - Inclusão dos parâmetros de gestão do supermercado relativos a cada uma das referências produzidas na linha do plástico: procura média diária, *stock* atual, nível de reposição, tamanho de lote, *stock* de segurança e *lead time* de reposição;
  - Criação de um *kanban* eletrónico que fica ativo quando o nível de *stock* atual de uma determinada referência ultrapassa o respetivo nível de reposição ( $stock\ atual < NR$ ) – alerta visual de cor vermelha;
- 4) Módulo para incorporar a informação sobre o *stock* atual das referências, extraída diretamente do sistema informático da empresa;
- 5) Módulo que inclua a informação sobre os tipos de *setup* e os respetivos tempos médios;
- 6) Módulo que apresente os tipos de formatos e as suas características: número do formato (com a respetiva cor), tamanho da embalagem e velocidade da linha para esse formato;
- 7) Módulo que tenha como objetivo auxiliar a construção da caixa de nivelamento e que possibilite:
  - Comparar o nível de reposição das referências com o respetivo *stock* virtual. Conforme apresentado na Eq. 13, o *stock* virtual é o *stock* disponível em armazém (*stock* atual), exceto o *stock* alocado a uma expedição ou a uma venda realizada, somado com as produções já planeada para essa referência;
$$Stock\ Virtual = Stock\ atual - Stock\ alocado + Produções\ planeadas \quad (13)$$
  - Agrupar referências do mesmo formato que tenham *kanban*;
  - Ordenar, dentro do mesmo formato, referências que tenham *kanban* de acordo com a regra de sequenciamento apresentada anteriormente na Figura 43;
- 8) Módulo que permita atualizar a caixa nivelamento e lançar o novo plano semanal de produção e que:
  - Inclua de divisões horárias para um horizonte temporal de quatro semanas;

- Preencha automaticamente as divisões horárias de acordo com a quantidade planeada de cada referência e o sequenciamento determinado no elemento auxiliar da caixa de nivelamento;
- Atribua cores às referências planeadas de cada formato;
- Tenha um *template* apelativo e de fácil leitura para ser, posteriormente, enviado para todos os departamentos que utilizem o plano de produção;

9) Integração de todos os elementos e cruzamento automático de informação entre eles.

Posteriormente à definição dos requisitos que devem ser incorporados na FAPP – resumidos na Figura 46 – realizou-se um novo workshop onde esteve presente a equipa de *information technology* (IT) e um elemento interno do Kaizen Institute (eu própria) para tomar a decisão sobre qual o *software* onde seria desenvolvida a ferramenta. Após a apresentação das funcionalidades que a ferramenta deveria contemplar, decidiu-se que esta seria desenvolvida em *MS Excel*, uma vez que permite uma rápida implementação e facilidade de utilização. Ao longo da segunda e terceira fase da etapa de implementação (ETAPA IV) foram realizadas diversas reuniões entre o elemento do KICG (eu própria) e a equipa de IT onde, num processo iterativo, foram discutidas as funcionalidades da ferramenta, de forma a acomodar todos os requisitos definidos inicialmente. Estas interações com a equipa de IT assumiram ainda um papel fundamental no suporte ao desenvolvimento da FAPP nos módulos de gestão do supermercado (Anexo A) e caixa de nivelamento (Anexo B), facilitando o processo de integração da informação extraída a partir do ERP.



Figura 46 – Requisitos da ferramenta de apoio ao planeamento de produção.

#### 4.4.3.2 Implementação da FAPP

Após o desenvolvimento da FAPP foi elaborada uma norma de utilização da ferramenta para auxiliar o departamento de planeamento a desenvolver o plano de produção semanalmente. A sequência de etapas que compõem o ciclo de construção de um plano de produção é representada na Figura 47.

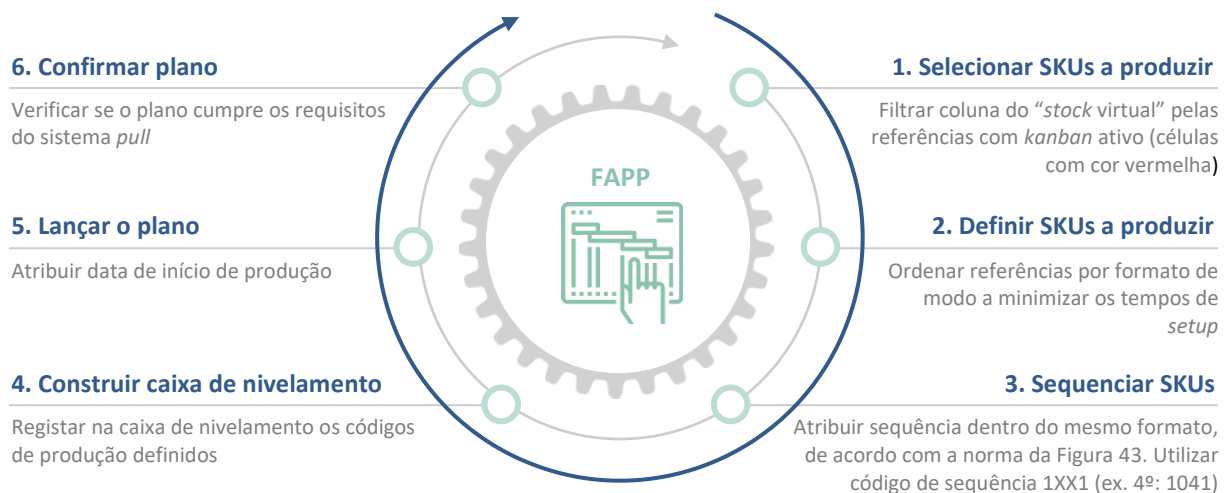


Figura 47 – Sequência de etapas para a elaboração de um plano de produção.

Com a implementação da FAPP, a equipa de planeamento dispõe agora de um conjunto de ferramentas que lhe permite elaborar o plano de produção através de uma abordagem visual e objetiva. Esta ferramenta, ao ser implementada em Excel, permitiu uma rápida adaptação e aprendizagem por parte desta equipa, uma vez que já estavam familiarizados com o *software*. O resultado final que se pretende alcançar é o plano de produção com visibilidade para quatro semanas (a partir da  $n + 1$ ), sendo que as duas primeiras são fechadas e não estão sujeitas a eventuais alterações. Um exemplo de um plano de produção para a linha do plástico da Empresa X pode ser visualizado no Anexo B.

Esta solução melhorou a eficácia do processo de planeamento de produção numa base semanal e terá uma enorme influência a médio-prazo dada a grande alteração no paradigma de gestão da empresa que deixou de trabalhar segundo a filosofia de “capacidade infinita”.

## 4.5 Conclusões do capítulo

O capítulo de desenho e implementação do novo modelo de planeamento na linha do plástico segue uma metodologia que contempla quatro etapas principais. Na primeira etapa realizou-se um enquadramento inicial da Empresa X, com foco no processo de planeamento de produção, onde foram recolhidas as principais limitações e oportunidades de melhoria com vista ao aumento do nível de serviço. Na segunda etapa foi realizado o desenho da estratégia futura e definiram-se os objetivos para o projeto de melhoria. Na terceira etapa as propostas de melhoria foram agrupadas em três vetores de atuação principais e foi elaborado o plano de implementação num horizonte temporal. Os três vetores de atuação são: 1) aumento de eficiência da linha; 2) integração do sistema de planeamento *pull*; 3) desenvolvimento e implementação da FAPP. Na quarta e última etapa do capítulo procedeu-se à implementação, no contexto real da Empresa X.

