



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Faculdade de Engenharia

# **Aplicação do Lean Manufacturing e proposta de uma Linha Robotizada numa empresa de rações agropecuárias**

**Miguel José Dias Neves**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professora Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo

**Covilhã, outubro de 2018**



# AGRADECIMENTOS

No decorrer deste trabalho de final de curso, são poucas as palavras que se podem resumir neste agradecimento.

Este trabalho final de curso, é especial, pois deu-me liberdade para aplicar conceitos aprendidos durante a formação que obtive durante estes anos, assim ao longo deste percurso pretendo agradecer a todos os que de alguma forma fizeram parte deste trabalho, como os que apoiaram o maior sucesso deste trabalho, nomeadamente:

À minha orientadora, Professora Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo, que sempre demonstrou disponibilidade e ajuda com sugestões e sabedoria, para me conduzir a um bom resultado.

À Tânia Seabra, por toda a paciência, disponibilidade e sugestões fornecidas ao longo deste trabalho.

A todos os meus amigos, em especial, aos da Universidade da Beira Interior, por percorrerem este caminho fantástico ao meu lado e por nunca deixarem de apoiar os meus sonhos e objetivos.

A toda a minha família, em especial os meus pais, pelo enorme esforço e dedicação que disponibilizaram para eu chegar a este momento.

Agradeço à empresa Tecnipec, nomeadamente ao chefe de fábrica, o Sr. Túlio Sousa pela disponibilidade e sabedoria dos processos técnicos aplicados neste trabalho.

Agradeço ao Paulo e Mário Moreira, pela ajuda disposta que esteve na origem deste trabalho.

Por fim, agradeço à pessoa que partiu cedo de mais.



# Resumo

Numa sociedade cada vez mais competitiva, é necessário que as empresas apostem em meios sustentados e abrangentes de forma a conseguirem a melhoria dos seus processos produtivos.

Uma das metodologias utilizadas é a filosofia Lean, que tem como objetivo ampliar o valor do consumidor e minimizar os desperdícios gerados pela produção.

De acordo com a empresa analisada (Tecnipec, Serviços Pecuários S.A.), a paletização é um processo fundamental para a expedição de produtos acabados que consiste na metodologia e organização de produtos em paletes. Esses produtos são dispostos de forma a criar uma estrutura coerente e estável, para que, quando transportada, a palete mantenha todas as propriedades e estes cheguem nas melhores condições junto dos clientes da empresa. Com a crescente evolução dos métodos e novas tecnologias, mais especificamente a automação e robótica industrial, a sua conjugação torna cada vez mais eficiente e rápido este processo, reduzindo-se custos desnecessários.

Neste sentido, o presente documento tem como principal objetivo proceder a um estudo exploratório sobre a aplicação da filosofia Lean e algumas das suas ferramentas para uma melhoria contínua dos processos e a sugestão de implementação de uma linha robotizada de paletização.

**Palavras-chave:** filosofia Lean, paletização, automação industrial e robótica.



# Abstract

In an increasingly competitive society, it is necessary that companies bet on sustained and comprehensive means to achieve the improvement of their productive processes.

One of the methodologies used is the Lean philosophy, which aims to increase the value of the consumer and minimize the waste generated by the production.

According to the company analyzed (Tecnipeç, Serviços Pecuários S.A.), palletizing is a fundamental process for the dispatch of finished products that consists of the methodology and organization of products on pallets. These products are arranged to form a coherent and stable structure so that, when transported, the pallet maintains all properties, and these arrive in the best conditions with the company's customers. With the increasing evolution of methods and new technologies, more specifically automation and industrial robotics, their combination makes this process increasingly efficient and fast, reducing unnecessary costs.

In this sense, this document has as main objective to carry out an exploratory study on the application of the Lean philosophy and some of its tools for a continuous improvement of the processes and the suggestion of implementation of a robotized line of Palletizing.

**Key words:** Lean philosophy, palletizing, industrial automation and robotics.



# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
Resumo .....	v
Abstract .....	vii
ÍNDICE.....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE ACRÓNIMOS .....	xvii
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo e contribuição da dissertação.....	2
1.2. Visão geral e organização do documento.....	3
<b>2. Revisão de literatura.....</b>	<b>4</b>
2.1. Automatização industrial.....	4
2.1.1. Robotização.....	4
2.1.2. Automação industrial.....	7
2.1.3. Robótica industrial vs Automação industrial.....	8
2.2. Pensamento Lean Manufacturing .....	9
2.2.1. Caracterização.....	9
2.2.2. Princípios Lean.....	10
2.2.3. Os oito desperdícios do Lean Manufacturing.....	11
2.2.4. Ferramentas Lean .....	13
2.2.4.1. 5's.....	13
2.2.4.2. Value Stream Mapping - VSM.....	14
2.2.4.3. Diagrama de Spaguetti.....	18
2.2.4.4. SMED.....	19
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>20</b>
3.1. Análise de dados.....	20
<b>4. Estudo de caso .....</b>	<b>22</b>
4.1. Descrição da empresa e do processo produtivo.....	22
4.2. Identificação do problema.....	25
4.3. Identificação de desperdícios .....	26

4.4.	Aplicação de ferramentas Lean .....	28
4.4.1.	Diagrama de Spaguetti .....	28
4.4.2.	SMED .....	31
4.4.2.1.	Set-up interno .....	31
4.4.2.2.	Set-up externo .....	33
4.4.2.3.	Set-up Times.....	34
4.4.3.	Aplicação do VSM: Análise de produção .....	35
4.4.3.1.	Identificação de desperdícios e proposta de ações de melhoria .....	37
4.4.3.2.	Análise do VSM futuro .....	39
4.5.	Proposta de solução: Linha Robotizada.....	41
4.5.1.	Processo de paletização.....	42
4.5.1.1.	Paletização de sacas.....	42
4.5.2.	Processo de paletização robotizada.....	44
4.5.2.1.	Robô e controlador.....	45
4.5.3.	Processo fluído e eficiente .....	47
4.6.	Melhoramento de layout e linha robotizada.....	48
4.6.1.	Análise de futuro - Layout de linha Robotizada:.....	50
5.	<b>Análise de resultados e discussão .....</b>	<b>54</b>
6.	<b>Conclusões .....</b>	<b>56</b>
6.1.	Sugestões de trabalhos futuros .....	57
7.	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>58</b>
8.	<b>Anexos .....</b>	<b>61</b>



# LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Johnny Carson a dar as boas-vindas ao Unimate no Tonight show .....	5
<b>Figura 2.</b> Instalação de plantas "Unimate" .....	5
<b>Figura 3.</b> Encoder .....	6
<b>Figura 4.</b> Marcos cronológicos da robótica industrial .....	7
<b>Figura 5.</b> Gráfico de análise dos custos por unidade face ao volume de trabalho .....	8
<b>Figura 6.</b> Oito desperdícios.....	12
<b>Figura 7.</b> 5's .....	14
<b>Figura 8.</b> Exemplo de VSM .....	15
<b>Figura 9.</b> Simbologia do VSM .....	17
<b>Figura 10.</b> Exemplo de um diagrama de Spaguetti .....	18
<b>Figura 11.</b> Exemplo de SMED (Pit stop de F1) .....	19
<b>Figura 12.</b> Exemplo de linha de misturação e granulação .....	23
<b>Figura 13.</b> Exemplo de linha de enchimento 5 kg .....	23
<b>Figura 14.</b> Exemplo de linha de enchimento 30 kg .....	23
<b>Figura 15.</b> Diagrama de fabrico de linha de bovinos .....	24
<b>Figura 16.</b> Fluxograma de atividades da linha 1 .....	24
<b>Figura 17.</b> Silo de armazenamento de matéria-prima .....	27
<b>Figura 18.</b> Paletizadora convencional .....	27
<b>Figura 19.</b> Planta da unidade fabril .....	29
<b>Figura 20.</b> Diagrama de Spaguetti atual .....	30
<b>Figura 21.</b> Granuladora Buhler DPCB .....	32
<b>Figura 22.</b> Gancho porta-carga de molde .....	32
<b>Figura 23.</b> Desmontagem da matriz .....	32
<b>Figura 24.</b> Perno de montagem .....	32
<b>Figura 25.</b> Quadro sombra de ferramental (Gestão visual) .....	33
<b>Figura 26.</b> VSM atual aplicado à linha 1 .....	36

<b>Figura 27.</b> VSM com identificação de desperdícios e ações de melhoria .....	38
<b>Figura 28.</b> VSM futuro .....	40
<b>Figura 29.</b> Exemplo de linha robotizada de paletização .....	41
<b>Figura 30.</b> Ilustração do processo de paletização/ despaletização .....	42
<b>Figura 31.</b> Layer 1 sacas 30 kg .....	43
<b>Figura 32.</b> Layer 2 saca 30 kg .....	43
<b>Figura 33.</b> Layer 1 sacas 5 kg .....	43
<b>Figura 34.</b> Layer 2 sacas 5 kg .....	43
<b>Figura 35.</b> Bagripper .....	44
<b>Figura 36.</b> Chain conveyor .....	44
<b>Figura 37.</b> Controlador .....	45
<b>Figura 38.</b> Braço-robô antropomórfico .....	46
<b>Figura 39.</b> Especificação de IRB 660/3.15 .....	46
<b>Figura 40.</b> Braço robotizado de IRB 660/3.15 .....	46
<b>Figura 41.</b> Transportador redler .....	49
<b>Figura 42.</b> Transportador de fuso (sem-fim) .....	49
<b>Figura 43.</b> Máquina de etiquetagem .....	49
<b>Figura 44.</b> Transportador de tela .....	49
<b>Figura 45.</b> Célula robotizada com magazine de paletes .....	49
<b>Figura 46.</b> Paletizador PLC .....	49
<b>Figura 47.</b> Esquema de posicionamento no layout da linha robotizada: Proposta 1 .....	50
<b>Figura 48.</b> Esquema de posicionamento no layout da linha robotizada: Proposta 2 .....	52



# LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Setup interno .....	34
<b>Tabela 2.</b> Setup externo .....	34
<b>Tabela 3.</b> Totais de setup SMED .....	34



# LISTA DE ACRÓNIMOS

**CPS** - *Cyber Physical System*

**C/T** - *Cycle time*

**GM** - *General Motors*

**JIT** - *Just-in-time*

**M2M** - *Machine to Machine*

**SMED** - *Single-Minute Exchange of Die*

**TPS** - *Toyota Production System*

**TT** - *Takt-time*

**VA** - *Value-added*

**VSM** - *Value Stream Mapping*



## 1. Introdução

Ao longo do tempo, os mercados têm vindo a ser cada vez mais competitivos. Neste sentido, as empresas adotam novas estratégias e filosofias de forma a reinventarem-se e a extraírem as maiores vantagens, de modo a ultrapassarem os vários obstáculos que encontram. Uma das filosofias em destaque através da sua popularidade e histórias de sucesso num mundo empresarial é a filosofia Lean. Esta filosofia foi desenvolvida através das dificuldades que a empresa Toyota sentiu em momentos de crise, conseguindo promover um crescimento sustentável e contínuo (Behrouzi & Wong, 2011).

Apesar da implementação de algumas ferramentas e filosofias Lean para beneficiar as organizações, atualmente as otimizações dos processos produtivos ficam aquém da capacidade, pois existem outros fatores que se devem ter em conta para que uma empresa seja um exemplo de sucesso.

A qualidade e condições no local de trabalho são fatores fundamentais para um bom funcionamento do processo produtivo. Apesar do esforço em controlar estes fatores, como através de programas direcionados aos trabalhadores e locais de trabalho, as lesões desenvolvidas relacionadas com o trabalho ainda continuam a ser muitas (Waters, Putz-Anderson, & Garg, 1994).

Especificamente, as empresas com menor capacidade têm dificuldades com a introdução destas ferramentas devido ao alto investimento e custos que estas acarretam. Atualmente, poucas são as ferramentas implementadas previamente configuradas e adequadas aos processos produtivos específicos de cada empresa, o que leva a resultados insuficientes ou pouco satisfatórios para o mercado nacional (Martins, 2012).

Com isto, o mercado atual pressiona as empresas a optar por ferramentas de fácil acesso com custos reduzidos e de fácil implementação. Este é um passo adotado frequentemente por empresas de pequena ou média dimensão para começarem a introduzir filosofias e ferramentas de gestão empresarial já há muito interiorizadas nas empresas de grande dimensão, como exemplo, a ferramenta 5's, Value Stream Mapping (VSM), entre outras.

Desenvolver o mercado local destas pequenas ou médias empresas com ferramentas Lean de fácil acesso e com recurso à automação e robotização industrial específica, promoverá na economia local um crescimento sustentado e uma interação mais eficaz com os mercados adjacentes.

Nos dias de hoje, cada vez mais empresas de carácter produtivo recorrem à tecnologia da automação e robotização disponível no mercado, o que lhes permite inovar. Conjugando estas áreas com a filosofia e ferramentas Lean, permite-lhes serem mais competitivas no mercado em que estão inseridas. Estas melhoram as suas linhas de produção, recorrendo a sistemas combinados de robotização, automação industrial e metodologias Lean, e com isto melhoram os seus ciclos produtivos, a sua resposta ao mercado e elevam a qualidade dos seus produtos. É um facto, que nos dias de hoje e com a exigência requerida, muitas das empresas não conseguiriam responder às necessidades, nem manter os níveis de qualidade, se os produtos não fossem manipulados por robôs na produção. Sendo esta uma área de ciclos e de cargas repetitivas e extremas, as zonas de paletização podem ser um foco de desenvolvimento de lesões e de decréscimo de rendimento dos operadores.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é a sugestão de implementação de uma linha robotizada com auxílio de ferramentas Lean que permita um sistema eficiente de paletização em linhas de enchimento de embalagens.

### **1.1. Objetivo e contribuição da dissertação**

A dissertação surge da necessidade de um estudo de implementação de uma linha robotizada com auxílio de ferramentas Lean na paletização para a empresa Tecnipec, Serviços Pecuários S.A., que procura um sistema eficiente de paletização das suas três linhas de enchimento de embalagens na sua unidade fabril de Montalvo. Com isto, alcançaremos um conjunto de soluções de conjugar novas tecnologias e processos mais eficazes, de forma a aumentar os seus níveis produtivos para que conquiste o seu espaço no mercado de rações e farinhas de alimentação pecuária.

Atualmente todos os processos intervenientes às embalagens dos produtos e posteriormente a sua paletização são processos dependentes de mão humana, realizados pelos operadores de linhas de enchimento e paletização. Na ideia de alterar este processo moroso e desgastante, neste documento apresenta-se o desenvolvimento do estudo da implementação de uma linha robotizada utilizando um manipulador industrial de grande capacidade com a missão de criar a paletização de sacas de várias linhas de enchimento, e também como os vários tamanhos de embalagens produzidas.

A solução apresentada irá distinguir-se do que existe atualmente neste tipo de setor (rações pecuárias), ao permitir uma célula robotizada para criar paletizações variáveis e com flexibilidades de *setup* de linha.

## 1.2. Visão geral e organização do documento

A organização geral da dissertação decorre do geral para o específico, de modo a facilitar a compreensão dos assuntos expostos, estendendo-se por 6 capítulos conforme o assunto abordado.

O capítulo atual, Capítulo 1 Introdução, apresenta uma primeira abordagem do tema que rege o conteúdo da dissertação, nomeadamente, o enquadramento dos termos relacionados com a eficiência e o contexto geral no âmbito industrial, como também fatores de melhoria de processos e implementação de filosofias de apoio a produção.

O capítulo conta também, com a descrição dos objetivos pretendidos e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2, apresenta a revisão de literatura com foco nas tecnologias disponíveis e emergentes no mercado, para apoio à indústria e um conjunto de ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing* que servem de apoio para a gestão empresarial. Explicita também, as capacidades iterativas e o futuro tecnológico de apoio à indústria.

Capítulo 3, centra-se na metodologia adotada neste trabalho, Investigação-Ação, de modo a conduzir o estudo de maneira correta e de acordo com o pretendido.

Capítulo 4, aborda a organização em que ocorreu a obtenção de dados para o presente documento, como as implementações de ferramentas *Lean Manufacturing* e *proposta de melhoria no seu processo de produção*.

Capítulo 5, analisa os resultados obtidos pelas ferramentas implementadas, e as futuras proposta de melhoria.

Capítulo 6, avalia-se os objetivos traçados para esta dissertação, mostrando quais as vantagens decorrentes do trabalho desenvolvido, e deixam-se propostas para investigação futura.

Capítulo 7, Bibliografia

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Automação industrial

#### 2.1.1. Robotização

Desde o início dos tempos, o Homem tende a procurar utensílios e ferramentas que possam garantir de forma mais rápida e eficaz o seu sucesso.

O termo “robot”, advém de uma simbologia checa que denomina “operário”, e foi implementado por K. Capek em 1923 que mostra uma sociedade que luta contra os operários automatizados.

O termo robótica surge com maior ênfase com o escritor Isaac Asimov, na sua literatura de ficção científica inspirada em cientistas e engenheiros que desenvolveram os inícios dos robôs industriais (Grau, Indri, Bello, & Sauter, 2017).

Já Issac Asimov na sua ficção nos anos 40 e 50 descreve o que vem a ser uma conduta das principais leis da robótica no seu conto “Eu, Robot”:

- 1- Um robot não pode fazer mal a um ser humano nem, por omissão permitir que algum mal lhe aconteça;
- 2- Um robot deve obedecer às ordens dos seres humanos, exceto quando estas vão contrariar a primeira lei;
- 3- Um robot deve proteger a sua integridade física, desde que com isso não contrarie as duas leis anteriores.

O robot é associado a objetos mecânicos ou máquinas controladas por um programa. Um dispositivo reprogramável e multifuncional capaz de manipular ou transportar vários materiais através de programas variados de performance e de tarefas complexas (Clarke, 1993).