## 5 Análise e discussão de resultados

A aplicação de ferramentas e metodologias *lean* de forma coesa e integrada, permitiu à Empresa X implementar na cadeia de valor referente à linha do plástico, um modelo de planeamento *pull* alinhado com o comportamento real do consumidor. Após a análise da situação inicial e desenho da estratégia futura, as atividades de melhoria foram agrupadas em três vetores de atuação principais e foram implementadas paralelamente ao longo de quatro fases. A metodologia utilizada, impactou positivamente o resultado dos três importantes indicadores de performance estabelecidos, conforme ambicionado na definição dos objetivos do projeto de melhoria. Importa, no entanto, realçar que os resultados apresentados não dependem apenas de uma ferramenta ou metodologia aplicada, mas sim do conjunto das atividades de melhoria implementadas ao longo de todo o processo. Por este motivo, a evolução dos KPIs é apenas divulgada neste capítulo, uma vez que a sua performance é impactada por diferentes intervenções realizadas.

Os resultados dos três indicadores de performance monitorizados no decorrer do projeto de melhoria, com uma periodicidade semanal, encontram-se apresentados de forma resumida na Tabela 7. O valor do resultado final de cada KPI é calculado de acordo com a média dos últimos quatro meses, para que a amostra seja sólida e comparável ao valor da *baseline* que foi calculada com base nos resultados dos seis meses anteriores ao início do projeto.

Tabela 7 – Síntese dos resultados obtidos com o projeto de melhoria.

Key Performance Indicator	Baseline	Objetivo	Média últimos 4m	Varição
Nível de Serviço (%)	89%	98%	97%	+9,0%
OEE (%)	68%	75%	74%	+8,8%
Forecast accuracy de planeamento (%)	67%	90%	93%	+38,8%

A evolução do indicador *forecast accuracy* de planeamento ( $FA_p$ ) – que tem como objetivo medir as alterações do plano face à primeira versão divulgada – é visualizada na Figura 48 e Figura 49.

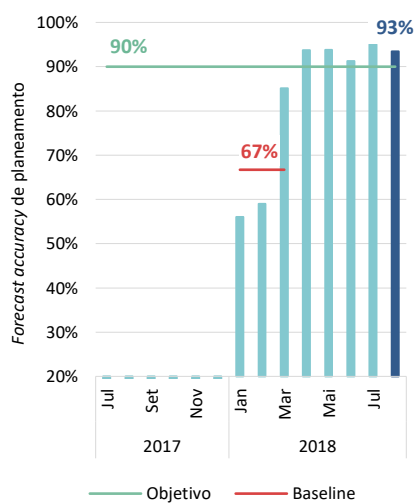


Figura 48 – Evolução mensal do indicador *forecast accuracy* de planeamento.

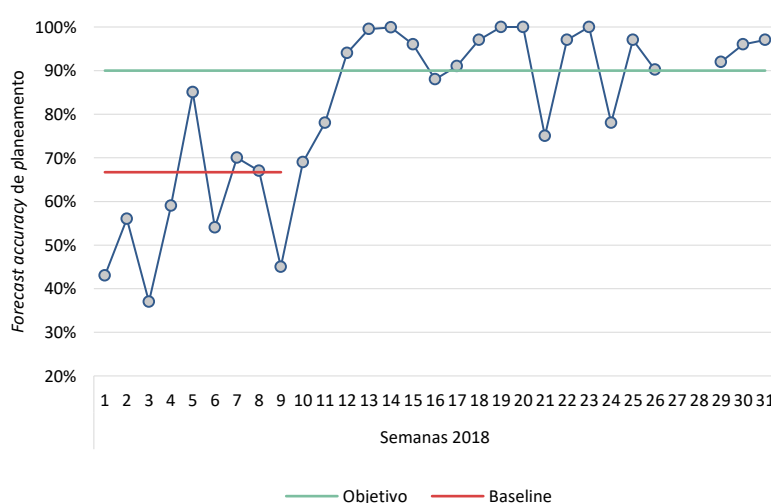


Figura 49 - Evolução semanal do indicador *forecast accuracy* de planeamento.

A partir das Figuras 48 e 49 é possível observar um aumento significativo do indicador motivado pela implementação das ferramentas de apoio ao planeamento de produção, nomeadamente, o supermercado de PA com recurso ao sistema *kanban*, a caixa de nivelamento e sequenciador de referências e a FAPP, que proporcionou a integração de todas as ferramentas de suporte ao PP. O KPI apresenta também uma rápida estabilização próxima do valor objetivo, que se situa nos 90%, com semanas a alcançar valores de 99% e 100% de precisão na elaboração do plano de produção. Nas semanas 27 e 28 ocorre uma interrupção da monitorização do indicador, devido à paragem planeada da fábrica para a realização da manutenção preventiva. Verificam-se duas descidas na performance do indicador nas semanas 21 e 24, justificadas pela falta de material de embalagem a montante da cadeia de abastecimento. A monitorização do indicador permite também identificar quais são as causas para que o objetivo estipulado não seja alcançado, uma vez que existe uma maior visibilidade e controlo sobre a informação. No final do projeto de melhoria, o indicador *forecast accuracy* de planeamento ( $FA_P$ ), apresentava um resultado de 93%, revelando uma subida de 38,8% face à sua *baseline* que se situava nos 67%. Com a implementação das ferramentas associadas ao planeamento *pull*, as alterações constantes ao plano de produção, que prejudicavam seriamente a estabilidade das operações ao longo da cadeia de valor, deixaram de fazer parte do dia a dia da empresa, que passou a ter um maior controlo sobre as suas necessidades de produção.

A evolução do OEE – que tem como principal objetivo avaliar a eficiência da linha do plástico – ao longo do projeto de melhoria, é visualizada na Figura 50 e Figura 51.

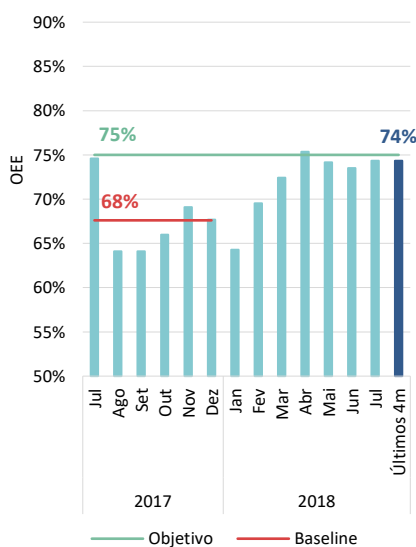


Figura 50 - Evolução mensal do indicador OEE.

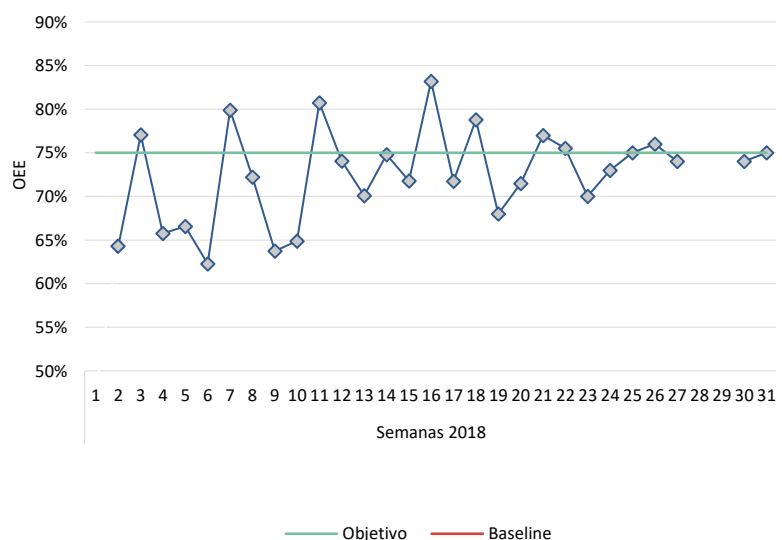


Figura 51 - Evolução semanal do indicador OEE.