Com o salto tecnológico e a procura por maximizar o tempo e a produtividade dos produtos durante os conflitos mundiais, desperta o interesse de criar mecanismos auxiliares à produção capazes de preencher lacunas nos processos produtivos. A robótica passa a oferecer benefícios como a alta confiabilidade, precisão e velocidade de operação. Os baixos custos que representam a longo prazo as máquinas computadorizadas podem resultar num aumento direto

de produtividade particularmente em tarefas cujos trabalhos a desenrolar envolvem grandes variabilidades do panorama geral.

Os seres humanos podem ser aliviados das suas tarefas produtivas de alto risco e resguardar a sua condição física e psicológica. Com isto, as suas capacidades podem ser adaptadas a tarefas em ambientes perigosos, tais como: a alta pressão (águas profundas), baixa pressão (espaço), altas temperaturas (fundições), baixas temperaturas (polos polares ou gases líquidos) e objetos com elevada radioatividade (Clarke, 1993).

Segundo Grau (et al., 2017), essa época será o momento do nascimento da terceira revolução industrial. Em 1959 George Devol e J. Engelberger desenvolveram o primeiro robot industrial, apresentando-se robusto (com mais de duas toneladas) e controlado por um tambor magnético que continha um programa que comandava atuadores hidráulicos e juntas programáveis.

Desde os primeiros protótipos a General Motors (GM) tem se mostrado líder na implementação e desenvolvimento de tecnologia na área da robótica através da sua colaboração inicial com Joseph Engelberger, no ano de 1961. Naquele ano, a GM tomou-se a primeira fabricante de componentes automobilísticos e outros a usar robots na sua construção. Neste caso, é introduzido o robot “Unimate” numa fábrica de montagem de componentes. Hoje a GM já dispõe de um parque robotizado com mais de 25.000 unidades a desempenhar tarefas (Diftler et al., 2011).



**Figura 1.** Johnny Carson a dar as boas-vindas ao Unimate no Tonight show

O “Unimate” foi instalado na linha de produção da GM na Fábrica de Ternstedt em Trenton, NJ, e teria a função de fazer pegas de portas e janelas de carros, montagem de engrenagens, e outros equipamentos passo-a-passo obedecendo aos comandos guardados no tambor magnético (Grau et al., 2017).



**Figura 2.** Instalação de plantas “Unimate”

Nas últimas décadas os robots manipuladores têm vindo a sofrer uma grande atualização e desenvolvimento. Os atuadores, transmissão e até a complexidade das garras e pinças elevam os robots a um grau de eficácia e velocidade nunca visto. A mais simples tarefa pode ser executada de forma sensorial básica, como também pode ir aos modelos tridimensionais e de alta tecnologia que apresentam os elementos mais indispensáveis para reunir a informação e oferecer um conjunto de dados para o robot ter uma perceção sobre o trabalho que está a desempenhar no ambiente envolvente. No entanto, segundo Kormushev, Demiris e Caldwell (2015), o resultado da evolução dos robots modernos, tem como base movimentos cinemáticos e dinâmicos de corpos rígidos sobre articulações (semelhante a um braço humano), que são movimentos medidos por *encoders* (Figura 3) que reproduzem impulsos elétricos a partir do movimento rotacional do seu eixo, criando assim sistemas de posição de todas as rótulas do corpo e desenharam a sua posição no controlador.



**Figura 3.** *Encoder*

Na última década o mercado da robótica tendeu a abandonar a área da robótica diversificada, o que leva os fabricantes de manipuladores industriais a se focarem não na diversificação de tarefas, mas sim na especialização em tarefas específicas. Segundo Lin, Chang e Luh (1983), os robots industriais são considerados mecanismos sérios e complexos. Estes, apresentam-se como máquinas com elevado grau de imprevisibilidade que acabam por se tornar complexas e difíceis na sua correta atuação. Isto acontece porque os objetos físicos que controlam os movimentos, como juntas e servo-atuadores, são sujeitos a saturações e desgastes, contudo, garantem o máximo de precisão possível. Por exemplo, quando um robot entra em manipulação com as tarefas destinadas, pode encontrar uma área de trabalho cheia de obstáculos e deve seguir o caminho pré-definido de forma a evitar colisões e causar danos próprios ou a terceiros.

Isto leva a que os fabricantes tenham em desenvolvimento novas áreas de intervenção e que obtenham robots dedicados a tarefas minuciosas e de elevado desempenho assim, o objetivo é proporcionar os melhores preços e a capacidade de reduzir custos pela sua utilização.

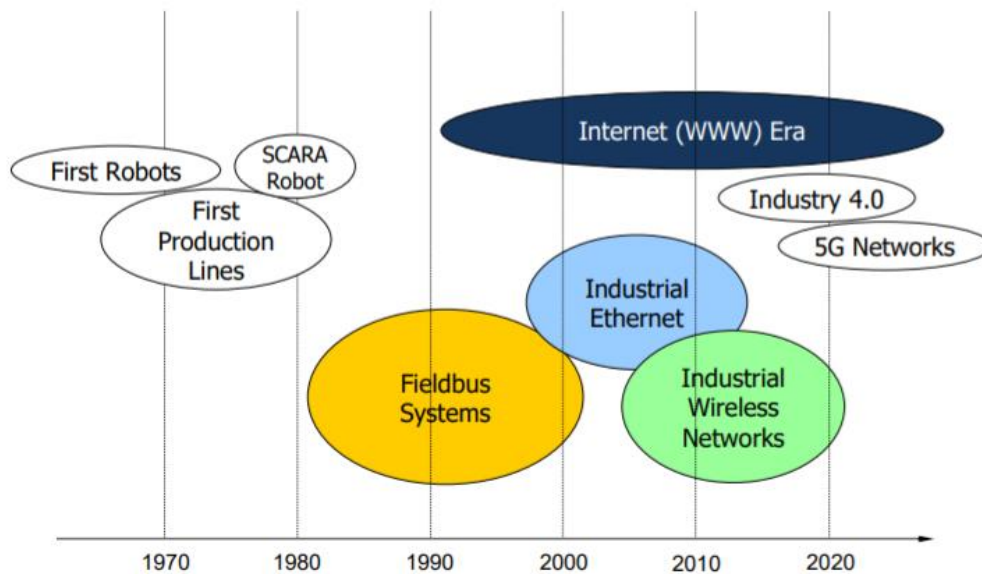


Figura 4. Marcos cronológicos da robótica industrial

### 2.1.2. Automação industrial

O ambiente das futuras empresas na área da produção será influenciado pela oscilação e mudança do mercado em que atuam. Assim, o seu Time-to-Market é baseado no surgimento de novos métodos e novas tecnologias emergentes (Jammes & Smit, 2005).

Contudo, como consequência da procura de novas tecnologias, as tecnologias de automação industrial convencional estão se a tornar cada vez mais inadequadas face às tecnologias emergentes, segundo as necessidades dos negócios e dos fabricantes. A revisão de novas condições leva a uma constante pressão sobre os custos, qualidade e sistemas de produção que tendem a ser altamente flexíveis e de elevado estado de prontidão (Leitão, Colombo, & Karnouskos, 2016).

Segundo Neumann (2007), uma das grandes apostas é a comunicação digital que tem sido uma força constante de desenvolvimento e controlo através de sistemas computadorizados nos últimos 25 anos. Com isto, tem-se assistido a um desenvolvimento na capacidade de acesso a várias camadas de informação presentes num sistema de informações empresariais e que através de diferentes utilizadores e tipos de comunicações, é necessário fundir vários sistemas de comunicação a nível de máquina, controlo de dispositivos, e controlo de planta o que cria assim um controlo de dispositivo de rede corporativa.

A tendência para uma evolução tecnológica caracterizada pela interação computacional, neste caso o processamento de dados e informações produzidos por elementos mecatrónicos, transforma o chão de fábrica tradicional num ecossistema composto por *hardware* e *software*. Este, eleva sistemas de rede a um composto sistema de dispositivos e sistemas denominados como inteligentes, bem como a interação com os clientes e parceiros de negócios e cadeia de abastecimentos, interagindo assim o ambiente físico e organizacional, o que leva a uma capacidade de obtenção de metas previamente definidas (Leitão et al., 2016).

Atualmente, existem sistemas automatizados que permitem a conexão das operações da realidade física com as infraestruturas de computação. Esta combinação, quando instaladas no chão de fábrica, são denominadas de Cyber Physical Systems (CPS). Com isto, sistemas incorporados de informação são parte inseparável da vida moderna, como *smartphones* e *gadgets*. No entanto, é possível aceder ao controlo deles, mas são poucos os casos em que é possível realizar esta operação com sucesso. Este acesso remoto também pode ser utilizado com o intuito de manutenção e tratamento de dados destes sistemas. As informações de diagnóstico remoto ajudam a preparar todo o conjunto de atividades do técnico de manutenção e os métodos de trabalho a desenvolver, tais como, disponibilizar informação para a escolha mais acertada de peças e ferramentas de reposição para o sistema. Através destes processos, o sistema pode com a ajuda de uma infraestrutura, gerar encomendas e comunicações correspondentes (Jazdi, 2014).

### 2.1.3. Robótica industrial vs Automação industrial

No vasto universo de equipamentos autónomos e considerados inteligentes englobando a automação industrial, os manipuladores industriais são aqueles que apresentam o melhor rácio benefício custo, isto é, o melhor rácio entre o custo de produção por unidade de produto em relação ao volume por ele produzido, adequando-se a volumes médios de produção, como se encontra demonstrado na figura 5.

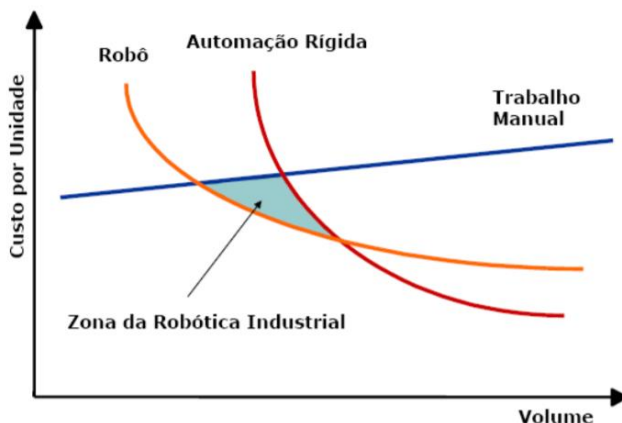


Figura 5. Gráfico de análise dos custos por unidade face ao volume de trabalho

Separando os mercados de valores em três grupos, sugerido pelo volume de produção, sendo estes grupos os de baixa produção, média produção e produção massiva, consegue-se enquadrar as características de cada grupo. As empresas de produção mais moderada têm por norma uma abordagem mais manual, isto significa que para a produção de bens existe uma necessidade de intervenção humana nos processos que acrescentem valor ao produto, neste caso o trabalho manual.

Contudo, o trabalho manual considerando as principais características de mercado (elevada concorrência, ciclos produtivos baixos, tempo de vida curtos, maior qualidade e menor preço), as empresas (a maioria) adotam os métodos JIT ou produções Lean. Uma das vantagens segundo Swanson e Lankford (1998) desta abordagem de pequenos lotes de encomendas e a introdução da filosofia JIT, é que esta cria uma relação mais coerente e forte com os parceiros e matérias que trabalham em conjunto o que, além disso, leva a melhores comunicações porque através de alguma mudança importante no método produtivo as melhores comunicações ocorrem quando só precisam de ser comunicadas a alguns fornecedores.

Esta necessidade leva a que estas empresas, através da pressão do mercado, se aventurem a produções menos dispendiosas para os seus processos produtivos levando à crescente implementação de manipuladores industriais.

A implementação destes equipamentos em ambiente industrial torna-se de grande relevância para uma empresa, gerando assim motivação e desenvolvimento. Esses desafios surgem com base na interação em ambiente fabril com os operadores e os manipuladores, pois estes irão integrar um conjunto de tarefas que irá interligar as suas operações. Logo, existe um conjunto de medidas e precauções necessárias, obrigando a criar interfaces de comunicação que possibilitem a interação entre homem/máquina.

## **2.2. Pensamento Lean Manufacturing**

### **2.2.1. Caracterização**

O Lean Manufacturing foi popularizado em muitas indústrias ocidentais desde o início da década de 90. Tornou-se um método de produção universal e inúmeras fábricas em todo o mundo adotaram-no para conseguir replicar o excelente desempenho obtido pela Toyota. Com isto, embora a fase de gestação desta filosofia tenha surgido na indústria de produção de automóveis, ela foi aplicada noutros setores. Nos dias que correm, as organizações cada vez mais optam por seguir entusiasticamente a filosofia Lean a fim de otimizarem as suas capacidades e desempenhos produtivos (Naveen, Sunil, Sanjay, & Abid, 2013).

A produção Lean tem como objetivo a identificação e a eliminação do desperdício em todos os aspectos de uma empresa e, com isso, acrescenta valor na perspectiva do cliente. A produção enxuta é uma produção de bens em que se usa mais controladamente as matérias e recursos em comparação com a produção em massa tradicional, o que leva a menos desperdícios, esforço humano, espaço de produção, investimento em ferramentas, stock e tempo de engenharia para desenvolver produtos.

Segundo Modi e Thakkar (2014), este tipo de produção reduz custos e stocks o que a leva a libertar rapidamente o dinheiro investido, conduzindo ao investimento, melhorando a produtividade e qualidade, reduzindo os prazos de entrega, e impulsionando grandes quantidades de recursos.

### 2.2.2. Princípios Lean

O Lean Manufacturing surge na sequência de várias evoluções de sistemas de produção. A primeira grande evolução denota-se na passagem da produção artesanal e customizada para a produção em massa. Estes métodos tinham vantagens que capacitavam a produção exata do desejo do cliente, mas que, por sua vez, apresentava um custo alto e fora do alcance da maioria dos consumidores. Assim, com as necessidades da Primeira Guerra Mundial, adotou-se a produção em massa e com isto novas metodologias de trabalho, como exemplo, utilizadas por Henry Ford nas suas fábricas de produção de componentes e montagem automóvel. Estes tipos de processo capacitaram determinados produtos a ter um custo mais reduzido e acessível às massas. Uma das desvantagens é que um dos métodos é a uniformização, ou seja, reduz a flexibilidade e variedade dos produtos. O Lean Manufacturing veio assim colmatar estas desvantagens, sendo que as diferenças mais notórias entre a massificação (Fordismo) e o Lean residem na finalidade: o Lean procura sempre melhoria contínua, tendo cuidado com os custos, evitando stocks e defeitos de peças; já a massificação tem como objetivo único o ser bom o suficiente, o que leva a aceitar uma determinada quantidade de erros e stocks, não tendo variedade de produção.

O Lean Manufacturing surge de um conjunto de filosofias adotadas do TPS e desde então tem sido desenvolvido ao longo de décadas pela empresa Toyota, um dos líderes mundiais no fabrico de peças e montagem de automóveis. O principal mentor deste projeto foi Taiichi Ohno. Foi durante a década de 80 que esta filosofia de organização se revelou quando Womack em *“The machine that change the world”* a referenciou, designando-a como *Lean philosophy*. Esta filosofia foi posteriormente apelidada como um dos sistemas mais eficientes na eliminação de desperdícios e na flexibilização da produção.

Por outras palavras, o Lean Manufacturing é uma filosofia de gestão que tem como objetivo o desenvolvimento de pessoas, processos e sistemas que em simultâneo reduzem os custos e desperdícios (Pinto & Sorares, 2009). Acima de tudo, o Lean aposta numa mudança de

mentalidade da organização, em que a mentalidade de todos os intervenientes deverá estar focada numa melhoria contínua. Neste sentido, o envolvimento dos colaboradores é crucial, sendo que se torna indispensável que todos partilhem da mesma visão a longo prazo para o bom sucesso da implementação Lean (Shahin & Janatyan, 2010).

Analisando a relação histórica entre os trabalhos e a sua gestão da produção, a Toyota acaba por impressionar com uma série de características da experiência de outros fabricantes de automóveis. A introdução do sistema salarial sobre desempenho e o desenvolvimento contínuo da qualidade, acabam por constituir elementos essenciais nas operações da produção enxuta (Price, 1994).

### 2.2.3. Os oito desperdícios do Lean Manufacturing

A designação “desperdício” é a súmula de todas as atividades realizadas ou recursos utilizados que não acrescentam valor ao produto, ou seja, são um conjunto de atividades que são utilizados desnecessariamente que acrescentam tempo e custo ao produto. O principal problema que o Lean tem como objetivo combater é o desenvolvimento de atividades que se transformem em desperdícios (inputs/outputs) (Shahin & Janatyan, 2010).

Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, responsáveis pelo desenvolvimento do TPS, identificaram sete grandes desperdícios (sem ordem de classificação), dos quais (Figura 6):

- *Excesso de produção*: é um dos principais desperdícios porque contraria a ferramenta JIT, o que provoca um aumento dos custos como as matérias-primas, armazenamento e transporte;
- *Tempo de espera*: surge maioritariamente dos tempos mortos de funcionários e equipamentos, sendo que as suas principais causas provêm de interrupção de fluxos de trabalhos e informação (avarias em equipamentos, defeitos de qualidade e acidentes), lotes de grandes dimensões e atrasos nas entregas.
- *Processos inadequados*: estes desperdícios surgem por norma de instruções de trabalho e de exigências de clientes que não são exatas.
- *Sobre processamento*: é o esforço que é realizado, mas que não acrescenta nada ao produto final, sendo que por norma vem corrigir erros do próprio processo e que não são características necessárias para satisfazer as exigências dos clientes.
- *Stocks*: são matérias-primas, produtos em processo ou acabados e que se encontram armazenados, sendo que existem inúmeras causas para a sua existência, por exemplo: produzir acima da procura, comprar mais matéria-prima que o necessário, existência de problemas de qualidade nos produtos e processos fabris não balanceados.
- *Transportes e movimentos*: é a movimentação de produtos ou matérias-primas de um lugar para o outro. Este tipo de movimento é considerado um desperdício, pois

umentam o custo e o tempo, e danificam as matérias-primas ou os produtos finais. Normalmente é associado à desorganização da empresa ou à má implementação dos equipamentos (layout).