Conclui-se através da observação das Figuras 50 e 51 que os resultados do OEE foram superiores à *baseline* nos últimos seis meses do projeto de melhoria. Este resultado foi alcançado através da implementação da ferramenta SMED e da metodologia TPM na linha do plástico, que contribuiriam para a redução de 37,5% do tempo médio de *setup* e para a redução de 20% e 29% das avarias e microparagens, respetivamente. No entanto, a implementação do sistema de planeamento *pull*, conduziu a um aumento do número de *setups*

uma vez que o tamanho do lote de produção tem tendência a diminuir, aumentando o tempo total gasto com a realização de *setups* em 3,6%. Ao longo do projeto, com as atividades de melhoria desenvolvidas ao nível da eficiência da linha e tendo em consideração o aumento do nível de *setups*, o OEE global da linha do plástico evoluiu positivamente 8,8% face à sua *baseline* de 68%, apresentando atualmente um valor médio de 74% nos últimos quatro meses. Este KPI ficou um ponto percentual abaixo do objetivo delineado inicialmente, uma vez que os seis meses de implementação do projeto de melhoria não foram suficientes para alcançar os objetivos estabelecidos. Importa ainda referir que a aplicação de ferramentas *lean* como o SMED e o TPM é um processo de constante melhoria, que deve ser realizado de forma contínua.

Os resultados apresentados anteriormente neste capítulo e ao longo de toda a secção 4.4, culminam num aumento acentuado do nível de serviço, como é visualizado na Figura 52 e Figura 53.

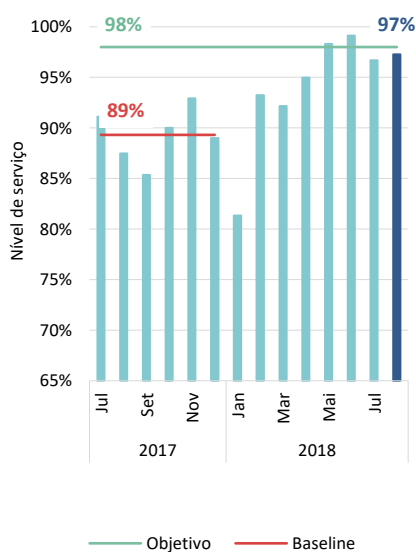


Figura 52 - Evolução mensal do indicador nível de serviço.

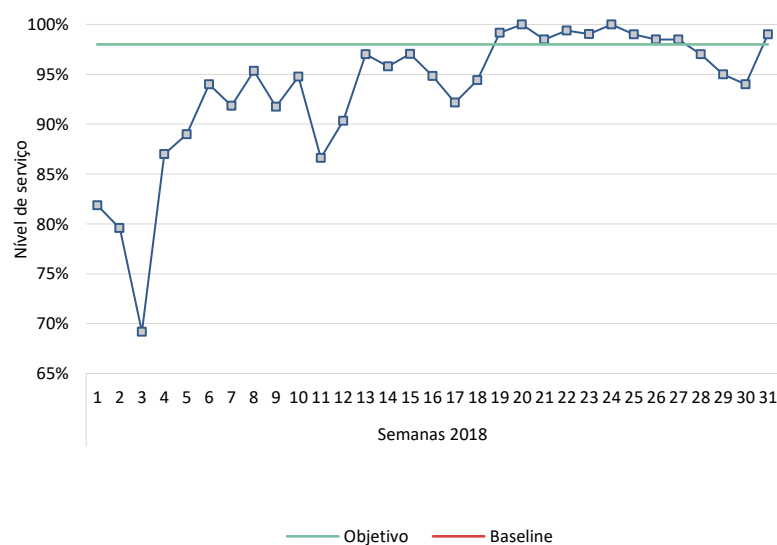


Figura 53 - Evolução semanal do indicador nível de serviço.

Como é possível verificar através das Figuras 52 e 53, num projeto como o da Empresa X, os resultados vão surgindo de forma gradual ao longo do processo de implementação. Denota-se um aumento significativo do indicador nas últimas semanas do projeto de melhoria, dado que muitas das atividades propostas já estavam implementadas e a ser testadas em contexto real. A partir da semana 22 é verifica-se uma estabilização do nível de serviço em valores muito próximos dos 100%. Observa-se, no entanto, uma ligeira redução do indicador entre as semanas 28 a 30, motivada pela paragem semestral da fábrica, uma vez que os níveis de *stock* das referências MTS não estavam a ser repostos. No final do projeto, o Nível de Serviço correspondente aos produtos produzidos na linha do plástico, revelou uma subida de 9,0% face ao valor da *baseline*, 89%, apresentando uma média de 97% nos últimos quatro meses. É expectável que o indicador atinja o objetivo definido de 98% num futuro muito próximo, quando todos os intervenientes nesta cadeia de valor estiverem completamente adaptados ao novo paradigma de planeamento em *pull*.

A Tabela 8 sintetiza os principais objetivos ao nível de indicadores de performance estabelecidos para o presente trabalho, bem como os resultados obtidos no final do mesmo. Apresenta ainda um resumo das principais causas que impactam negativamente cada KPI, que foram recolhidas ao longo do projeto.

Tabela 8 – Síntese dos objetivos definidos e resultados obtidos no presente trabalho.

KPI	Objetivo	Fórmula de cálculo	Baseline	Objetivo	Últimos 4m	Varição	Causas para o incumprimento do objetivo
<b>Nível de Serviço (NS)</b>	Analisar a capacidade de resposta da Empresa X às encomendas colocadas pelos clientes. Um Nível de Serviço de 100% significa que a empresa satisfaz todas as encomendas dos clientes no LT acordado e na quantidade certa.	$NS = \frac{V_i}{NV_i + V_i}$ <p><math>V_i</math> – quantidade total vendida  <math>NV_i</math> – quantidade que não se encontra disponível para satisfazer as encomendas dos clientes</p>	89%	98%	<b>97%</b>	<b>+9,0%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plano de produção incorreto</li> <li>▪ Alterações ao plano por falta de material</li> <li>▪ Incorreto <i>forecast</i> de vendas</li> <li>▪ Baixo nível de serviço dos fornecedores</li> <li>▪ Baixo OEE</li> <li>▪ Dimensionamento do supermercado desatualizado</li> <li>▪ Planeamento estratégico das referências desatualizado</li> <li>▪ Paragens para manutenção planeada</li> </ul>
<b>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</b>	Representar a eficiência da linha do plástico	$OEE = \frac{TR}{TD} \times \frac{QR}{QT} \times \frac{UQ}{UT}$ <p>TR – tempo de funcionamento real  TD – tempo de funcionamento disponível  QR – quantidade real de unidades  QT – quantidade teórica de unidades  UQ – unidades com qualidade  UT – total de unidades produzidas</p>	68%	75%	<b>74%</b>	<b>+8,8%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Paragens não planeadas</li> <li>▪ Intervenções para manutenção da linha demoradas</li> <li>▪ Mau sequenciamento de referências</li> <li>▪ Baixa qualidade do produto</li> </ul>
<b>Forecast accuracy de planeamento (FA<sub>P</sub>)</b>	Medir as alterações do plano face à primeira versão divulgada	$FA_P = 1 - \sum \frac{P_i - U_i}{U_i}$ <p><math>P_i</math> – quantidades planeadas produzir das referências i na primeira versão do plano  <math>U_i</math> – quantidades planeadas produzir na última versão do plano</p>	67%	90%	<b>93%</b>	<b>+38,8%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baixo nível de serviço dos fornecedores (falta de material)</li> <li>▪ Erros de planeamento</li> </ul>