- **Defeitos:** são falhas, erros ou imperfeições que surgem nos processos. Os defeitos que chegam aos clientes originam reclamações, que têm como consequência a necessidade de analisar as causas do defeito para apurar onde ocorreu a falha. Neste sentido, quando há defeito, existem custos internos, mas também o descontentamento dos clientes.

Para além dos sete desperdícios identificados, considera-se atualmente um oitavo desperdício que pode ser denominado de *subvalorização do talento humano (capital Humano)*, isto é, a não utilização da experiência, conhecimento e criatividade pessoal.



**Figura 6.** Oito desperdícios

## 2.2.4. Ferramentas Lean

No universo da filosofia Lean, existe um conjunto de ferramentas que são direcionadas para a eliminação de desperdícios e têm como objetivo a estimulação do ambiente produtivo das organizações, maximizando o valor acrescentado através da redução e eliminação de desperdícios, como os acima referidos.

O número de ferramentas utilizadas pelo Lean é vasto e diversificado, variando consoante os autores. Tendo em conta o estado da unidade fabril analisada, salienta-se neste trabalho as ferramentas que se considera serem as de maior ênfase para o estudo e futura utilização com vista à melhoria da eficiência do processo, das quais: 5's, VSM, Diagrama de Spaguetti e SMED.

### 2.2.4.1. 5's

É uma ferramenta do LM que tem como objetivo a organização e a standardização dos processos no local de trabalho de maneira a torná-los mais eficazes e eficientes. Trata-se de um processo educativo que pretende envolver toda a organização em práticas dirigidas à mudança de comportamentos, atitudes e valores das pessoas, visando assim construir uma base sólida de qualidade total (Chapman, 2005).

Os 5's surgiram no Japão do sistema TPS na década de 50 e foram concebidos para ser a primeira abordagem na resolução de problemas. Com isto, surgiram 5 iniciais começadas por S (Figura 7) que provêm de palavras nipónicas que caracterizam as atividades/atitudes a seguir:

- *Seiri, Arrumar* - tem como principal objetivo identificar o que é útil e inútil e separar as coisas necessárias das desnecessárias.
- *Seiton, Ordem* - estipular onde pertence cada coisa e certificar que cada coisa se encontra no seu devido lugar; o objetivo é organizar o material de modo a que o trabalho seja mais fluído e fácil.
- *Seiso, Limpeza* - cada um deverá ser o responsável pela limpeza do seu local de trabalho, de modo a que em conjunto tudo esteja sempre limpo.
- *Seiketsu, Normalização* - deve-se criar normas gerais para os processos de limpeza e arrumação que abrangem todo o equipamento e todo o edifício de uma organização.
- *Shitsuke, Disciplina* - tem como objetivo o seguimento das regras anteriormente instituídas, desde organizar, arrumar, limpar e cumprir as normas estabelecidas.

A prática dos 5's é utilizada para melhorar o ambiente físico, eliminando os resíduos que originam a desorganização na área de trabalho, contribuindo desta forma numa melhoria de processos que das quais aumenta o grau de segurança dos trabalhadores e também reduz o tempo de operação. Assim, reduz-se o tempo de espera de cada cliente, produzindo-se com mais eficácia o que conduz a uma diminuição de defeitos e reclamações (Ablanedo-Rosas, Alidaee, Moreno, & Urbina, 2010).



Figura 7. 5's

#### 2.2.4.2. Value Stream Mapping - VSM

O VSM, em português, significa “Mapa de fluxo de valor”. O VSM é uma ferramenta útil para organizar visualmente o fluxo de produção e verificar se as atividades de produção criam valor ao produto. É também considerado um método de visualização do estado das atividades, como demonstra a figura 8.

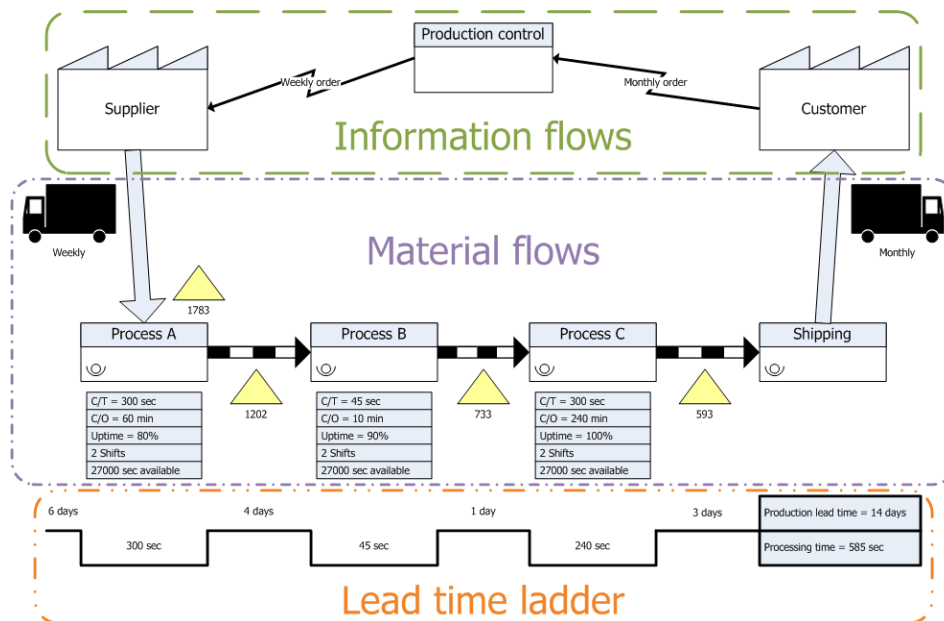


Figura 8. Exemplo de VSM

Esta ferramenta tem como principais objetivos os seguintes: assinalar e reduzir desperdícios, facilitar uma visualização do fluxo de materiais e das próprias informações, e ajudar a identificar os pontos de melhoria no fluxo produtivo (Faulkner, Templeton, Gullett, & Badurdeen, 2012). Permite também que todos os intervenientes possam identificar e projetar sob forma de um mapa todas as atividades que se desenrolam ao longo da cadeia de valor, desde a entrega ou fornecimento de materiais (fornecedores), até à entrega do produto ao cliente. Este mapeamento do estado do sistema procura ver os processos como um todo, equacionando todos os fluxos de informação de processos, materiais a que o produto é sujeito.

Segundo Rother e Shook (2003), a utilização do VSM permite:

- Visualizar todo o fluxo, bem como as fontes que geram desperdício no fluxo de valor;
- Discutir e tomar decisões sobre os pormenores detetados no chão de fábrica;
- Utilizar conceitos LM;
- Utilizar linguagem comum sobre os processos;
- Projetar e desenhar as futuras situações que se pretendem alcançar antes de qualquer alteração;
- Conectar o fluxo do material ao fluxo informativo.

Para construir um VSM é necessário saber exatamente qual a procura média do produto em determinado período ou família de produtos através da procura dos clientes, para ser possível calcular o Takt-Time (TT - ritmo de produção necessária para dar resposta à procura do cliente). Uma vez definido o ciclo com que a empresa tem de disponibilizar um produto ao cliente, o TT influencia o VSM. De seguida, é então analisado e percorrido todo o fluxo produtivo desde o armazém do produto acabado até ao armazém das matérias-primas. São recolhidas informações

necessárias para desenhar o VSM em cada posto ou intervenção de trabalho que, neste caso, são as seguintes:

- Listagem das operações e sequência para a realização do produto final;
- Stock intermédio existente em cada posto de trabalho (WIP);
- Tempo de ciclo em cada posto de trabalho (*Cycle time*);
- Tempo de mudança de máquina (*Changeover*);
- Distância percorrida entre postos de trabalho seguindo o fluxo do produto;
- Forma de comunicação e frequência de entrega ao cliente.

Os desperdícios ao longo do fluxo são identificados desde o armazém de expedição até ao armazém de matéria-prima. Para isso o cálculo do TT é necessário, que consiste no tempo máximo necessário para a produção de uma unidade de produto acabado de forma a satisfazer a procura do cliente. O cálculo resulta do quociente entre o tempo de trabalho disponível por dia em minutos/segundos e a quantidade de produto acabado a entregar por minuto/segundo

Este resultado obtido indica a periodicidade com que a empresa deverá ter um produto final acabado para a satisfação do cliente.

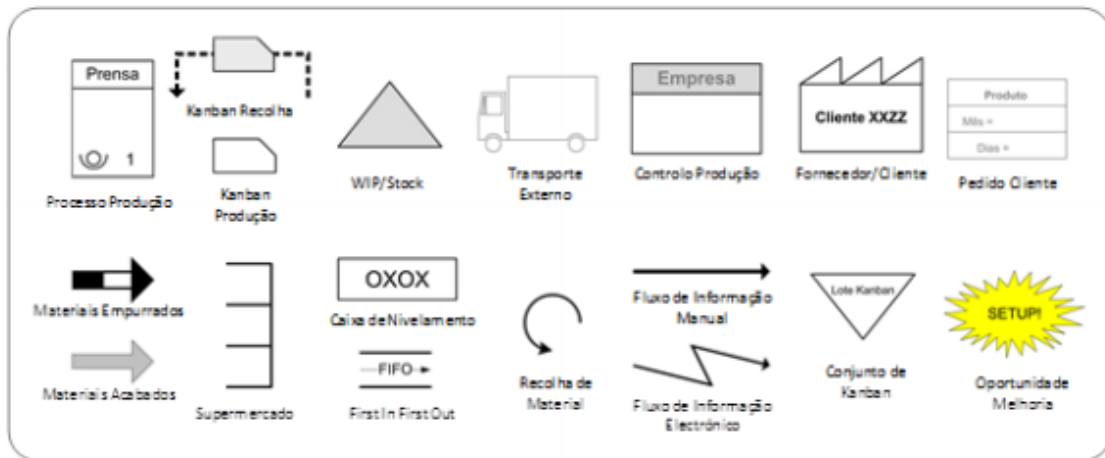
No VSM uma *Timeline* acompanha, na parte inferior, o fluxo de valor atual e o fluxo de valor futuro. Regista o tempo de ciclo total que corresponde ao valor acrescentado do processo e ao tempo de entrega do produto ao cliente (*lead time*). O lead time analisa os diferentes tempos de espera e demora entre as diferentes atividades produtivas, o que permite saber o tempo necessário (atual) para a entrega de uma determinada unidade ao cliente.

O C/T encontra-se representado nos mapas de estado atual e futuro. O C/T é o tempo que decorre entre o início e o fim de cada processo de produção, isto é, trata-se do tempo necessário para a elaboração do produto (Ferro, 2003). O C/T segundo a Comunidade Lean significa o tempo para que o operador ou equipamento complete o ciclo de trabalho para a produção de uma unidade. É importante que o valor de C/T esteja próximo do TT, pois significa que há controlo do processo de produção. Se o C/T é inferior ao TT, o processo pode gerar desperdício por superprodução e podem estar utilizados demasiados operadores ou equipamentos. Se o C/T for superior ao TT significa que a satisfação dos pedidos dos clientes não é possível.

Por fim, o VSM é calculado pelo tempo de Valor Acrescentado (VA) que consiste no somatório do C/T de todas as atividades intervenientes na produção do produto que acrescentam valor ao produto acabado.

O VSM revela-se útil em comparação às restantes ferramentas quantitativas ou que pretendam representar *layouts*. É qualitativo, o que lhe permite com detalhe descrever o fluxo produtivo para criar valor acrescentado, definindo a direção a tomar.

O VSM gera-se através de um conjunto de símbolos (linguagem visual) de forma a padronizar a sua construção entre os utilizadores a nível mundial (Figura 9).



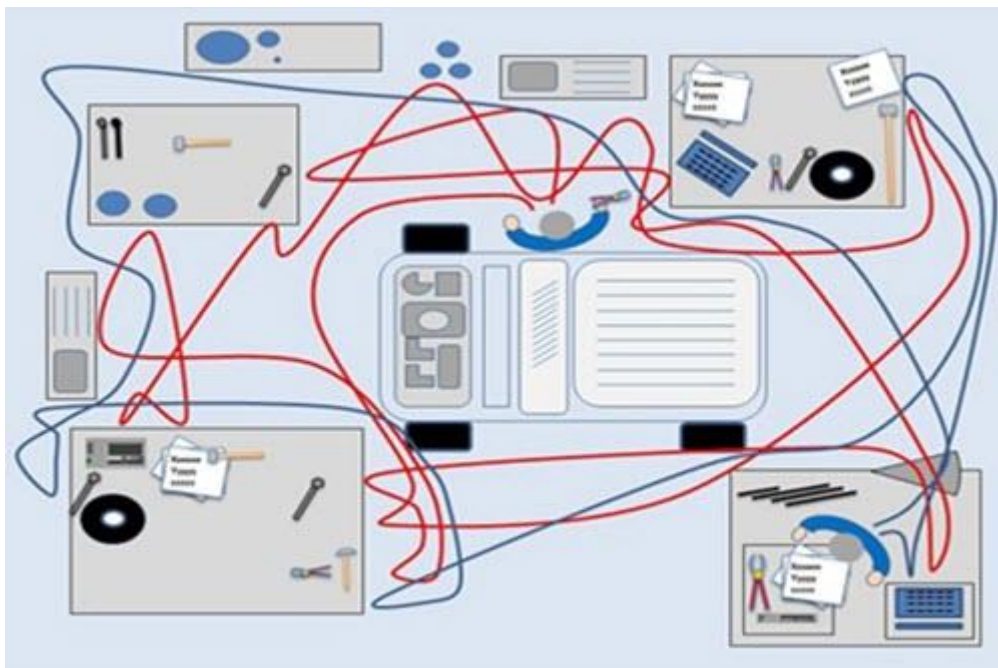
**Figura 9.** Simbologia do VSM

A ferramenta VSM para além de simples, demonstra também uma fácil implementação, sendo que segundo Rother e Shook, (2003), apresenta as seguintes vantagens:

- Permite melhor perceção do fluxo de valor da organização e dependência de processos;
- Melhora a relação existente entre processos e fluxos de informação e de material;
- Apoia a identificação dos desperdícios e das suas causas;
- Separa as atividades que acrescentam valor ao produto e as que se tornam em desperdício;
- Permite a elaboração de um plano para a aplicação correta de métodos Lean;
- Melhora a compreensão de sistemas complexos;
- Identifica as oportunidades para implementar as ferramentas Lean;
- Promove a produtividade numa organização.

### 2.2.4.3. Diagrama de Spaghetti

O Diagrama de Spaghetti é uma ferramenta do LM que auxilia na visualização dos fluxos percorridos num processo produtivo. O termo “spaghetti” é usado porque quando pegamos nos layouts e desenhamos as trajetórias realizadas, surge uma série de linhas curvas, quebradas, confusas, cruzando-se constantemente, indo e voltando. Quanto mais ineficaz for o layout, mais cheio de traços ficará o diagrama, tal como um prato de esparguete (Figura 10).



**Figura 10.** Exemplo de um diagrama de spaghetti

Esta ferramenta é utilizada para uma fácil visualização das perdas de movimento e de transporte de materiais ou produtos. Também pode ser utilizada com o VSM.

#### 2.2.4.4. SMED

É uma ferramenta inicialmente desenvolvida por Taichi Ohno Sugai, McIntosh, & Novaski, (2007), e designado por SMED (Figura 11) e que em português significa “troca rápida de ferramentas”. Esta metodologia foi desenvolvida com vista a reduzir e simplificar o tempo de preparação durante a mudança de processo.

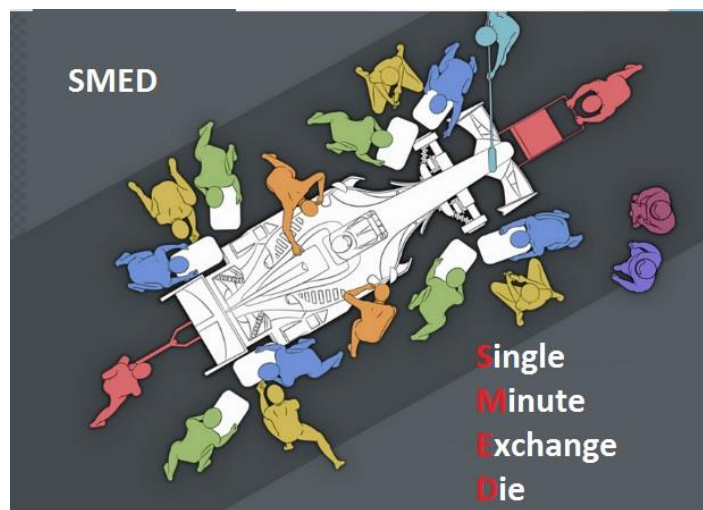


Figura 11. Exemplo de SMED (Pit stop de F1).

O SMED tem como objetivo último reduzir os tempos de paragem, sendo que para isso foram determinados três objetivos anteriores, dos quais se destaca: eliminar etapas desnecessárias, facilitar as configurações internas e padronizar o trabalho.

A utilização desta ferramenta facilita ainda a produção em lotes menores, reduz os stocks e ajuda na melhoria da resposta ao cliente (Moreira & Pais, 2011).

### 3. Metodologia

O método de pesquisa apresenta como propósito o de orientar o investigador na procura de respostas necessárias para a resolução do problema detetado (Dresch, Lacerda, & Miguel, 2015). Neste sentido, a metodologia utilizada neste projeto foi a de investigação-ação.

A investigação-ação é um método que visa a resolução de um problema coletivo, no qual investigadores e participantes se encontram envolvidos de uma forma comunicativa e cooperativa. Em geral, esta metodologia aponta para problemas de pesquisa no seio de uma organização. Os investigadores, neste caso, utilizam tópicos de pesquisa e desafios organizacionais, contrariamente às hipóteses (Dresch et al., 2015)

Esta metodologia de investigação envolve três fases, das quais:

1. É necessário compreender o enquadramento da pesquisa que irá ser abordada, bem como o objetivo do trabalho;
2. Consiste na primeira abordagem e recolha de dados, na análise dos mesmos, no planeamento e implementação das intervenções e, por fim, na avaliação dos resultados;
3. Na última etapa, verificam-se as duas etapas anteriores, identificando assim o que foi adquirido com a investigação-ação (Dresch et al., 2015).