Conforme identificado, anteriormente, na caracterização do problema (secção 2.4), a Empresa X – devido à sua forte presença a nível nacional e global – tem vindo a aumentar as suas vendas ao longo dos últimos anos. Este facto conduziu à necessidade de otimizar os processos da empresa para fazer face à redução do nível de serviço, provocada pela falta de capacidade da linha em responder ao aumento da procura. No seguimento do estudo realizado no capítulo da revisão da literatura, concluiu-se que diversos autores têm feito esforços no sentido de adaptar a filosofia *lean* às indústrias de processo. Dada a restrita flexibilidade dos sistemas produtivos característicos destas indústrias, torna-se fundamental garantir a otimização dos fluxos de materiais e informação ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Apesar de ainda não se verificar uma grande aplicação de metodologias *lean* em indústrias de processo, o caso de estudo da Empresa X apresenta uma estratégia de implementação íntegra de diversas ferramentas que permitiram implementar um novo sistema de planeamento baseado na filosofia *pull*, que permitiu à Empresa X alinhar a produção com o comportamento real do consumidor. O novo modelo de planeamento aumentou a sua capacidade de resposta à crescente procura verificada e permitiu alavancar a cadeia de valor da linha do plástico para um novo patamar de controlo, flexibilidade e excelência operacional. Conclui-se, desta forma, que a aplicação de ferramentas *lean* no planeamento de produção em indústrias de processo proporciona às empresas deste setor atingir resultados de sucesso e melhorar o nível de serviço ao cliente.



## 6 Conclusões do projeto e desenvolvimento futuro

---

Ao longo dos últimos anos, as indústrias de processo do setor alimentar têm verificado uma tendência de crescimento elevada, impulsionada pelo aumento de novos concorrentes no mercado, bem como, pelo aumento da procura. No entanto, o aumento da competitividade entre as empresas, motivada pela crescente exigência dos consumidores atuais, tem conduzido à necessidade de otimização dos fluxos de materiais e informação dentro das organizações. Neste contexto, a Empresa X, considerada uma das maiores produtoras de concentrado e polpa de frutas a nível global, tem ganho consciência da importância da atividade de planeamento de produção (PP) na obtenção de resultados que assegurem a competitividade e, conseqüentemente, um crescimento sustentado do negócio.

Para a resolução do problema da Empresa X, realizou-se uma revisão bibliográfica com o objetivo de estudar a evolução do conceito *lean* ao longo dos anos e analisar as ferramentas e metodologias utilizadas atualmente na implementação de estratégias de planeamento de produção. A metodologia *lean* tem sido apresentada como uma estratégia que permite alavancar a performance das empresas e aumentar a qualidade do serviço entregue ao consumidor final, através do aumento da produtividade das operações, da redução do lead time e dos custos. No entanto, verifica-se, ainda, a quase inexistência de artigos focados na implementação de ferramentas *lean* no PP em indústrias de processo. Como tal, o estudo desta problemática conduziu ao desenvolvimento de uma metodologia focada no desenho e implementação de um sistema de planeamento de produção, baseado no conceito *pull*, que vise superar os desafios, em particular, da Empresa X, mas também de outras indústrias com características similares.

Na EPATA I da metodologia é realizado o mapeamento do estado inicial (“*as is*”) onde são identificadas as áreas ou operações que apresentam ineficiências e oportunidades de melhoria. Seguidamente, na ETAPA II, é elaborado um mapa que reflete o estado futuro desejado (“*as should be*”), utilizado como base para o desenvolvimento do plano estratégico de implementação que incorpora a sequência de ações necessárias para dar suporte às mudanças propostas. Em conjunto com o desenho de soluções estimam-se os resultados expectáveis e são definidos os principais objetivos do projeto de melhoria de modo a avaliar o desempenho das soluções apresentadas, quando comparadas com os resultados em vigor na situação inicial. Por último, na ETAPA III, são implementadas as ações de melhoria no contexto real da empresa, com o objetivo de superar as os desafios enfrentados pela Empresa X.

Após a implementação de ferramentas como o SMED e o TPM, verificou-se uma diminuição de 35,7% do tempo médio de *setup*, bem como uma redução das avarias e de microparagens de 20% e 29%, respetivamente. Neste sentido, o indicador de performance da linha, OEE, aumentou 8,8% face ao seu valor inicial, o que significa um aumento de 8,8% na capacidade produtiva da linha, identificada como uma das principais limitações do problema em estudo, dado que a linha opera 24 horas por dia, durante todo o ano.

Com a implementação de um sistema de planeamento *pull* na cadeia de valor da linha do plástico, diminuiu-se o período de produção do conjunto de referências em 59%, que resulta numa diminuição do valor Every Part Every Interval (EPEI) de três meses para 37 dias. Além disso, com a implementação de um supermercado de produto acabado para as referências classificadas como MTS, estabeleceram-se

parâmetros e normas que permitem agora gerir o inventário e nivelá-lo consoante a procura real do cliente. O novo modelo de gestão do inventário proporcionou um aumento de 38,8% do indicador *forecast accuracy* de planeamento, que tem como objetivo monitorizar as alterações que surgem no plano de produção face à sua primeira versão divulgada. Desta forma, com a implementação do supermercado de PA verificou-se uma redução significativa das alterações ao plano, consideradas críticas uma vez que prejudicam gravemente a estabilidade das operações ao longo da cadeia de valor.

Adicionalmente, com esta alteração de paradigma, houve também a necessidade de definir uma nova estratégia de comunicação ao cliente. A nova estratégia conduziu a um aumento do número de clientes que passaram a enviar *forecast* mensal de procura, proporcionando um aumento da flexibilidade e capacidade de resposta da Empresa X às variações de procura dos clientes.

De forma a auxiliar todo o processo inerente ao planeamento de produção e elaboração do plano semanal, desenvolveu-se durante o projeto de melhoria uma ferramenta, denominada FAPP – Ferramenta de Apoio ao Planeamento de Produção –, que facilita todo o processo de tomada de decisão e permite à empresa analisar e partilhar a informação de modo mais eficiente.

Com a realização deste projeto e após a implementação das atividades de melhoria propostas, verificou-se um aumento do nível de serviço referente à linha do plástico de 9,0% face ao seu valor inicial, que se situava nos 89%. Atualmente, a Empresa X satisfaz, em média, 97% das encomendas colocadas pelos clientes na quantidade certa e no lead time acordado.

Relativamente aos resultados estabelecidos para o projeto, os indicadores nível de serviço e OEE não atingiram os objetivos inicialmente propostos, apesar dos seus aumentos significativos. Por outro lado, o KPI *forecast accuracy* de planeamento que ultrapassou o objetivo definido. Neste contexto, devido à limitação verificada ao nível de duração, apresentam-se de seguida algumas oportunidades de melhoria adicionais que deverão ser consideradas em desenvolvimentos futuros.