#### 3.1. Análise de dados

A recolha de dados pode focar-se em múltiplas fontes de evidências como documentação, relatórios das atividades, entrevistas e observação direta (Tellis, 1997).

Relativamente à presente investigação, inicialmente realizou-se um reconhecimento ao pormenor de todos os processos desempenhados na produção da empresa. Posteriormente efetuou-se um levantamento de sugestões de um dos intervenientes da empresa e, por fim, passou-se à fase da recolha de dados para a definição da proposta da linha robotizada.

Especificamente, através das entrevistas realizadas a um dos responsáveis de produção, foi possível obter dados concretos e objetivos, pois seria o único elemento da empresa a possuir a informação necessária para clarificar as questões colocadas. Esta técnica foi utilizada diversas vezes, sempre que surgiam novas questões necessárias para a continuação da investigação.

A técnica de observação direta na recolha de dados, através de deslocações à unidade fabril, permitiu registar, descrever e analisar o processo de produção e as práticas desenvolvidas pelos intervenientes da produção. Serviu ainda para identificar por tipologia as zonas de armazenamento, processo produtivo, equipamentos e zonas de conflito (falhas produtivas) e outras situações que não são padronizáveis.

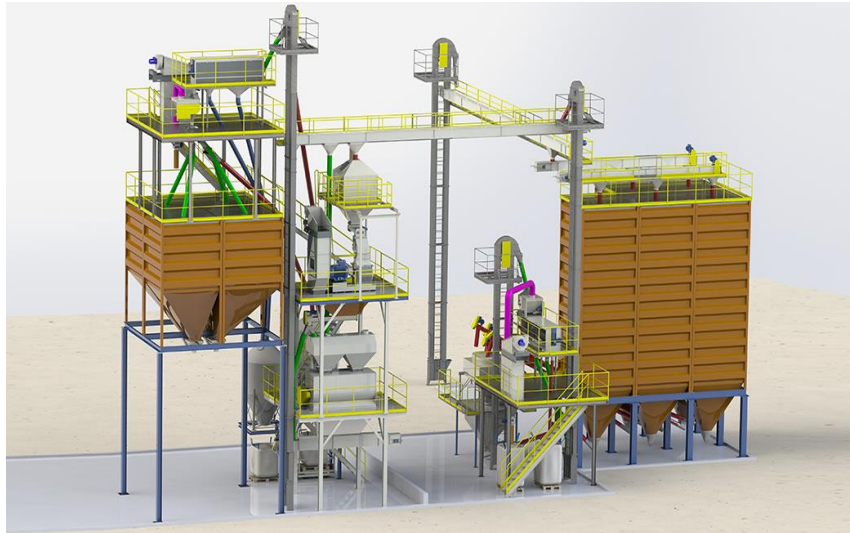
## 4. Estudo de caso

### 4.1. Descrição da empresa e do processo produtivo

A Tecnipec, Serviços Pecuários S.A., é uma empresa especializada no desenvolvimento de produção e comercialização de produtos para a nutrição animal, visto a sua prioridade ser a ação, a criação de valor dos seus produtos, respondendo ao elevado grau de exigência de um mercado agropecuário sólido e exigente ao nível da concorrência. A Tecnipec acompanha as mais recentes inovações tecnológicas, reforçando-se da experiência dos seus recursos humanos que beneficiam de um elevado conhecimento de todas os processos de produção, desenvolvimento e comercialização da variedade e gama dos seus produtos, sendo estes: pré-misturas, rações, misturas de cereais, leites de substituição e diferentes produtos para suínos, bovinos, pequenos ruminantes, cavalos, aves, coelhos e animais de estimação, seguindo-se por um elevado nível de segurança, eficácia e qualidade dos seus produtos. Esta empresa encontra-se sediada em Montalvo, freguesia de Constância.

O processo produtivo da Tecnipec é constituído por um sistema de passo-a-passo:

- 1) Análise - através de um controlo balanceado entre os consumos mensais anteriores e a exigência de mercado gera-se a encomenda do fornecimento de várias matérias-primas;
- 2) Receção de matéria-prima;
- 3) Armazenamento da matéria-prima;
- 4) Produção:
  - 4.1. Mistura de ingredientes (fórmula de produção - “receita”)
  - 4.2. Granulação
  - 4.3. Pesagem
  - 4.4. Enchimento
  - 4.5. Etiquetagem e selagem da embalagem
  - 4.6. Paletização.
- 5) Armazenamento
- 6) Expedição.



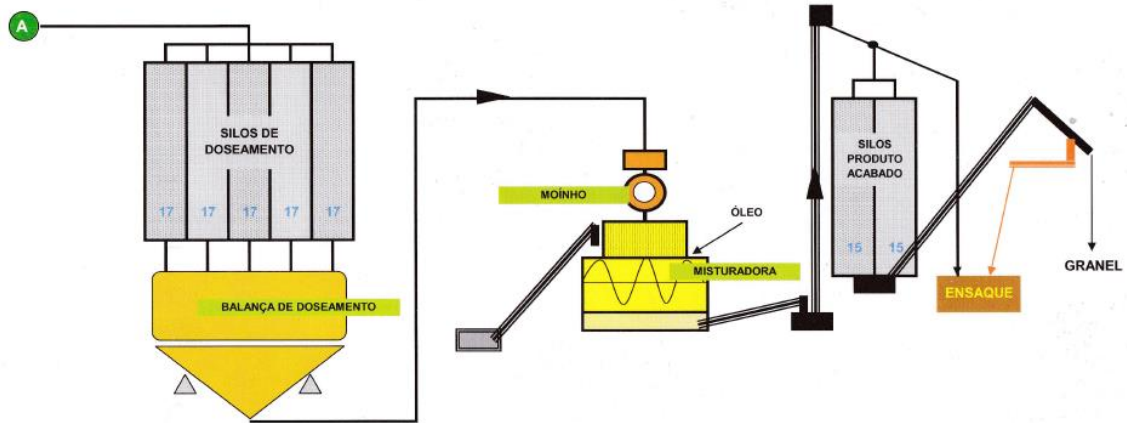
**Figura 12.** Exemplo de linha Misturação e granulação



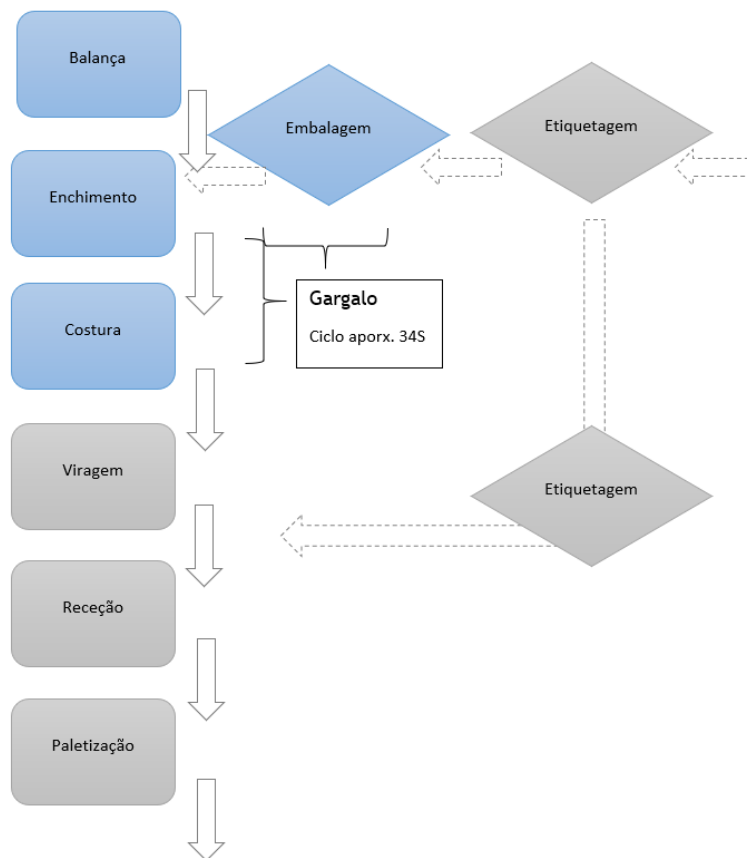
**Figura 13.** Exemplo de linha de enchimento 5kg



**Figura 14.** Exemplo de linha de enchimento 30kg



**Figura 15.** Diagrama de fabricação de linha de bovinos



**Figura 16.** Fluxograma de atividades da linha 1

A produção é composta por três linhas de enchimento denominadas como:

- Linha 1 (afeta ao enchimento de sacas de 30 kg de granulado agropecuário) (Figura 14);
- Linha 2 (afeta ao enchimento de sacas de 30 kg de farinha agropecuária) (Figura14);
- Linha 3 (afeta ao enchimento de saquetas de 5 kg de granulado) (Figura13).

Estas 3 linhas têm os processos produtivos semelhantes e apresentam o gargalo na mesma área, situando-se entre as tarefas de enchimento e costura, sendo que a linha 1 e 2 (30 kg cada) apresentam um tempo médio de ciclo (*cycle time*) de 34 segundos (aproximadamente) por embalagem, enquanto que a linha 3 (5 kg) apresenta um tempo médio de ciclo de 12 segundos (aproximadamente), sendo que esta última dispõe de um sistema de pesagem a dois tempos.

## 4.2. Identificação do problema

Como já foi referido, as linhas de enchimento da empresa Tecnipec, apresentam um processo de paletização ineficiente, mais especificamente: estas linhas são realizadas de forma manual, por exemplo, a condição física do operador no início do turno facilmente se degrada com o avanço do trabalho devido às repetições e ciclos das linhas, sendo que um operador atualmente realiza uma palete acabada em aproximadamente **17 minutos (34 segundos de ciclo - tempo que demora o saco a percorrer as várias etapas produtivas até chegar à paletização - vezes 30 sacos-capacidade máxima que a palete concluída pode atingir (standardização da empresa) - a dividir por 60 segundos =  $34 \times 30 / 60 = 17$  minutos)**. É importante referir que a standardização das paletes é definida pelos limites de dimensão/peso dos intervenientes da movimentação/transportes, por exemplo a carga útil nos transportes.

Um dos principais problemas também a salientar é a infraestrutura de suporte à produção inadequada às necessidades atuais dos processos produtivos. Por exemplo, silos de armazenamento de matéria de grande capacidade (aproximadamente 60 toneladas) e silos de média capacidade (aproximadamente 10 toneladas), sendo que o número de silos é reduzido para a gama de produtos que a empresa produz. Neste caso, surge o problema de falta de silo (ou hora de falta de silo - gíria utilizada pela empresa). Este problema reflete-se nos *set-ups* de linhas para nova produção que pode existir quando um silo ainda se encontra ocupado com a matéria-prima da produção anterior.

Referente ao layout, os processos de movimentação serão o conjunto funcional de ligações de produtos do ponto A ao ponto B que terão de ser remodelados e desenhados de modo a criar um fluxo coeso e funcional às capacidades das linhas a que elas implicam. Atualmente, a zona produtiva encontra-se dividida em três linhas, sendo que duas estão em paralelo e outra encontra-se mais distante. Pelo facto desta última linha se encontrar fora da zona afeta à produção e o uso conjunto de equipamentos necessários para o processo, esta implica a

dependência excessiva de equipamentos de movimentação, como por exemplo os empilhadores.

Os dois problemas identificados foram o *setup* das linhas, que demonstram uma deficiência de processo que consiste na etiquetagem manual de lotes de produto realizada no início do arranque da linha; e a falta de métodos de *setup* de equipamentos chave das linhas de produção, como exemplo troca de matrizes de granulação.

Por último, o excesso de produção provém da necessidade de manter os processos de armazenamento de matéria aptos para os novos produtos. Isto é, a obrigação de produzir acima das necessidades do mercado para escoar toda a matéria-prima acumulada a montante das linhas de enchimento e silos.

Face aos desperdícios evidenciados na Tecnipec, é objetivo deste trabalho desenvolver um conjunto de ferramentas e abordagens que salvaguardem o desgaste e a condição humana das tarefas intervenientes da produção, tais como o nivelamento e um aumento positivo de produção e de qualidade de produto acabado e pronto a expedir. Este estudo implica o desenvolvimento de novos layouts, sistemas automatizados de movimentação de matéria e a interoperabilidade dos sistemas de informação.

### 4.3. Identificação de desperdícios

Face aos 8 desperdícios acima identificados, considera-se que o processo produtivo da Tecnipec apresenta 5 desperdícios evidenciados nos seus processos diários de produção e que foram sumarizados no tópico anterior “Levantamento do problema”, dos quais:

- *Processos inadequados*: os equipamentos não se encontram adequados para a procura de produção, o que leva a um desgaste físico nos recursos humanos, por exemplo o tempo inicial/ideal de produção é de 17 minutos e ao longo do turno este tende a aumentar.
- *Tempo de espera*: o número de silos é desajustado à gama de produtos que a empresa dispõe e provém do somatório de todos os outros tempos não planeados que ocorrem em paralelo à produção, por exemplo a troca de ferramentas (*setup*), produto não conforme e a paragem de linhas por espera de movimentação com o empilhador. Neste momento, a empresa dispõe de 34 silos, mas, para evitar este desperdício, seriam necessários aproximadamente mais 10 silos (Figura 17).



**Figura 17.** Silo de armazenamento de matéria prima

- *Transportes e movimentos:* face às movimentações exigidas para o funcionamento da terceira linha que se encontra deslocada das restantes duas, e o uso conjunto de equipamentos, como exemplo a paletizadora, acresce um tráfego nas instalações que causa congestionamento entre operações paralelas. Por exemplo, se os empilhadores estiverem a auxiliar a produção, perde-se capacidade na área da expedição e logística (Figura 18).



**Figura 18.** Paletizadora convencional

- *Sobre processamento*: surge dos dois problemas identificados (*setup* inicial e a falta de métodos de *setup*), o que causa oscilações a nível de tempo de arranque de linha. Deste modo, perde-se tempo que poderia ser aproveitado noutras funções.
- *Excesso de produção*: trata-se de um encargo imposto pela infraestrutura existente que leva ao escoamento da matéria-prima que foi produzida a mais.

#### **4.4. Aplicação de ferramentas Lean**

Para se alcançar qualquer objetivo em termos de eficiência é fundamental o desenvolvimento de ferramentas que facilitem a contabilização dos consumos e a sua relação com a produção. Estas devem apoiar um conjunto de tomadas de decisão que permitam que estas se convertam em medidas de poupança, redução de consumo e aumento de competitividade entre indústrias.

##### **4.4.1. Diagrama de Spaghetti**

Um diagrama de Spaghetti é uma representação gráfica dos movimentos efetuados pelos operários ou produtos no posto de trabalho. Para este mapa tivemos de realizar uma representação do posto de trabalho (unidade fabril, figura 19) para o melhor enquadramento e proporção das movimentações realizadas. Com o diagrama de Spaghetti podemos ver que existem várias linhas sobrepostas no mapa que marcam um ponto de sobreposição de várias movimentações (Figura 20).

Atualmente, no decorrer da produção, todas as linhas necessitam de um apoio de movimentação com empilhadores. Para o escoamento do produto, é necessário o empilhador ir buscar euro-paletes (zona preta no diagrama). Com as paletes, o empilhador irá distribuir as paletes novas para as zonas de paletização (zonas amarela e azul), onde se encontram as respetivas linhas de produção/enchimento. De seguida, o empilhador tem de remover a paleta terminada e deslocar-se à zona da paletizadora convencional (zona roxa). Após a operação de aplicação de película da paletizadora, o empilhador tem de movimentar a paleta terminada para a zona de armazém (zona vermelha). Por fim, na expedição do produto é necessário deslocar-se até ao recinto de cargas e descargas (zona verde), passando por vários obstáculos dentro da unidade fabril. Caso a empresa se encontre a produzir em duas linhas distantes (por exemplo linhas 1 e 2), e esteja a decorrer em simultâneo um carregamento de produto acabado, aumenta significativamente o tráfego em sentidos opostos dos empilhadores no chão de fábrica, podendo ser um fator de risco e consecutivamente de acidentes de trabalho.

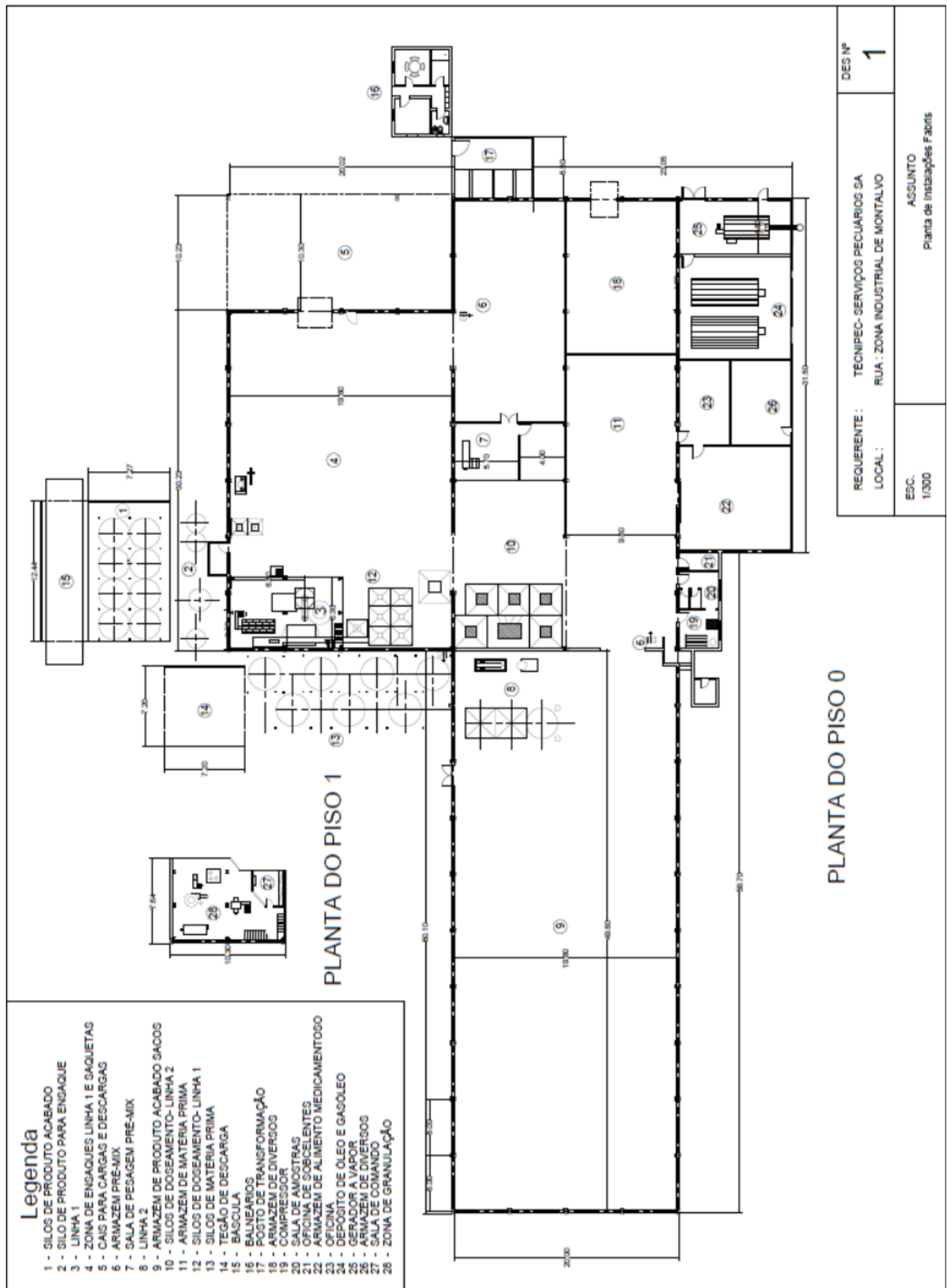
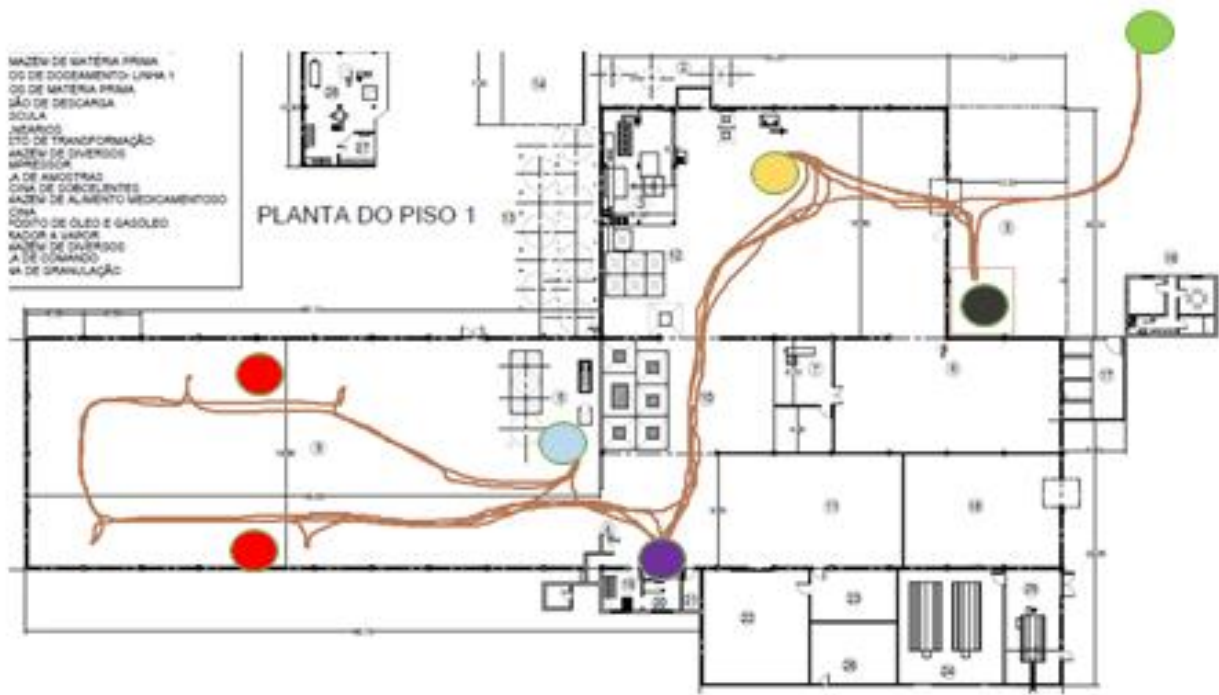


Figura 19. Planta da unidade Fabril (Montalvo)









- |                                                                                     |                             |                                                                                     |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Armazém de produto acabado; |  | Linha 1 e 3 (sacas 30 e 5kg); |
|  | Linha 2 (sacas de 30kg);    |  | Zona de europaleta;           |
|  | Paletizadora convencional;  |  | Zona de Carga e descarga.     |

Figura 20. Diagrama de Spaghetti atual

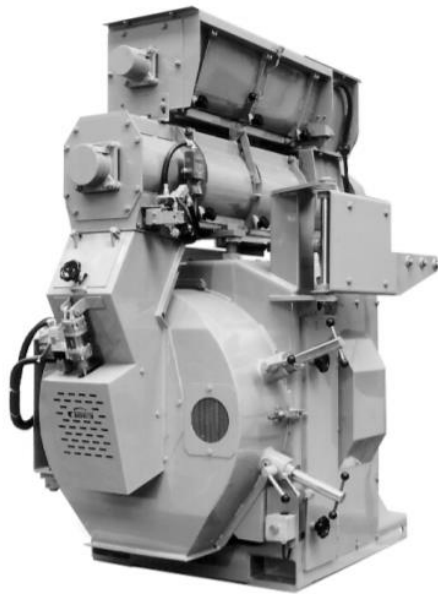
#### 4.4.2. SMED

Uma das possíveis soluções será a introdução da metodologia SMED para a minimização de impacto nas linhas de produção. A operação de *setup* é definida como a preparação e o ajuste antes e após cada produção de lotes. Shingo (Ulutas, 2011) divide a operação de *setup* em duas partes: *setup* interno e *setup* externo. O *setup* interno é a operação que apenas pode ser realizada quando a máquina está inativa, como por exemplo anexar ou remover as matrizes da máquina. Já o *setup* externo é o conjunto de operações realizadas quando a máquina se encontra em atividade. Estas operações podem ser executadas antes ou depois de a máquina ser desligada, por exemplo para a preparação do equipamento.

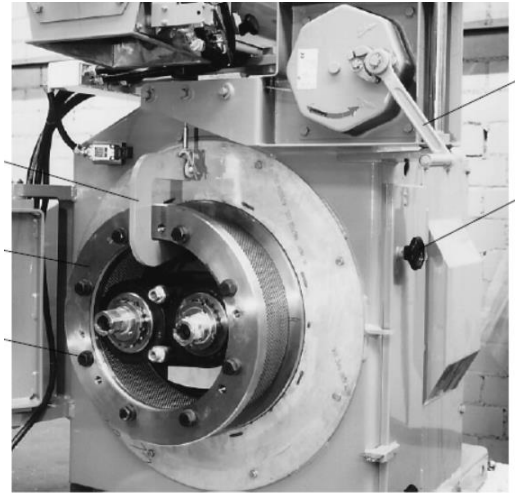
##### 4.4.2.1. Setup interno

Seguindo as diretrizes recomendadas pelo fabricante do equipamento (Figura 21), existe um conjunto de passos a seguir que facilita a troca de ferramentas da máquina. Segundo o documento realizado pela marca do equipamento (AG, n.d.), são enumeradas as seguintes operações:

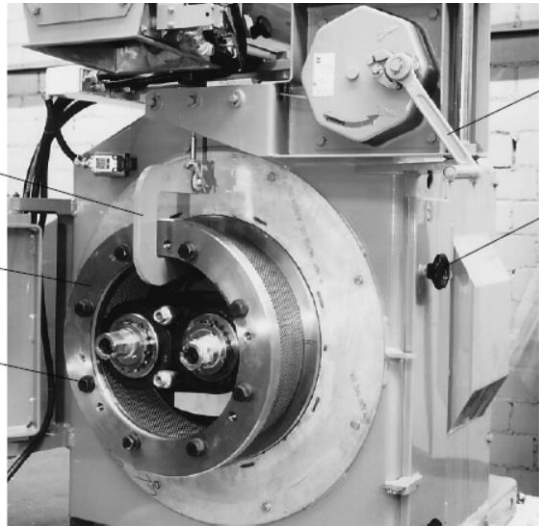
1. Retirar as lâminas de corte e fixar;
2. Abrir a tampa da caixa;
3. Desmontar a tampa do molde;
4. Soltar o aperto dos rolos e rodar os rolos de compressão (no sentido contrário aos ponteiros do relógio);
5. Desmontar o anel de reforço
  - Retirar os parafusos, continuar a rodar com a barra e parar;
  - Antes da desmontagem do último parafuso, aparafusar o gancho porta-carga;
  - Recortar o anel de reforço com três parafusos sem cabeça com pivô M20x60 (em caso de troca frequente de molde, é recomendável a aquisição de vários anéis de reforço).
6. Abrir a porta lateralmente no suporte;
7. Desaparafusar os parafusos e continuar a rodar o apoio do molde com a barra e parar;
8. Antes da remoção do último parafuso, aparafusar o gancho porta-carga ao molde;
9. Recortar o molde com quatro parafusos sem cabeça com pivô M20x140;
10. Retirar os parafusos sem cabeça com pivô.



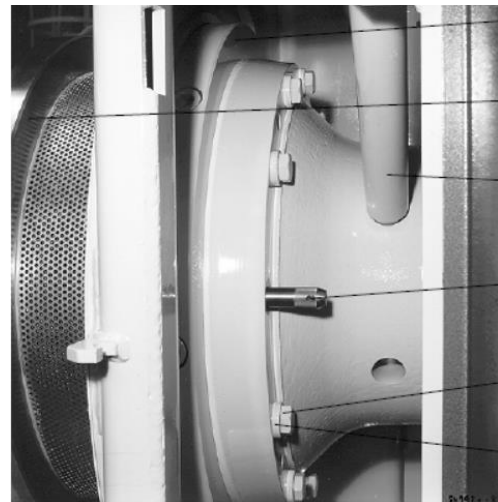
**Figura 21.** Granuladora Buhler DPCB



**Figura 22.** Gancho porta-carga do molde



**Figura 23.** Desmontagem do molde



**Figura 24.** Perno de montagem

11. Aparafusar o perno de montagem a um dos parafusos roscados do molde;
12. Fixar o gancho porta-carga ao molde (Figura 22). Colocar o molde à altura correta por meio de um guincho e introduzir no anel de desgaste;
13. Aparafusar os doze parafusos com anilhas de 12 mm de espessura. Apertar alternadamente os parafusos deslocados 180°. Momento de aperto dos parafusos  $M_A=400Nn$ . Retirar o perno de montagem. Continuar a rodar o suporte do molde com a barra e parar;
14. Montar o anel de reforço utilizando o perno de montagem (Figura 24). Apertar bem os parafusos com o Momento de aperto  $M_A=400Nn$ ;
15. Ajustar os rolos de compressão ao molde e apertar;
16. Fixar a tampa do molde;
17. Fechar a porta lateral e a tampa da caixa;
18. Ajustar e parar as lâminas de corte.

#### 4.4.2.2. Setup externo

O *setup* externo irá centrar-se na organização e preparação das ferramentas necessárias para a troca da matriz com auxílio da ferramenta de Lean 5's e Gestão Visual (a separação e organização das ferramentas) para efetuar o trabalho através de um quadro sombra (Figura 25) e a manutenção da matriz a sair, assim como a standardização dos processos.



Figura 25. Quadro Sombra de ferramental (gestão visual).

#### 4.4.2.3. Setup Times

Quadro comparativo:

Tabela 1. Setup interno

Setup interno	
Tarefas	Tempo s
1	60
2	50
3	150
4	100
5	300
6	90
7	145
8	240
9	210
10	240
troca	200
11	240
12	310
13	400
14	460
15	120
16	50
17	80
18	60
<b>Total =</b>	<b>3505</b>
<b>Total =</b>	<b>58,41667</b>

Tabela 2. Setup externo

Setup externo	
Tarefas	Tempo
11	240
12	310
13	400
14	460
<b>Total =</b>	<b>1410</b>
<b>Total =</b>	<b>23,5</b>

Tabela 3. Totais de setup SMED

Setup SMED	
<b>Total =</b>	<b>2095</b>
<b>TOTAL=</b>	<b>34,91667</b>
<b>%=</b>	<b>60</b>

Após uma análise de tarefas e tempos recomendados pelo fabricante (AG, n.d.) designados anteriormente, constrói-se uma tabela de tarefas e tempos necessários para desempenhar a troca de matrizes e ferramentas do equipamento de granulação. Com a implementação de ferramentas Lean Manufacturing e SMED, consegue-se assim uma divisão de tarefas que se podem realizar com o equipamento ainda em atividade. Ficando assim as tarefas específicas que só se conseguem realizar com o equipamento imobilizado.

Feita esta seleção de tarefas consegue-se obter um conjunto de dados e atividades que consomem tempo na imobilização do equipamento. Confrontando-se o *setup* interno com o *setup* externo, o que nos dá o tempo e atividades de SMED, consegue-se obter os resultados de diminuição de tempo de paragem. Neste caso obtém-se uma poupança aproximada de 23 minutos em relação às atividades atualmente desenvolvidas.

#### **4.4.3. Aplicação do VSM: Análise de produção**

Após a seleção do produto, procede-se à análise da cadeia de valor do mesmo, com o objetivo de analisar o processo atual da produção. É necessário elaborar um diagrama em que seja obtida uma representação gráfica dos fluxos de matéria e informação e tempo associados ao produto.

Apresenta-se de seguida o VSM atual (que se encontrava implementado na empresa Tecnipec), com o objetivo de apresentar o estado atual da cadeia de valor do produto, ao percorrer o fluxo produtivo e comunicando com os operadores responsáveis pelas várias tarefas que desempenham ao longo da produção, foi possível fazer um levantamento de dados de cada zona específica interveniente na produção em que se consegue elaborar dados, tais como: tempos de ciclo, lead time, número de operadores por tarefa, movimentações e stocks. Com estes dados, foi possível calcular o TT do produto com o objetivo de caracterizar a cadência necessária do produto específico para necessidade e satisfação do cliente (Figura 26).

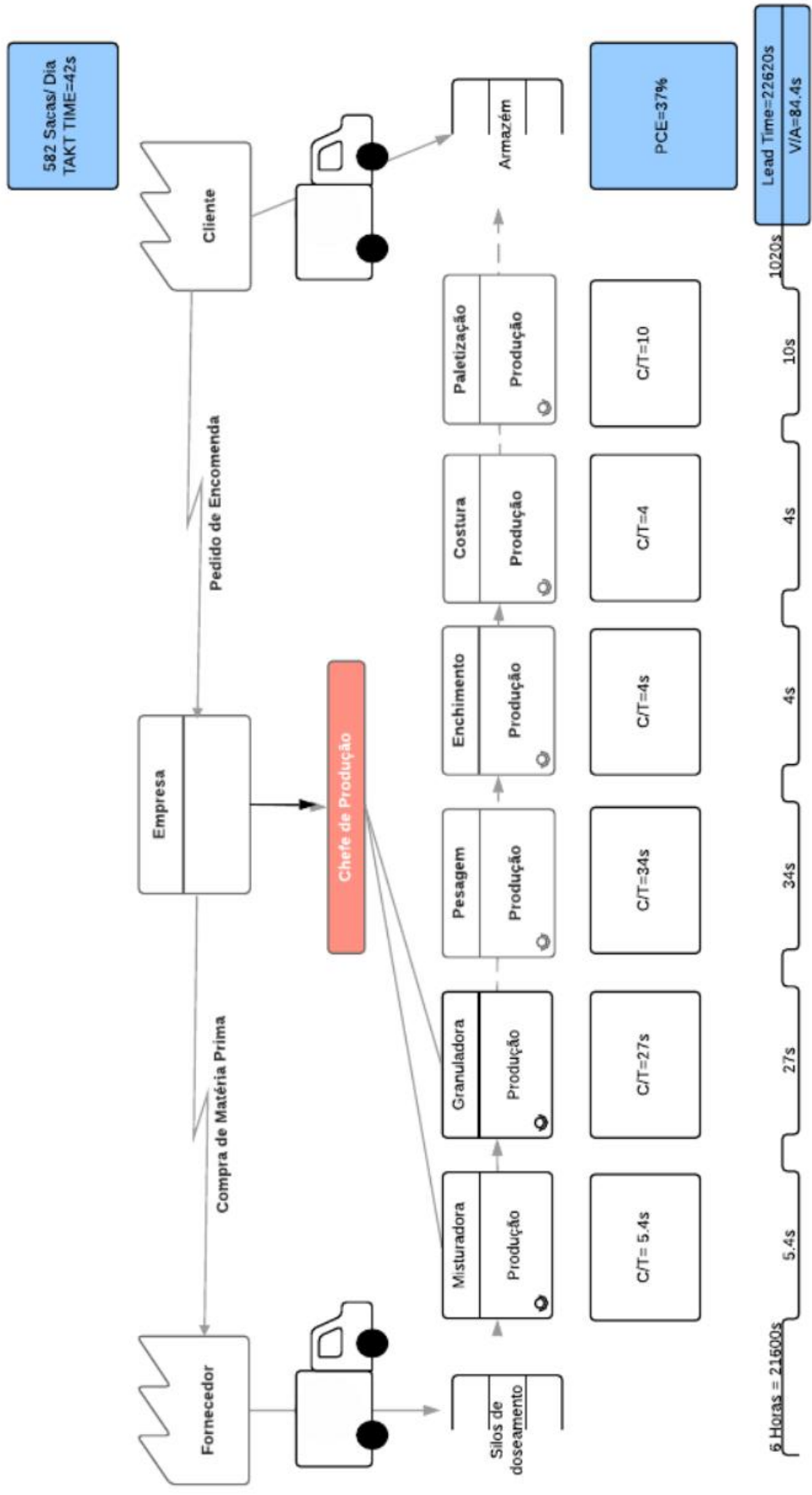


Figura 26. VSM atual aplicado à linha

#### **4.4.3.1. Identificação de desperdícios e proposta de ações de melhoria**

Através do VSM atual, é possível melhorar e analisar novas propostas para o futuro (Figura 27). Na análise do processo de produção do produto da empresa Tecnipec, foram identificadas as seguintes opções:

- A redução de tempo de *setup* e a preparação de ferramentas de auxílio ao *setup*;
- A alteração do sistema de pesagem e enchimento para metade do tempo atual (34 segundos);
- A melhoria do sistema de etiquetagem, de manual para automatizado;
- A zona de paletização por uma zona de paletização robotizada.