Em primeiro lugar é fundamental dar continuidade aos trabalhos desenvolvidos no decorrer do projeto de melhoria de forma a garantir que os resultados alcançados até ao momento possam ser amplificados no futuro. As atividades de aumento de eficiência da linha do plástico devem ser realizadas de forma cíclica para assegurar a melhoria contínua dos processos e operações. Além disso, a informação utilizada para a implementação do sistema *pull* deve ser atualizada ao longo do tempo para que os parâmetros definidos ao longo do processo acompanhem a evolução das condições mercado, bem como, das melhorias efetuadas ao nível da eficiência produtiva.

O âmbito do presente trabalho teve como principal foco a linha do plástico devido às suas restrições ao nível de capacidade. No entanto, como desenvolvimento futuro sugere-se que o trabalho apresentado ao longo da dissertação seja replicado, com as devidas adaptações, para as restantes linhas da fábrica: linha do vidro, linha da *Tetra Pak* e linha dos *pouches cryovac* (sacos). Com a implementação do sistema *pull* nas restantes linhas prevê-se a obtenção de resultados significativos no nível de serviço global da fábrica, uma vez que 18% das roturas verificadas correspondem à não venda de produtos destas linhas.

Adicionalmente, o âmbito do trabalho restringiu-se apenas ao processo de produção e gestão de inventário do produto acabado. No entanto, verificou-se no estudo da situação inicial que o processo de aquisição e gestão do inventário de matéria-prima e material de embalagem não é normalizado, comprometendo a estabilidade do planeamento de produção. Desta forma, torna-se relevante ampliar o sistema *pull* para montante da cadeia de abastecimento, e alargar este conceito ao processo de compra de MP e ME. Utilizando o método de implementação do supermercado de produto acabado na linha do plástico, esta metodologia pode ser também aplicada ao inventário que abastece a linha de produção. Além disso, a alteração na relação com os fornecedores pode proporcionar a introdução de um modelo *Just-in-Time* no abastecimento de materiais, conduzindo a uma redução significativa no *stock* no armazém e, consequentemente, a uma diminuição dos custos.

## Anexos

### Anexo A – Módulo da FAPP para gestão do supermercado de produto acabado

Artigo	Descrição	Formato	Velocidade	Estratégia ABC	Procura diária	LT reposição	Stock Virtual	NR	TL MTS	SS	TL Manual	Enc. MTO
32488LEB122	KETCHUP 275GR TOP UP	1	2600	MTS	1.494	26,1	51.879	47.163	55.296	8.205		
33966PDB122	KETCHUP PICANTE 290G	1	2600	MTO							-	-
32964ITB122	KETCHUP BIOLOGICO 290G	1	2600	MTS	2.055	26,5	59.173	65.747	76.032	11.358		
33131LEB122	KETCHUP 290G	1	2600	MTS	1.074	25,8	36.900	33.546	39.744	5.867		
32879GNB122	MOLHO PIZZA 280G	2	2000	MTS	1.025	26,0	35.435	32.214	37.921	5.616		
32640ITB122	KETCHUP 300 GR	2	2000	MTO							17.280	17.280
34573ITB122	KETCHUP 330 G	3	3200	MTO							-	-
32777ERB122	KETCHUP PICANTE 330GR	3	3200	MTO							-	-
32731ERB122	MOLHO 330GR	3	3200	MTS	514	25,3	16.114	14.649	19.008	1.653		
34134NTB122	MINI KETCHUP 330G	3	3200	MTO							43.104	43.104
33673ITB122	KETCHUP 330 GR	3	3200	MTS	1.728	26,0	55.542	50.493	63.936	5.560		
34120ALB122	PIZZA SAUCE 460G	4	3200	MTO							122.400	122.400
32568MSBA82	KETCHUP 465G	4	3200	MTS	1.790	26,0	57.615	52.377	66.240	5.760		
34124GNB122	KETCHUP ORGANICO 470G	5	4500	MTO							-	-
35309PRB122	KETCHUP BIO 470G	5	4500	MTO							-	-
33218ICBA82	KETCHUP BIOLOGIO 470G	5	4500	MTO							35.280	35.280
33414ESBA82	KETCHUP 465G	5	4500	MTO							13.440	13.440
32581MSB122	KETCHUP 470G	5	4500	MTS	3.617	26,5	118.204	107.458	133.824	11.637		
33859CPB122	KETCHUP TOP DOWN 470G	5	4500	MTS	2.955	26,2	95.694	86.994	109.344	9.508		
35102DKB122	KETCHUP BIO 470g	5	4500	MTO							18.816	18.816
35015SFB122	KETCHUP 470g	5	4500	MTO							14.688	14.688
35100DKB122	KETCHUP BIO 470G	5	4500	MTO							20.160	20.160
33220BRBA82	KECHUP 470G	5	4500	MTS	2.083	25,9	54.500	60.556	77.056	6.701		
33649CPB122	KETCHUP 470G	5	4500	MTS	2.029	25,8	64.847	58.952	75.072	6.528		
34547ASB122	KETCHUP 470G	5	4500	MTS	4.984	27,1	165.985	150.896	184.416	16.036		

32487LEB122	KETCHUP 564GR	6	4500	MTS	2.906	26,2	76.935	85.484	107.520	9.350		
33283LNB122	KETCHUP BIO 560G	6	4500	MTS	1.998	25,8	52.219	58.021	73.920	6.428		
32764ERB122	KETCHUP BASIC 560GR	6	4500	MTS	1.162	25,5	30.021	33.357	43.008	3.740		
32989NTB122	KETCHUP 560 GR NETTO	6	4500	MTS	1.235	25,5	39.027	35.479	45.696	3.974		
33068PDB122	KETCHUP TOPDOWN 560GR	6	4500	MTS	2.143	25,9	68.606	62.370	79.296	6.895		
32952ITB122	KETCHUP 560G	6	4500	MTS	1.344	25,6	42.537	38.670	49.728	4.324		
34150ICB122	KETCHUP 540GR	6	4500	MTS	1.280	25,5	33.126	36.807	47.376	4.120		
33637GNB122	KETCHUP 560G	6	4500	MTO							13.440	13.440
35002LNB122	KETCHUP BIO 560G	6	4500	MTO							8.064	8.064
34911BMB122	ORGANIC KETCHUP 560G	6	4500	MTO							-	-
32765ERB122	KETCHUP LIGHT 530G	6	4500	MTS	726	25,3	22.789	20.717	26.880	2.337		
33036ITB122	KETCHUP 530G	6	4500	MTS	690	25,3	21.638	19.671	25.536	2.221		
35363HSB122	SAUSAGES SAUCE 560 GR	6	4500	MTO							-	-
32486LEB122	KETCHUP 560GR	6	4500	MTS	1.780	25,7	56.685	51.532	65.856	5.727		
32364ITB122	KETCHUP 560 GR	6	4500	MTS	1.598	25,7	50.769	46.153	59.136	5.142		
33146ITB122	KETCHUP 560 GR	6	4500	MTO							-	-
34132AMB122	KETCHUP TOPDOWN 560G	6	4500	MTS	1.235	25,5	39.027	35.479	45.696	3.974		
33417DKB102	KETCHUP 560GR	6	4500	MTO							19.040	19.040
33091DKB102	KETCHUP 560GR	6	4500	MTS	2.904	26,2	93.959	85.418	107.440	9.343		
33860CPBA82	KETCHUP TOP DOWN 720G	7	3200	MTS	1.074	25,6	34.078	30.980	39.744	3.456		
34548ASBA82	KETCHUP 720G	7	3200	MTS	8.235	29,8	244.568	271.743	304.704	26.496		
35272ASBA82	KETCHUP 700G	7	3200	MTO							-	-
35187SRP383	KETCHUP 720G	7	3200	MTO							-	-
32763IRB062	KETCHUP 1000 GR	8	2800	MTO							-	-
34133NTB092	KETCHUP 1 KG	8	2800	MTS	1.738	26,2	56.267	51.152	64.321	5.687		-
33239MSB062	KETCHUP 1000 GR	8	2800	MTS	943	25,6	29.757	27.052	34.876	2.898		-
32540MSB062	KETCHUP 1000G	8	2800	MTS	2.049	26,4	54.545	60.605	75.816	6.593		
35079ICBA82	KETCHUP 970G	8	2800	MTO							10.240	10.240
33016ITB092	KETCHUP 1000GR	8	2800	MTS	838	25,6	26.515	24.104	30.996	2.695		
33947ASB122	KETCHUP 500G	9	4000	MTS	1.644	25,8	52.419	47.654	60.840	5.290		

# Anexo B – Módulo da FAPP com caixa de nivelamento

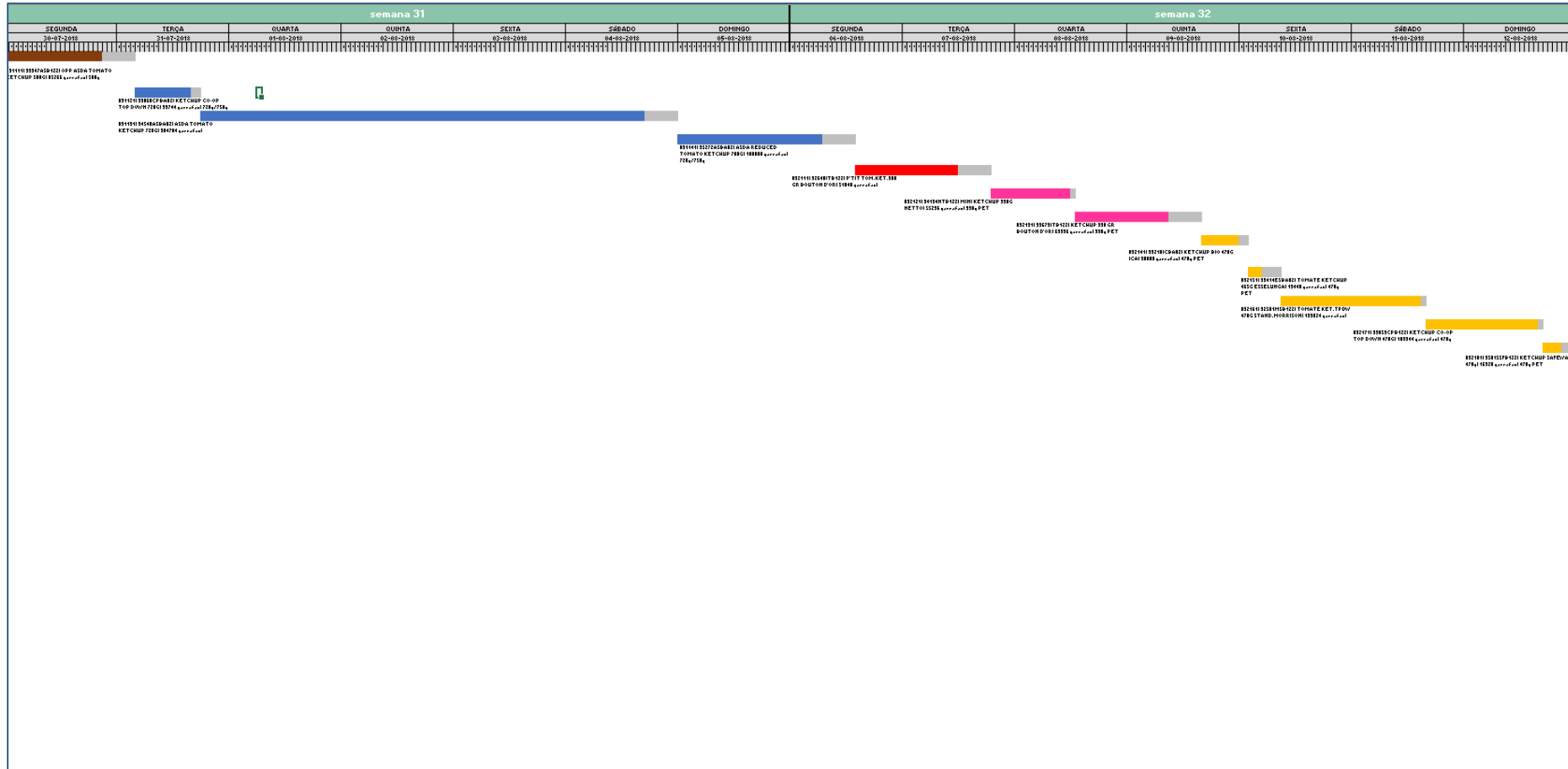


Figura B1 – Caixa de nivelamento para as semanas  $n + 1$  e  $n + 2$  (semanas fechadas).