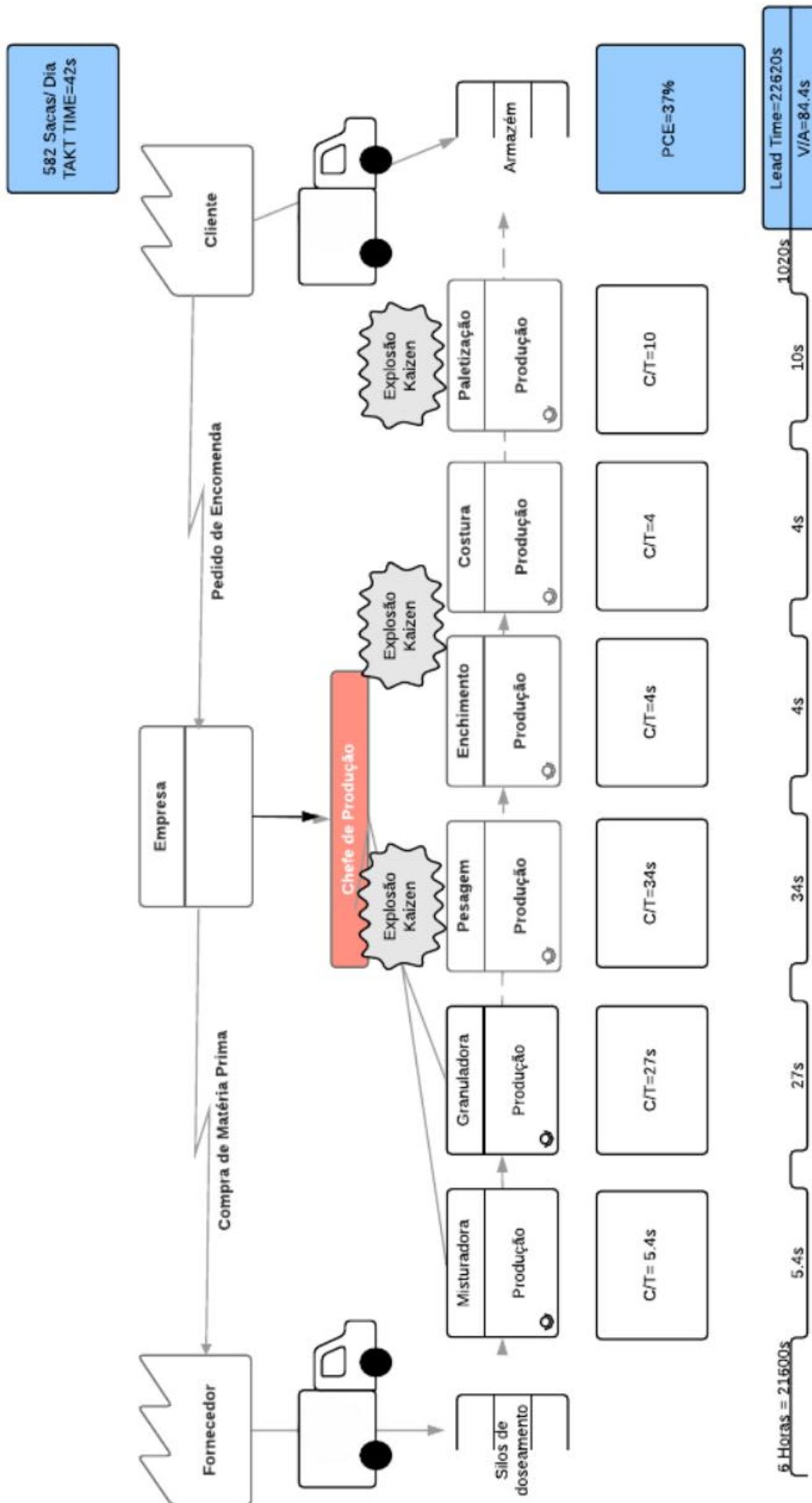


Figura 27. VSM com identificação de desperdícios e ações de melhoria

#### **4.4.3.2. Análise do VSM futuro**

Com base na eliminação dos problemas detetados nas análises anteriores, criou-se um VSM futuro (Figura 28), este baseia-se em valores combinados das ferramentas a implementar e ajustes das ferramentas atuais, eliminando-se assim algumas fontes de desperdício e interligando todos os processos. Foram também inseridos alguns equipamentos que criam a interligação e fluidez da linha, criando um fluxo contínuo. Com isto, consegue-se produzir apenas o que é necessário e na altura necessária de forma a eliminar as atividades intermédias que não acrescentam valor ao produto do cliente.

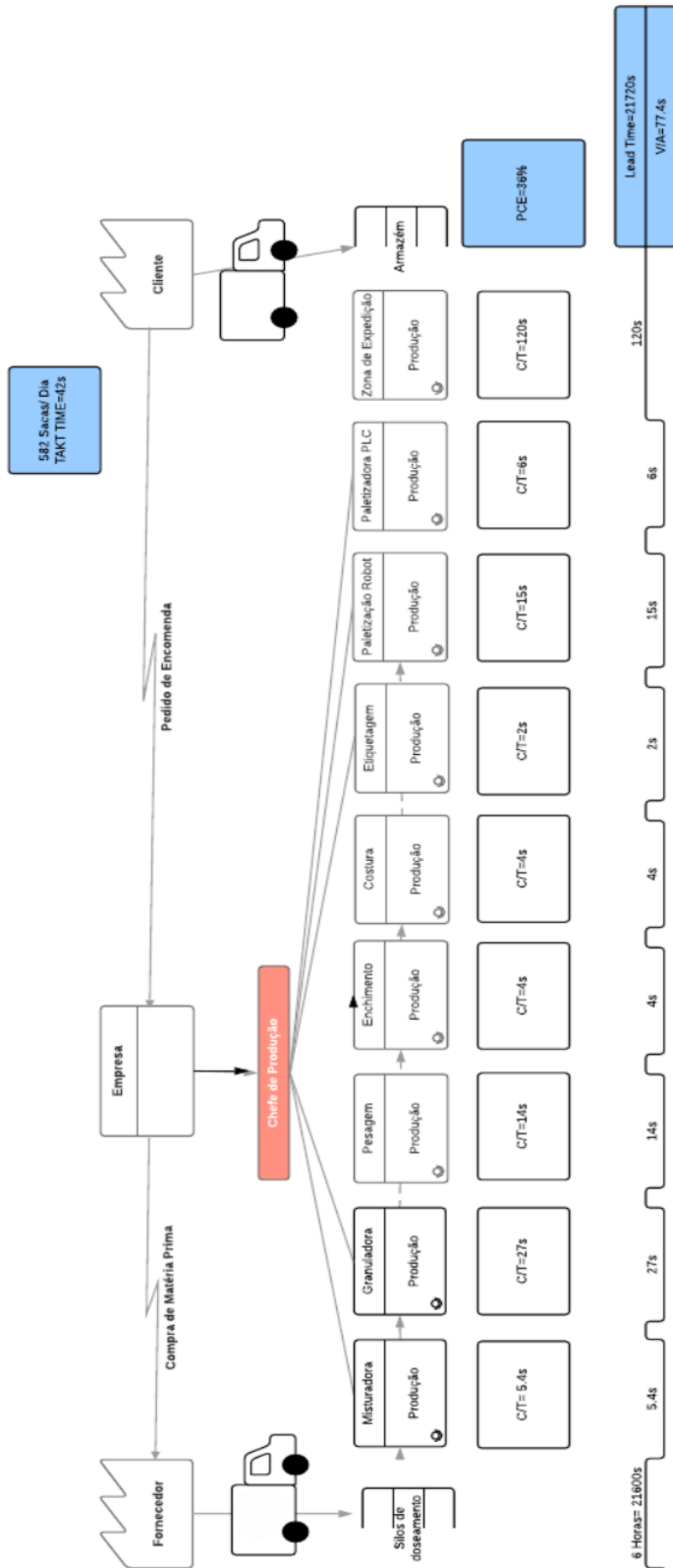


Figura 28. VSM futuro

## 4.5. Proposta de solução: Linha Robotizada

Este subcapítulo, através do Diagrama de *Spaghetti* e *VSM*, apresenta uma possível solução para as tarefas de paletização robotizadas da linha de produção de enchimento de sacas de granulado agropecuário na Tecnipec.

Nesta proposta, o manipulador industrial deve agarrar a saca de um ponto fixo (zona de receção) para colocar nas coordenadas do destino da embalagem na paleta (zona de paletização). A proposta apresentada pretende ser uma solução que flexibiliza as tarefas de paletização, conjugando a célula robotizada com outros equipamentos escravos de um PLC que controla a linha criando assim um processo fluído e eficiente (Figura 29). Com isto, toda a capacidade produtiva da empresa centra-se numa só zona, eliminando assim algumas quebras de fluxo e movimentações excessivas. Com esta implementação, não só a produção consegue maximizar os seus processos, como também a logística consegue utilizar esta nova linha para introduzir paletes preparados com vários tipos de produto para diversos clientes. Uma das vantagens é a libertação de um dos empilhadores para atividades de logística, como cargas e descargas.

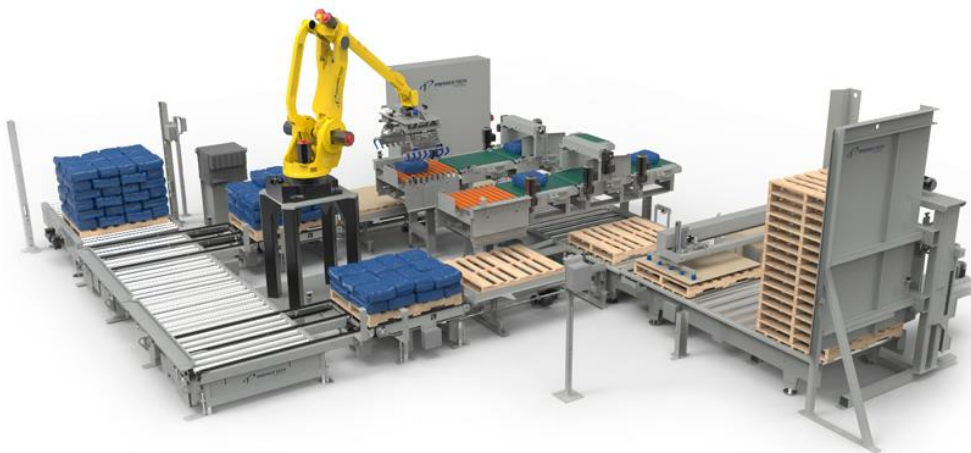


Figura 29. Exemplo de linha robotizada de paletização

## 4.5.1. Processo de paletização

### 4.5.1.1. Paletização de sacas

O processo de paletização de sacas consiste na movimentação de uma embalagem situada num local fixo (zona de receção), onde vai ser movimentada para outro local (zona de paletização). Um elemento importante da paletização é a velocidade do processo, ou seja, colocar as sacas em tempo útil e eficiente, seguindo uma metodologia em que as embalagens são dispostas segundo um padrão (layers) (Figura 30) que fornecem a estabilidade da palete em construção.

Numa célula de fabrico destinada à paletização, pode-se realizar as seguintes tarefas:

- Agarrar e posicionar uma ou mais embalagens;
- Agarrar e posicionar folhas de papel do local onde se encontram até à zona de paletização;
- Agarrar e posicionar paletes onde estas se encontram até à zona de paletização.

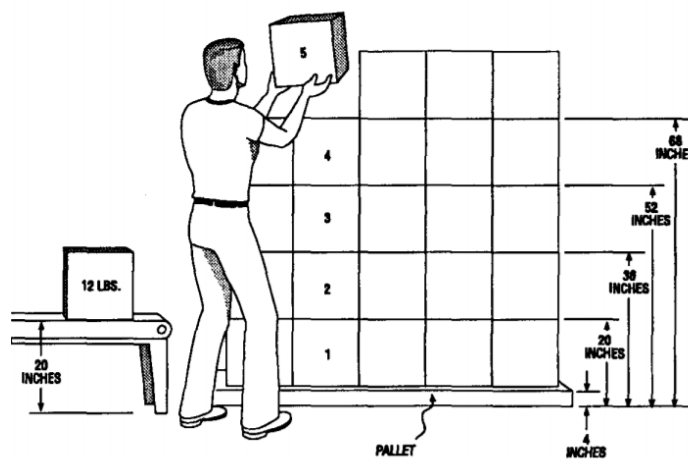
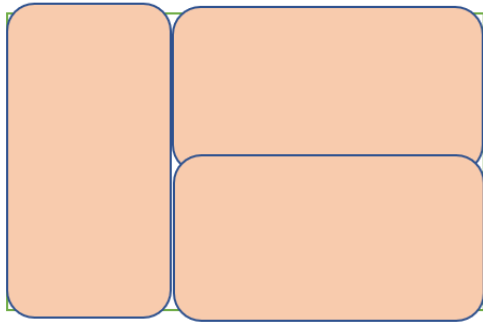


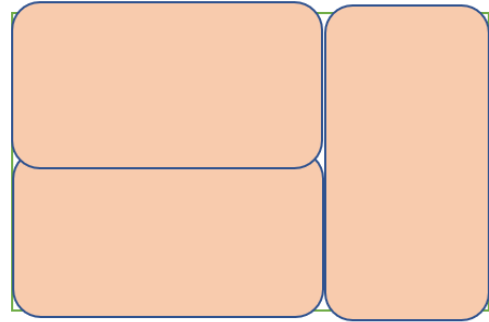
Figura 30. Ilustração do processo de Paletização/ Despaletização (Waters, Putz-Anderson, & Garg, 1994)

A função principal da zona de paletização é o agarrar e posicionar (“Picking and Placing”) embalagens, mas dependendo da variedade da embalagem e da sua própria metodologia de posicionamento (padrão layer, figuras 28 e 29).

Depois de realizada a paletização, as paletes são movidas do local através de transportadores ou movimentadores que podem ser operadas manualmente por um operador ou através de sistemas automatizados de movimentação (robotização).



**Figure 31.** Layer 1 Sacas 30 Kg

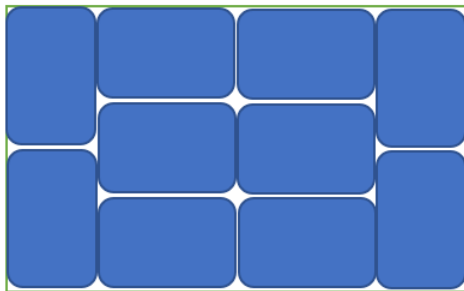


**Figure 32.** Layer 2 Sacas 30 Kg

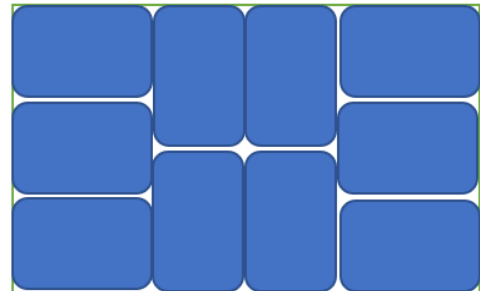
Paleta 10 Layers de 3 unidades

(Total 30 unidades)

Peso de 900 kg + Paleta



**Figure 33.** Layer 2 Sacas 5Kg



**Figure 34.** Layer 2 Sacas 5Kg

Paleta 12 Layers de 10 unidades

(Total 120 unidades)

Peso de 600 kg + Paleta

O travamento estrutural da paleta é conseguido através dos padrões de posicionamento das sacas. Esta metodologia de trabalho é a base de construção da paleta o que ao longo das camadas (layer, figuras 31 e 32), o próprio peso e posicionamento de cada saca no respetivo sentido e ordem trava a camada anterior. Com isto, garante-se que toda a movimentação do produto e da própria paleta não sofre danos maiores por instabilidade nas deslocações. Consoante o tamanho da embalagem, o padrão altera como podemos observar nas imagens anteriores paleta de sacas com 30kg e de 5kg.

#### 4.5.2. Processo de paletização robotizada

Para o processo de manipulação de sacas é necessário utilizar um conjunto de equipamentos de modo a realizar-se as tarefas de paletização. Por exemplo, neste processo tem de se conjugar um robô industrial com uma garra de saco (“baggripper”) (Figura 35) e transportadores rolantes (“conveyors”) (Figura 36) que aparentam ser a melhor escolha para o processo. É importante salientar que se utilize uma garra de saco e não uma ventosa porque o produto a ser movido (saca de granulado pecuário) gera uma superfície porosa com fraca capacidade de sucção, o que dificulta as operações.

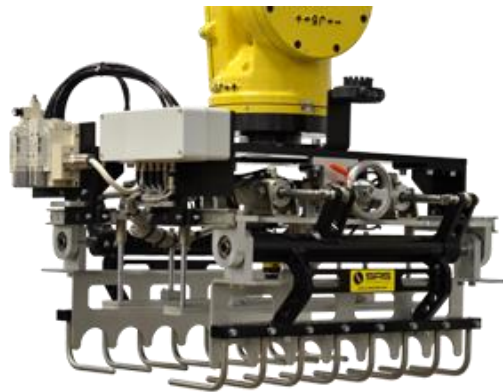


Figura 35. Baggripper



Figura 36. Conveyor

Na maioria dos casos usam-se ventosas ou sistemas pneumáticos, como garras pneumáticas ou pinças de dedos para efetuar os movimentos necessários para agarrar a embalagem ou saca, como se tratasse de um braço robotizado. Depois de agarrar a saca, cabe ao braço robotizado a movimentação necessária para mover o objeto até ao lugar programado na zona da paletização. A vantagem dos baggripper mais recentes é a adaptação ao tamanho e volume das embalagens, permitindo trabalhar dois tipos de embalagens em simultâneo.

#### 4.5.2.1. Robô e controlador

Todos os robôs industriais são controlados por um sistema eletrônico computadorizado (controlador, figura 37), que é responsável pelas tarefas de controlar a estrutura mecânica e coordenar a ação dos motores de acordo com a informação sensorial de posição e velocidade. Isto significa que a capacidade de programação local, o armazenamento da informação e a interface com outros algoritmos de controle e PLC's são localizados neste equipamento que, por sua vez, é responsável pelo planejamento e trajetórias que a estrutura mecânica descreve em movimento. Dadas as exigências e a velocidade das atuais estruturas de produção aliadas à evolução de produtos constante, exige dos equipamentos de produção uma flexibilidade dos sistemas de controle que permitem cada vez mais a fácil utilização e conjugação com outros equipamentos circundantes. Por exemplo, M2M é o nível de informação possível de se realizar com estes equipamentos.



Figura 37. Controlador

Os manipuladores industriais apresentam uma estrutura antropomórfica (ver figura 32) com um punho esférico capaz de operações de soldadura, manuseio de materiais, moldagem por injeção, montagem e embalagem, capazes de desempenhar funções em ambientes bastante agressivos. O braço pode possuir até 6 articulações de rotação, designando-se como 6 graus de liberdade. Os robôs designados às tarefas de paletização, por norma, necessitam apenas de 4 graus de liberdade, pois um movimento será realizado em paralelo com a base do manipulador. De salientar que se utilizam 5 e 6 graus de liberdade apenas em casos específicos com elevada complexidade e risco de colisões. Neste sentido, o “*bagripper*” irá estar alinhado e em paralelo com o plano da paleta, não necessitando de rotações desnecessárias.

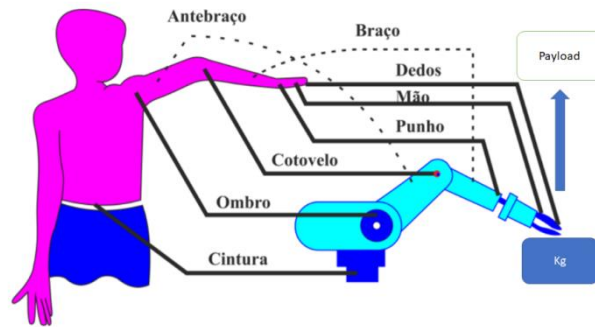


Figura 38. Braço-robot antropomórfico

Todos os robôs enquanto semelhantes ao braço humano carecem de algumas variáveis que influenciam o seu desempenho, nomeadamente o máximo alcance (“working range”, Figura 39) e o peso da carga (“payload”, figura 38)

Working range at wrist center & load diagram

IRB 660-180/3.15 and IRB 660-250/3.15

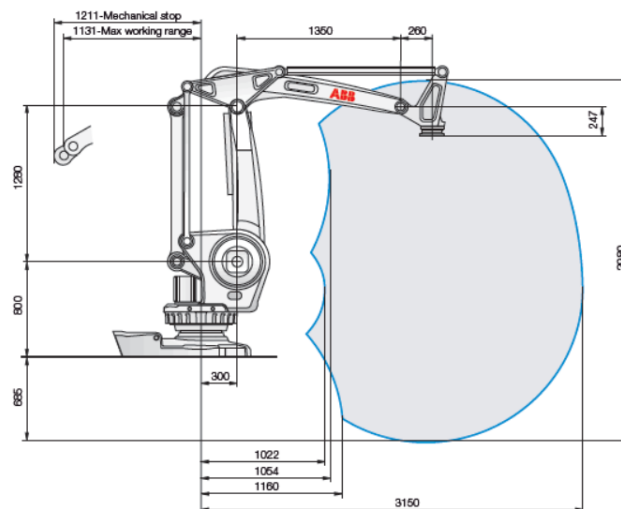


Figura 39. Especificação de IRB 660/3.15



Figura 40. Braço robotizado de IRB 660/3.15

### **4.5.3. Processo fluído e eficiente**

Para que um processo de paletização seja fluído é necessário que os intervenientes também o sejam. Para isso é preciso planear um layout otimizado e articulado com os elementos mediadores da tarefa. Para que o processo de paletização seja mais eficiente é garantir que é seguido o padrão específico para o tipo de embalagem que consiste numa otimização específica de cada camada com um número e peso limitado de embalagens. Por vezes tem que se utilizar outros métodos que gerem informação para uma correta aplicação das embalagens a fim de eliminar erros, como por exemplo ferramentas digitais ou analógicas de medição.

Devido às pressões do mercado atual, muitas das empresas optam por uma maior flexibilidade e capacidade de responder às mudanças de curto prazo, como consequência do mercado, ou pedidos urgentes de clientes. Com isto, estas recorrem à automação como a opção mais fiável, desenvolvendo sistemas pré-montados permitindo a sua construção fácil e de aplicação imediata no local. Estes sistemas modelares de equipamentos são fáceis de testar e configurar, podendo assim serem realizadas, se necessário, configurações de forma simples e rápida pelas equipas de engenharia e manutenção. O que dá uma vantagem na resposta às alterações do mercado.

#### 4.6. Melhoria de layout e linha robotizada

Como tem sido abordado ao longo da presente dissertação, a infraestrutura afeta à produção da empresa Tecnipec apresenta vários constrangimentos a nível de eficiência da produção. A infraestrutura contém uma rede longa e complexa de equipamentos de movimentação de matéria-prima (transportadores sem fins) como exemplo, tapetes helicoidais, elevadores de alcatruzes, todos estes são controlados por um sistema automatizado. A infraestrutura da produção apresenta um layout desfasado, sendo que a linha 2 não se encontra no quadrante produtivo, mas sim no armazém, como referido anteriormente. Nesta linha, a proposta de melhoria de layout e linha robotizada é a seguinte:

1. A movimentação da linha 2 para junto da linha 1, encontrando-se assim as 3 linhas no mesmo espaço;
2. A linha 2 terá de ser alimentada através de Transportadores redler (Figura 41) ou sem fins (transportadores de fuso) para a nova posição (Figura 42);
3. As 3 linhas devem ser equipadas com tapetes rolantes para extração das sacas da zona de enchimento até à zona de receção da célula robotizada (Figura 44);
4. Nesta fase, seria de interesse aplicar a nova zona de etiquetagem da linha, isto é, a eliminação de tempos de preparação de lotes para ensaque, libertando o operador para outras funções de supervisão da linha (Figura 43);
5. Instalação da célula robotizada com duas zonas de paletização e magazine de euro-paletes (Figura 45);
6. Conveyers de corrente para extração das paletes acabadas até à paletizadora (Figura 36);
7. Instalação da paletizadora PLC (Figura 46);
8. Zona de extração e de espera (buffer) para expedição da linha (Figura 46);
9. Toda a linha deverá ser regida através de um protocolo de segurança para salvaguardar a integridade humana, dos equipamentos e do produto.

Como nota informativa salienta-se que o investimento inicial para o robô rondará os 52.000 euros, mais 25.000 euros para a paletizadora, mais 7.000 euros vezes 3 unidades para a máquina de etiquetagem, mais equipamentos adjacentes e programação PLC, o que se estima ser necessário cerca de 150.000 euros. Contudo, este investimento terá um retorno a médio-prazo, estimando-se que este valor se encontre pago passados entre 6 a 12 meses.

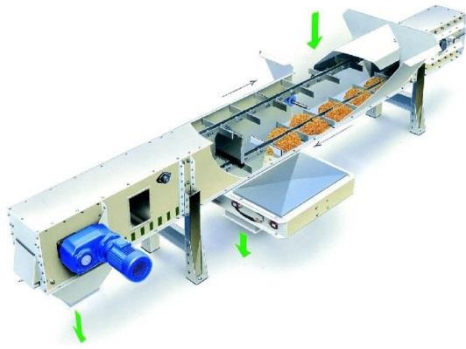


Figura 41. Transportador Redler

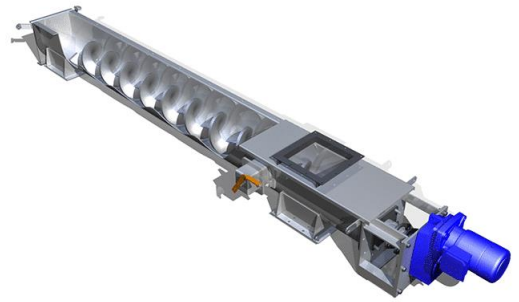


Figura 42. Transportador de fuso (sem-fim)



Figura 43. Máquina de etiquetagem



Figura 44. Transportador de tela



Figura 45. Célula robotizada com magazine de paletes

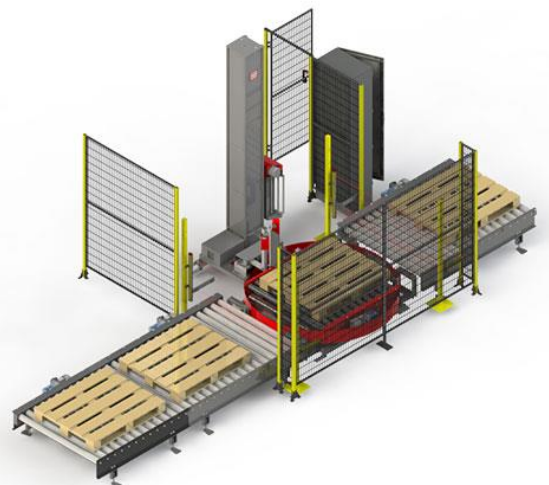


Figura 46. Paletizador PLC

#### 4.6.1. Análise de futuro - Layout de linha Robotizada:

- Proposta de Layout 1

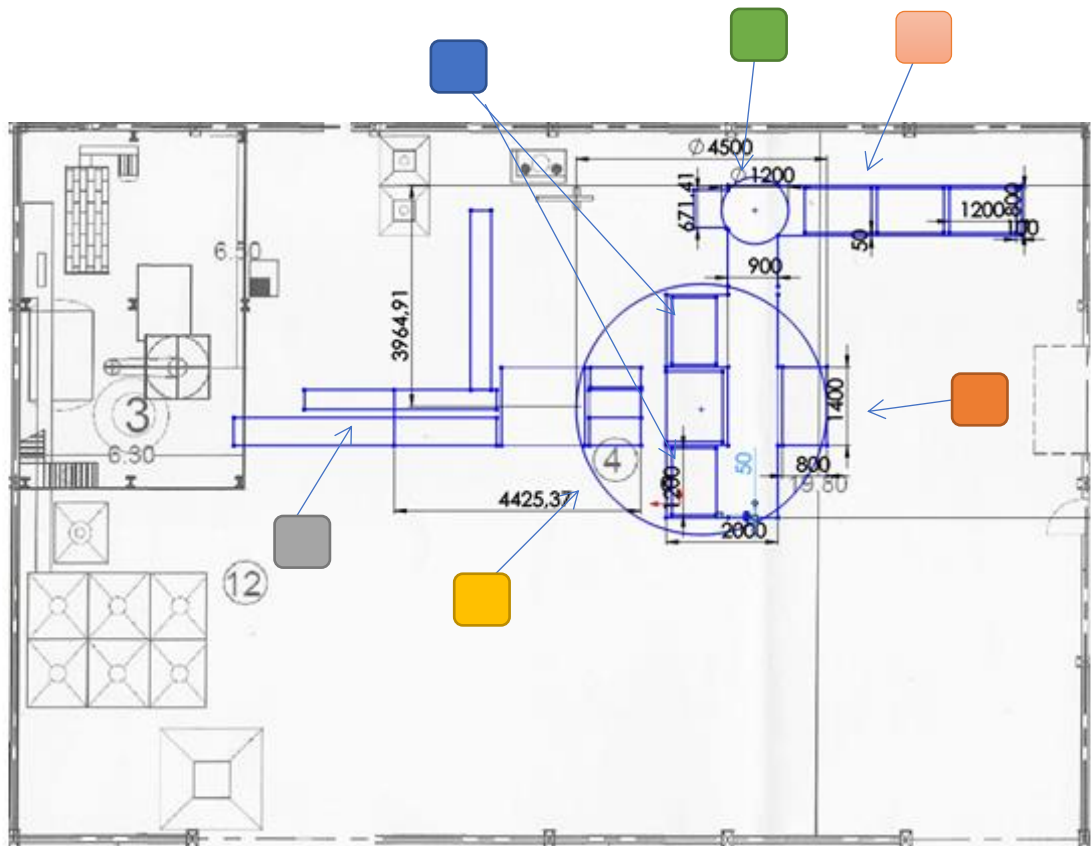


Figura 47. Esquema de posicionamento no layout da linha robotizada: Proposta 1

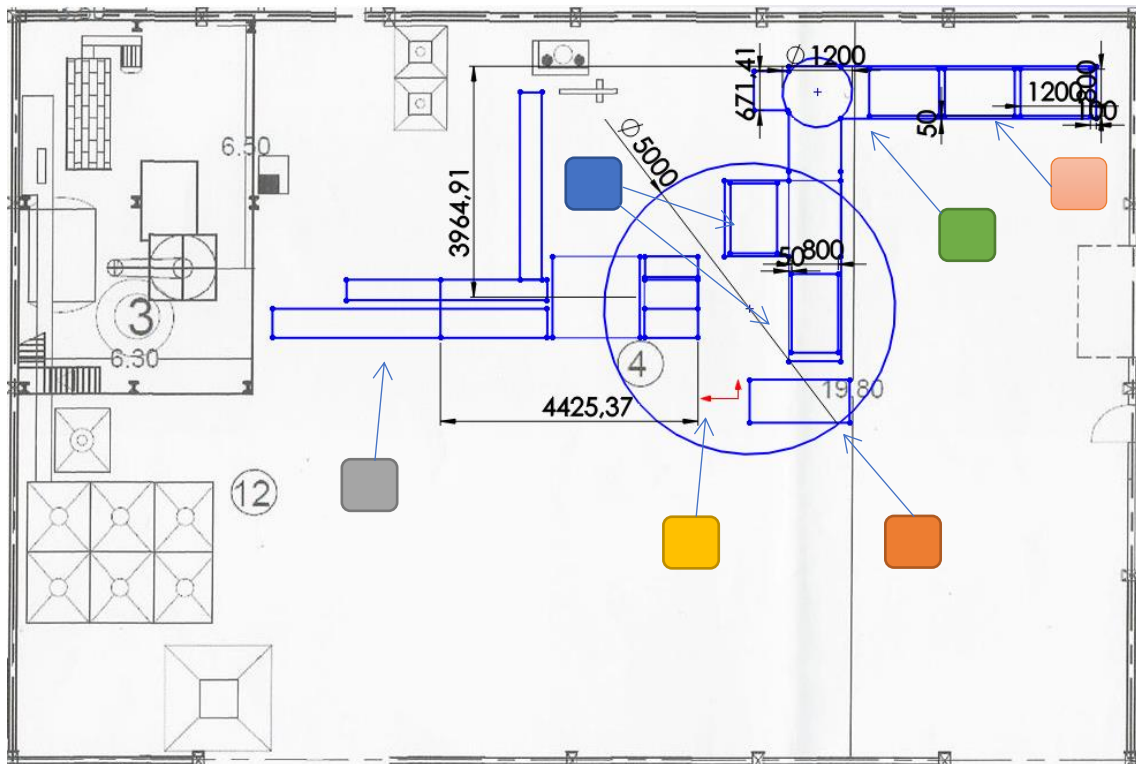


Numa primeira abordagem ao quadrante produtivo da empresa (Figura 47) e após a instalação necessária da linha 2 próximo das outras linhas em funcionamento, já referido anteriormente, pode-se então definir o seguinte:

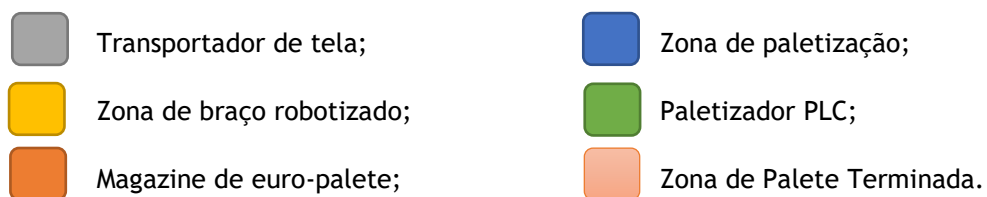
- A capacidade de extração das linhas através de transportadores de tela para as operações de costura, etiquetagem e viragem da saca para a zona de receção da célula robotizada;
- Área disponível para o máximo alcance de trabalho do manipulador industrial de modo a desempenhar as suas tarefas sem entrar em rotas de colisão (aumento significativo dos tempos de ciclo da função);
- Zonas em que a as tarefas de paletização serão realizadas;
- Magazine de euro-paleta até 15 unidades;
- Transportador de corrente/rolos de paletes para extração da paleta concluída da zona de paletização para a paletizadora PLC;
- Paletizadora PLC aplicadora de película, com função de rotação de linha a 90°;
- Três transportadores de correntes de paleta acabada com função de buffer para expedição através de movimentador/empilhador para a zona de armazenamento;
- Protocolo de segurança de modo a garantir a segurança dos operadores e equipamentos.
- Instalação de barreiras de proteção metálicas e Células fotoelétricas de apoio ao protocolo de segurança.
- Instalação de sinalética visual e sonora de interface com alinha nomeadamente:  
Aviso luminoso do funcionamento do equipamento, e aviso sonoro de prévia paragem ou paragem efetiva da linha por falta de operador.