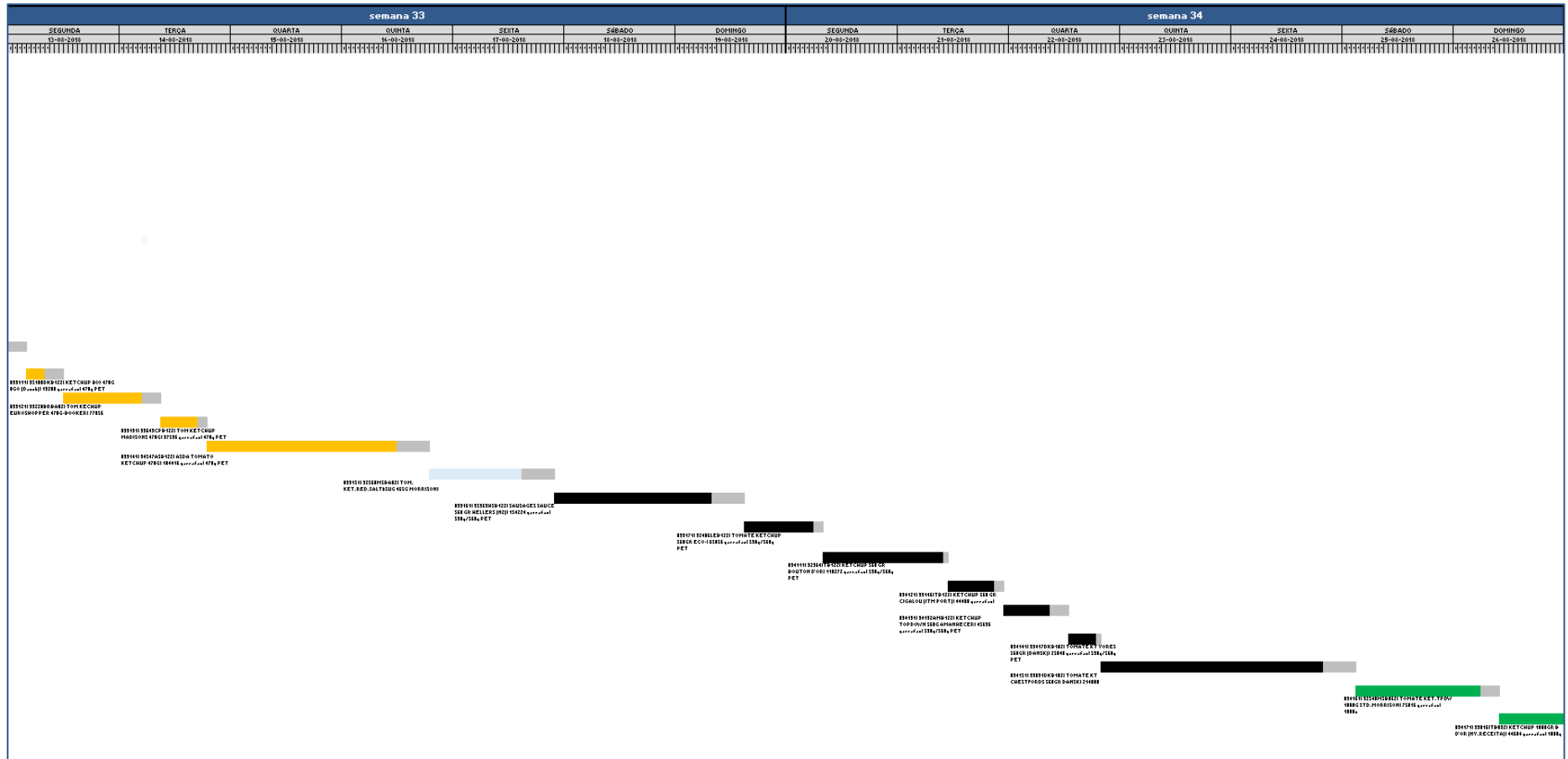


Figura B2 – Caixa de nivelamento para as semanas  $n + 3$  e  $n + 4$ .

## Bibliografia

---

- Abdullah, F. (2003). Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Process Industry with a Focus on Steel. Doctoral Dissertation, University of Pittsburgh.
- Abdulmalek, F. A., Rajgopal, J., e Needy, K. L. (2006). A Classification Scheme for the Process Industry to Guide the Implementation of Lean. *Engineering Management Journal*, 18: 15-25.
- Alcaraz, J.L.G., Maldonado, A. A., Iniesta, A. A., Robles, G. C. e Hernández, G. A. (2014). A systematic review/survey for JIT implementation: Mexican maquiladoras as case study. *Computers in Industry*, 65: 761-773.
- Allahverdi, A. e Soroush, H.M. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187: 978-984.
- Antonio, G., Bedolla, J. S. e Chiabert, P. (2017). A novel methodology to integrate Manufacturing Execution Systems with the lean manufacturing approach. *Procedia Manufacturing*, 11: 2243-2251.
- APICS (2016). Dictionary, 15th Edition.
- Bastas, A. e Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 181: 726-744.
- Baykoç, Ö. F., e Erol, S. (1998). Simulation modelling and analysis of a JIT production system. *International Journal of Production Economics*, 55: 203-212.
- Beemsterboer, B., Land, M. e Teunter, R. (2016). HybridMTO-MTS production planning: An explorative study. *European Journal of Operational Research*, 248: 453-461.
- Bicheno, J. e Holweg, M. (2009). The lean toolbox: The essential guide to lean transformation, *Picsie Books*.
- Bohnen, F., Maschek, T. e Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4: 247-251.
- Brox, J. A., e Fader, C. (2002). The set of just-in-time management strategies: an assessment of their impact on plant-level productivity and input-factor substitutability using variable cost function estimates. *International Journal of Production Research*, 40: 2705-2720.
- Camacho-Vallejo, J.-F., Muñoz-Sánchez, R. e González-Velarde, J. L. (2015). A heuristic algorithm for a supply chain's production-distribution planning. *Computers & Operations Research*, 61: 110-121.
- Caputi, P., Coltman, T., e Alony, I. (2011). Informing implementers of lean strategy in process industries-the central role of schedulers. *Issues in Informing Science & Information Technology*, 8: 335-349.
- Carvalho, M., Pinto-Varela, T., Barbosa-Póvoa, A. P., Amorim, P. e Almada-Lobo, B. (2015). Optimization of Production Planning and Scheduling in the Ice Cream Industry. *Computer Aided Chemical Engineering*, 37: 2231-2236.



- Chen, J. C., Li, Y., e Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48: 1069-1086.
- Chu, Y., You, F., Wassick, J. M. e Agarwal, A. (2014). Integrated planning and scheduling under production uncertainties: Bi-level model formulation and hybrid solution method. *Computers and Chemical Engineering*, 72: 255-272.
- Cusumano, M. A., 1985. The Japanese automobile industry: Technology and management at Nissan and Toyota (No. 122). *Harvard University Press*.
- Deisenroth, R. (2014). Optimisation set-up times: increasing in efficiency by lean methods and MES. *Productivity Management*, 19: 53-55.
- Dennis, P. (2002). *Lean Production Simplified*, Productivity Press.
- Deshkar, A., Kamle, S., Giri, J. e Korde, V. (2018). Design and evaluation of a Lean Manufacturing framework using Value Stream. *Materials Today: Proceedings*, 5: 7668-7677.
- Dickie, H. F. (1951). ABC Inventory Analysis Shoots for Dollars not Pennies. *Factory Management and Maintenance*, 109: 92-94.
- Eivazy, H., Rabbani, M. e Ebadian, M. (2009). A developed production control and scheduling model in the semiconductor manufacturing systems with hybrid make-to-stock/make-to-order products. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45: 968-986.
- Fauza, G., Amer, Y., Lee, S. H. e Prasetyo, H. (2015). An inventory model of production-inventory policy for food products considering quality loss in raw materials. *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 910-914.
- Floyd, R. C. (2010). *Liquid lean: developing lean culture in the process industries*. CRC Press.
- Fritsche, R. (2011). Reducing set-up times for improved flexibility in high-mix low-volume electric drives production. *2011 Electric Drives Production Conference Proceedings*.
- Gandhi, M. K. e Singh, A. K. (2016). Reduction of Setup Time by Implementation of SMED Methodology. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2: 390-392.
- Gansterer, M., Almeder, C. e Hartl, R. F. (2014). Simulation-based optimization methods for setting production planning parameters. *International Journal of Production Economics*, 151: 206-213.
- Garrido, J., Pasquire C. e Thorpe, T. (2009). Value in Construction from a Lean Thinking Perspective: Current State and Future Development. *Proceedings of the 17th International Group for Lean Construction Conference*.
- Golmohammadi, D. (2015). A study of scheduling under the theory of constraints. *International Journal of Production Economics*, 165: 38-50.

- Görener, A., Başer, H. e Türkyılmaz, A. (2013). Lean Production Applications in a Manufacturing Company. *International Journal of Research in Business and Social Science*, 2: 2147-4478.
- Graupp, P., e Wrona, R. J. (2006). The Twi Workbook: Essential Skills for Supervisors. *Productivity Press*.
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 15: 404-417.
- Empresa X. (2018). Site da Empresa X, acessado a 27 de abril de 2018.
- Günalay, Y. (2011). Efficient management of production-inventory system in a multi-item manufacturing facility: MTS vs. MTO. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54: 1179-1186.
- Guo, C., Guan, Z., Chen, Y. e Li, L. (2015). Optimization of Production System Based on Lean Thinking. *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 8: 405-416.
- Hernández, J.E, Mula, J. e Ferriols, F.J. (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. *Production Planning & Control*, 19: 725-734.
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27: 233-249.
- Hines, P., Holweg, M., e Rich, N. (2004). Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24: 994-1011.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal Operations Management*, 25: 420-437.
- Hopp, W. J., e Spearman, M. L. (2008). Factory physics (2<sup>nd</sup> Edition). *McGraw-Hill*.
- Huang, H.-W., Wu, S.-J., Lu, J.-K., Shyu, Y.-T. e Wang, C.-Y. (2017). Current status and future trends of high-pressure processing in food industry. *Food Control*, 72: 1-8.
- Huttmeir, A., Treville, S., Ackere, A., Monnier, L. e Prenninger, J. (2009). Trading off between Heijunka and just-in-time sequence. *International Journal of Production Economics*, 118: 501-507.
- Imai, M. (2012). Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy (2<sup>nd</sup> Edition). *McGraw Hill*.
- Jeong, B. K. e Yoon, T. E. (2016). Improving It Process Management Through Value Stream Mapping Approach: A Case Study. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 13: 389-404.
- Johnson, G., Whittington, R., Scholes, K., Angwin, G. e Régner, P. (2014). Exploring Strategy (10<sup>th</sup> Edition). *Pearson Education*.
- Jones, D.T. (2006). Heijunka: leveling production (lean production system). *Manufacturing Engineering*, 137: 29-36.
- Jonsson, P., e Mattsson, J. (2006). A Longitudinal Study of Material Planning Applications in Manufacturing Companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 26: 971-995.

- Kaizen Institute. (2018). Site do Kaizen Institute Portugal, <http://pt.kaizen.com/home/>, acessado a 11 de maio de 2018.
- Kallrath, J. (2002). Planning and scheduling in the process industry. *OR Spectrum*, 24: 219-250.
- Kaminsky, F. e Kaya, O. (2009). Combined make-to-order/make-to-stock supply chains. *IIE Transactions*, 41: 103-119.
- King, P. L. (2009). Lean for the process industries. *New York*.
- Korytkowski, P., Grimaud, F. e Dolgiu, A. (2014). Exponential smoothing for multi-product lot-sizing with heijunka and varying demand. *Management and Production Engineering Review*, 5: 20-26.
- Lee, H.L., Padmanabhan, V. e Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chains. *Sloan Management Review*, 38: 93-102.
- Lehtinen, U. e Torkko, M. (2005). The Lean Concept in the Food Industry: A Case Study of Contract a Manufacturer. *Journal of Food Distribution Research*, 36: 57-67.
- Li, X. (2014). A literature review on value stream mapping with a case study of applying value stream mapping on research process. *Texas A&M University*.
- Liang, C. C. (2013). Smart inventory management system of food-processing-and-distribution industry. *Procedia Computer Science*, 17: 373-378.
- Liker, J.K., (2004). *The Toyota Way*, McGraw-Hill.
- Liu, J., Liao, X., Zhao, W. e Yang, N. (2016). A classification approach based on the outranking model for multiple criteria ABC analysis. *Omega*, 61: 1-16.
- Lozano, J., Saenz-Díez, J. C., Martínez, E., Jiménez, E. e Blanco, J. (2017). Methodology to improve machine changeover performance on food industry based on SMED. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90: 3607-3618.
- Lyons, A. C., Vidamour, K., Jain, R. e Sutherland, M. (2013). Developing an understanding of lean thinking in process industries. *Production Planning & Control*, 24: 475-494.
- Mahajan, M. (2015). Consumerism: A Globalization Concept. *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 9: 245-248.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83: 662-673.
- Muchiri, P. e Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46: 3517-3535.
- Naboureh, K. e Safari, E. (2016). Integrating the sequence dependent setup time open shop problem and preventive maintenance policies. *Decision Science Letters*, 5: 535-550.

- Nagib, A. N. M., Adnan, A. N., Ismail, A., Halim, N. H. A. e Khusaini, N. S. (2016). The Role of Hybrid Make-to-Stock (MTS) – Make-to-Order (MTO) and Economic Order Quantity (EOQ) Inventory Control Models in Food and Beverage Processing Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM. *Productivity Press*.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., e Hayati, N. (2012). Development of kanban system at local manufacturing company in Malaysia-Case study. *Procedia Engineering*, 41: 1721-1726.
- Noroozi, S. e Wikner, J. (2017). Sales and operations planning in the process industry: A literature review. *International Journal of Production Economics*, 188: 139-155.
- Nowotyńska, I. (2013). An Application of XYZ Analysis in Company Stock Management. *Modern Management Review*, 20: 77-86.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System, *New York*.
- Orsato, R. J. e Wells, P. (2007). U-turn: the rise and demise of the automobile industry R.J. *Journal of Cleaner Production*, 15: 994-1006.
- Packowski, J. (2014). LEAN Supply Chain Planning: The New Supply Chain Management Paradigm for Process Industries to Master Today's VUCA World. *CRC Press*.
- Parry, G. e Graves, A. (2008). Build To Order: The Road to the 5-Day Car, *Springer*.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21: 127-142.
- Pool, A., Wijngaard, J., e Van der Zee, D.-J. (2011). Lean planning in the semi-process industry, a case study. *International Journal of production economics*, 131: 194-203.
- Powell, D., Alfnes, E., e Semini, M. (2010). The application of lean production control methods within a process-type industry: the case of hydro automotive structures, *Springer*.
- Ptak, C.A. e Schragenheim, E. (2003). ERP: Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain (2<sup>nd</sup> Edition). *CRC Press*.
- Rewersa, P., Hamrola, A., Żywickia, K., Bożekb, M. e Kulusb, W. (2017). Production Leveling as an Effective Method for Production Flow Control – Experience of Polish Enterprises. *Procedia Engineering*, 182: 619-626.
- Salehi, F. e Yaghtin, A. (2015). Action Research Innovation Cycle: Lean Thinking as a Transformational System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 181: 293-302.
- Sangeetha, N., Sivakumar, B. e Arivarignan, G. (2015). Optimal control of production time of perishable inventory system with finite source of customers. *Opsearch* 52: 412-430.

- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C. e Bergmann, J. (2001). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61: 445-451
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C. e Bergmann, J. (2011). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61: 445-451.
- Shah, D. e Patel, P. (2018). Productivity Improvement by Implementing Lean Manufacturing Tools In Manufacturing Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5: 3794-3798.
- Shingo, S. (1985). A revolution in manufacturing: the SMED system. *Productivity Press*.
- Soman, C. A., Van Donk, D. P. e Gaalman, G. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, 90: 223-235.
- Spenhoff, P., Semini, M., Alfnes, E., e Strandhagen, J. O. (2013). Investigating the Fit of Planning Environments and Planning Methods, the Case of an Automotive Part Manufacturer. *Paper presented at the International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*.
- Sproedt, A., Plehn, J., Schonsleben, P. e Herrmann, C. (2015). A simulation-based decision support for eco-efficiency improvements in production systems. *Journal of Cleaner Production*, 108: 169-182.
- Steinfort, P. (2017). Community and post-disaster Program Management Methodology. *International Journal of Project Management*, 35: 788-801.
- Stevenson, M., Hendry, L. C. e Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International Journal of Production Research*, 43: 869-898.
- Stojanović, M. e Regodić, D. (2017). The Significance of the Integrated Multicriteria ABC-XYZ Method for the Inventory Management Process. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14.
- Vachon, S., Halley, A. e Beaulieu, M. (2009). Aligning Competitive Priorities in the Supply Chain: The Role of Interactions with Suppliers. *International Journal of Operations & Production Management*, 29: 322-340.
- Vollmann, T.E., Berry, W.L., Whybark, D.C. e Jacobs, F.R. (2005). Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management (5<sup>th</sup> Edition). *McGraw-Hill*.
- Womack, J. P., e Jones, D. T. (2004). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. *Simon and Schuster*.
- Womack, J. P., Jones, D. T., e Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production, *HarperCollins Publishers*.

Zhang, Q., Abbas, J., Zhu, X. e Shah, M. (2012). Critical Success Factors for Successful Lean Six Sigma Implementation in Pakistan. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4: 117-124.