- Proposta de Layout 2

Numa segunda abordagem ao quadrante produtivo da empresa (Figura 48) pode-se então conjugar as limitações da célula robotizada e as vantagens dos equipamentos de apoio à linha de ensaie o que nos leva a definir a solução óptima do funcionamento do manipulador industrial a sua ferramenta baggripper.



**Figura 48.** Esquema de posicionamento no layout da linha robotizada: Proposta 2



A abordagem seguida nesta segunda proposta, a intervenção foca-se na célula robotizada e na zona de tarefa de paletização, em que alterando os ângulos de trabalho de 180° e alimentação de palete à retaguarda, o que iria consumir muito tempo no ciclo do braço robotizado, opta-se pela disposição das zonas de paletização a 90° e 45° e a magazine de euro palete a 90° ao lado oposto. Com este layout permite que os ciclos de trabalho não sofrem variações que possam criar zonas de colisão e atrasos na linha.

### 5. Análise de resultados e discussão

O Homem tem sido dependente dos recursos que a Natureza lhe proporciona. E, com a ascensão da automação industrial, o Homem pode não só poupar os recursos naturais (matéria-prima), como também poupar-se a si mesmo. Foi objetivo desta dissertação procurar um sistema eficiente de paletização das três linhas de enchimento de embalagens da empresa Tecnipec. Neste sentido, procuraram-se soluções em novas tecnologias, de modo a reduzir-se a intervenção humana, que se tem verificado ser um processo moroso e desgastante.

A procura de produtos da Tecnipec tem vindo ao longo dos anos a ter um aumento significativo, não só devido à qualidade dos produtos, como também por ser uma marca recente. Com o objetivo de tornar a empresa mais competitiva é indispensável a aposta num maior desenvolvimento e otimização ao nível da tecnologia para a produção dos produtos. Como tal, foram surgindo novas formas de contornar os problemas existentes, nomeadamente equipamentos e infraestruturas desatualizados, como o elevado número de produtos. Na indústria e, particularmente, na indústria de produção de rações agropecuárias, procura-se que os processos sejam concluídos com elevada eficiência e eficácia, pois é uma área alimentar animal controlada por normas específicas a esta indústria, surgindo assim a aplicação da filosofia Lean Manufacturing.

A filosofia Lean Manufacturing é uma filosofia que procura melhorar a competitividade das empresas, de forma a satisfazer as necessidades dos clientes através da redução dos custos, tempos de entrega e recursos, tais como a mão-de-obra, energias e matéria-prima. Potencializa o aumento da qualidade dos produtos e a interação de todos os colaboradores que integram a organização num processo de melhoria contínua.

Neste sentido, a dissertação surgiu da necessidade de um estudo de implementação de uma linha robotizada com auxílio de ferramentas Lean na paletização para a empresa Tecnipec.

Com a utilização da ferramenta VSM é possível definir o que fazer em cada etapa e atividade em cada processo produtivo, desta forma analisa-se a possível minimização de recursos e desperdícios. Esta ferramenta aplicada tem como objetivo analisar o estado em que se encontra a cadeia de valor do produto, tais como o fluxo de materiais, informação e o tempo necessário para a sua produção. Com esta ferramenta posteriormente consegue-se elaborar um estado futuro com o objetivo de eliminar os desperdícios detetados numa primeira análise. É reconhecido que as vantagens da sua implementação, após a identificação dos principais desperdícios, colocam-se em prática as melhorias propostas. Ao analisar o VSM atual (Figura

23) e considerando os resultados obtidos para cada atividade de produção, detetaram-se os principais desperdícios ao longo de todo o processo: tempos de *setup* da granuladora, a possível redução do tempo do sistema de pesagem para metade e um sistema de paletização mais eficaz e de fácil utilização pelo operador. Neste contexto, o VSM atual com um *takt-time* de 42 segundos para produzir 582 sacas por dia, a linha apresenta um *lead time* de 22620s segundos e um V/A de 84.4 segundos, apresentando assim um PCE de 36%. Estes dados apresentam uma linha que se demonstra pouco eficaz, mas todos os processos a montante na linha de enchimento fazem com que os produtos não consigam respeitar as necessidades dos clientes, nomeadamente o elevado número de diferentes *skus*, os *setups* necessários para cada produto e a partilha de equipamentos seja para a produção a granel, como para tarefas de logística. Quanto ao VSM futuro (Figura 25), demonstra outra realidade em que para a linha inicial de categoria simples passa a ter um conjunto de equipamentos e tarefas que fazem diminuir o *lead time*, diminuindo para 21720s, contudo, o PCE para 36%. As vantagens revelam-se na diminuição do número de colaboradores que fazem parte do trabalho manual de atividades com elevado desgaste físico, reafectando-os em processos de controlo e melhoria contínua.

Uma outra ferramenta analisada foi o Diagrama de Spaghetti, que consiste em examinar as trajetórias e posicionamento dos equipamentos e dos produtos no layout da unidade fabril. Ao concluir este diagrama, verificou-se que existe um grande tráfego de movimentações desnecessárias que não acrescentam valor à produção (Figura 18). Estas causas surgem de um posicionamento negativo dos equipamentos e de alguns obstáculos existentes no chão de fábrica. Com este diagrama conseguia-se fazer uma análise precisa das vantagens e melhoria que irá trazer ao concentrar todas as linhas e célula robotizada na mesma área de produção, libertando recursos para outras atividades que são realizadas em simultâneo.

Por fim, a última ferramenta que permite reduzir os tempos de *setup* (SMED) é uma vantagem adquirida, pois consegue-se eliminar tempos desnecessários e maximizar a troca de ferramentas e o seu respetivo tempo para satisfazer as necessidades do cliente. Nesta análise, obtém-se que na tabela 1 os processos sequenciais para a troca de ferramenta da granuladora (matriz) com o equipamento inativo. Com a aplicação do SMED, na tabela 2, cria-se um *setup* externo que são as atividades realizadas de troca de ferramenta ainda com o equipamento em funcionamento, reduzindo-se assim o tempo de paragem, o que permite produções menores, mas com maior rotatividade satisfazendo a procura dos vários produtos no mercado.

### 6. Conclusões

Foi objetivo da presente dissertação estudar a implementação de uma linha robotizada com auxílio de ferramentas Lean na paletização para a empresa Tecnipec.

Conclui-se que com a elaboração do estudo de caso assente na metodologia investigação-ação, é possível aplicar ferramentas Lean à realidade complexa de uma zona de produção industrial. Ficou demonstrado que as ferramentas podem ter uma eficácia elevada e permitem direcionar o foco para as atividades de melhoria contínua com carácter prioritário, o que possibilita à empresa seguir um caminho de encontro à implementação do Lean Manufacturing.

Os objetivos propostos na elaboração deste documento foram alcançados. É importante salientar que, se no futuro a empresa Tecnipec demonstrar interesse em utilizar as ferramentas Lean, conseguirão extrair melhor as suas vantagens e qualidades que não estão a ser devidamente aproveitadas.

Relativamente à linha robotizada, a sua implementação seria um passo a médio/longo-prazo capaz de se adaptar às características exigidas pelo mercado, garantindo assim uma redução de tempo de resposta aos clientes na empresa Tecnipec.

## **6.1. Sugestões de trabalhos futuros**

Este estudo originou interesse em realizar futuras pesquisas no âmbito de melhoria contínua e implementação de filosofia Lean.

A proposta da linha robotizada foi apresentada à Tecnipec e foi aceite. Neste sentido, como sugestão futura, propõe-se a avaliação da linha robotizada na Tecnipec e a consequente avaliação do desempenho dos novos métodos de produção.

Também se sugere a otimização das áreas de logística e de distribuição dos produtos da empresa.

Para além disso, considera-se que seria interessante e eficaz avaliar as ferramentas Lean e, talvez, a linha robotizada numa empresa de outra área.

## 7. Referências bibliográficas

- Ablanedo-Rosas, J. H., Alidaee, B., Moreno, J. C., & Urbina, J. (2010). Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organisations. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7063-7087. <https://doi.org/10.1080/00207540903382865>
- AG, B. (n.d.). Manual de Instruções Lummer.
- Behrouzi, F., & Wong, K. Y. (2011). Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. *Procedia Computer Science*, 3, 388-395. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2010.12.065>
- Chapman, C. D. (2005). Clean House With Lean 5S. *Quality Progress*, 38(6), 27-32.
- Clarke, R. (1993). Asimov's Laws. *COMPUTING MILIEUX*, 9.
- Diftler, M. A., Mehling, J. S., Abdallah, M. E., Radford, N. A., Bridgwater, L. B., Sanders, A. M., ... Ambrose, R. O. (2011). Robonaut 2 - The first humanoid robot in space. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1, 2178-2183. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5979830>
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Miguel, P. A. cauchick. (2015). A Distinctive Analysis of Case Study, Action Research and Design Science Research. *Review of Business Management*, 17(56), 1116-1133. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v17i56.2069>
- Faulkner, W., Templeton, W., Gullett, D., & Badurdeen, F. (2012). Visualizing sustainability performance of manufacturing systems using sustainable value stream mapping (Sus-VSM). *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul, Turkey*, 815-824.
- Ferro, J. R. (2003). A essência da ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor.” *Lean Institute Brasil*, 9.
- Grau, A., Indri, M., Bello, L. Lo, & Sauter, T. (2017). Industrial Robotics in Factory Automation : from the Early Stage to the Internet of Things. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 6159-6164. <https://doi.org/10.1109/IECON.2017.8217070>
- Jammes, F., & Smit, H. (2005). Service-oriented paradigms in industrial automation. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 1(1), 62-70. <https://doi.org/10.1109/TII.2005.844419>

- Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. *2014 IEEE Automation, Quality and Testing, Robotics*, 2-4. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857843>
- Kormushev, P., Demiris, Y., & Caldwell, D. G. (2015). Encoderless position control of a two-link robot manipulator. *Proceedings - IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2015-June*(June), 943-949. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2015.7139290>
- Leitão, P., Colombo, A. W., & Karnouskos, S. (2016). Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. *Computers in Industry*, 81, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.08.004>
- Lin, C. S., Chang, P. R., & Luh, J. Y. S. (1983). Formulation and Optimization of Cubic Polynomial Joint Trajectories for Industrial Robots. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 28(12), 1066-1074. <https://doi.org/10.1109/TAC.1983.1103181>
- Martins, A. (2012). Caracterização de Ferramentas de Apoio à Gestão de Energia na Indústria.
- Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). Lean Thinking : Reduction of Waste , Lead Time , Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique. *International Journal of Emerging Technologies and Advanced Engineering*, 4(3), 339-344.
- Moreira, A. C., & Pais, G. C. S. (2011). Single minute exchange of die. A case study implementation. *Journal of Technology Management and Innovation*, 6(1), 129-146. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242011000100011>
- Naveen, K., Sunil, L., Sanjay, K., & Abid, H. (2013). Facilitating Lean Manufacturing Systems Implementation : Role of Top Management Identification Review : Variable. *International Journal of Advances in Management and Economics*, 2(3), 1-9.
- Neumann, P. (2007). Communication in industrial automation-What is going on? *Control Engineering Practice*, 15(11), 1332-1347. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2006.10.004>
- Pinto, A., & Sorares, I. (2009). *Sistemas de Gestão Evolução da Gestão da Qualidade*.
- Price, J. (1994). Lean production at Suzuki and Toyota: A historical perspective. *Studies in Political Economy*, 45(November), 66-99. <https://doi.org/10.1080/19187033.1994.11675375>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*, 102. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Shahin, A., & Janatyan, N. (2010). Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity. *International Business Research*, 3(4), 105-118.

- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, 14(2), 323-335. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>
- Swanson, C. A., & Lankford, W. M. (1998). Just-in-time manufacturing, 4(4), 333-341.
- Tellis, W. M. (1997). Application of a Case Study Methodology Application of a Case Study Methodology, 3(3), 1-19.
- Ulutas, B. (2011). li. Lean Manufacturing. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 5(7), 1194-1197.
- Waters, T., Putz-Anderson, V., & Garg, A. (1994). Quick Guide for the NIOSH lifting equation. *DHHS (NIOSH) Publication*.

## 8. Anexos



Produções

Filtros aplicados:

<input type="checkbox"/> Fórmula:		
<input checked="" type="checkbox"/> Linha Produção:	0	Registos seleccionados: 0 de 0
Datas: Datas entre: 01-03-2018 00:00:00 e 31-03-2018 23:59:59		

Fórmula	Quantidade (kg)
[00001] SOJA	2.000,00
[0001] SEMEA	6.498,00
[0005] GIRASSOL	2.010,00
[00052] TECNIPLUS	4.004,00
[2114] TECNIN 801	7.073,61
[2119] TECNI 815	12.164,00
[2119] TECNI 815	1.000,70
[2126] PORCOS 801 DO QUINTAL	2.016,30
[2127] PORCOS 815 DO QUINTAL	6.093,26
[2127] PORCOS 815 DO QUINTAL	1.002,41
[2128] SUILAC.	3.028,00
[2130] Perú's Quintal 2	1.011,60
[2143] TECINI 104 Especial	2.008,00
[2173] TECNI 800	18.256,40
[2217] AGP 2 IBERICO	64.031,95
[2217] AGP 2 IBERICO	48.107,80
[2227] TECNI VITELOS STARTER	1.003,70
[2246] GALINHAS DO QUINTAL	11.144,40
[2248] TECNI 120	36.624,40
[2249] FRANGOS DO QUINTAL	15.178,50
[2262] AGP 1 IBÉRICO.	42.544,40
[2262] AGP 1 IBÉRICO.	24.066,60
[2264] AGP 00	66.908,20
[2267] AGP 29 ( 1ª FASE)	4.038,40
[2278] AGP GESTACAO IBERICO	18.238,80
[2278] AGP GESTACAO IBERICO	22.091,20
[2279] AGP LACTAÇÃO IBERICO	6.011,40
[2279] AGP LACTAÇÃO IBERICO	7.120,80

[2284] AGP B "SEM SEMEA DE TRIGO"	11.130,35
[2284] AGP B "SEM SEMEA DE TRIGO"	27.120,35
[2285] AGP C "SEM SEMEA DE TRIGO"	14.100,80
[2285] AGP C "SEM SEMEA DE TRIGO"	21.230,65
[2286] AGP 30 "SEM SEMEA DE TRIGO"	7.076,70
[2288] TECNI SUINOS AC	26.385,40
[2288] TECNI SUINOS AC	103.634,90
[2297] SUILAC PRO	10.110,00
[2306] AGP 4 IBERICO	16.202,60
[2306] AGP 4 IBERICO	115.618,11
[2323] AGP 3 IBERICO	131.617,90
[2323] AGP 3 IBERICO	24.638,00
[2324] AGP A "S/SEMEA DE TRIGO"	3.039,60
[2328] AGP B	147.698,50
[2328] AGP B	149.609,20
[2336] TECNI 330 AE.	4.017,20
[2337] TECNI 330	16.091,00
[2338] TECNI NOVILHOS CR	6.055,00
[2340] TECNI NOVILHOS AC -	7.079,40
[2341] TECNI 310	22.086,00
[2353] TECNI 830 SEM COLZA	4.046,60
[2363] F/PRE VTL/25	5.078,00
[2364] SUILAC M DB	8.033,12
[2366] AGP B ANX	44.546,80
[2369] AGP A	57.848,35
[2370] AGP A ANX	28.419,40
[2371] AGP 30	64.572,80
[2371] AGP 30	64.143,80
[2372] TECNI 104	4.054,60
[2374] PINTOS DO QUINTAL	5.058,50
[2375] TECNI SUINOS CR	20.268,00
[2375] TECNI SUINOS CR	12.143,00
[2376] TECNI 830	16.154,00
[2377] TECNI 831	11.094,90
[2377] TECNI 831	4.036,40
[2378] AGP C	188.127,70
[2378] AGP C	195.659,80
[2379] AGP C ANX NV	76.036,00

[2386] PRE-STARTER P1NV	20.120,00
[2388] NÚCLEO LACTÇÃO 40%	20.161,00
[2388] NÚCLEO LACTÇÃO 40%	10.023,00
[2390] TECNI SUINOS AC SEM COLZA	24.059,20
[2390] TECNI SUINOS AC SEM COLZA	9.058,90
[2391] TECNISUINOS CR SEM COLZA	8.113,00
[2392] AGP 30 SEM COLZA	10.116,50
[2392] AGP 30 SEM COLZA	30.066,40
[2393] AGP FR SEM COLZA	2.000,80
[2393] AGP FR SEM COLZA	10.090,00
[2394] AGP 31 SEM COLZA	23.144,25
[2394] AGP 31 SEM COLZA	12.045,40
[2395] AGP A SEM COLZA	62.693,40
[2396] AGP B SEM COLZA	125.083,60
[2396] AGP B SEM COLZA	112.408,20
[2397] AGP C SEM COLZA	20.035,10
[2397] AGP C SEM COLZA	113.193,20
[2398] AGP C ANX SEM COLZA.	24.198,40
[2399] AGPA ANX SEM COLZA	24.279,80
[2400] AGP B ANX SEM COLZA	4.026,60
[2401] TECNI 120 SEM COLZA	6.089,30
[2404] AGP 1 SEM COLZA..	16.051,00
[2405] AGP 2 IBERICO SEM COLZA	25.307,25
[2408] TECNI VITELOS STARTER SEM COLZA	3.034,10
[2409] TECNI 310 SEM COLZA	6.041,50
[2410] AGP 00	37.484,30
[2411] TECNI 830 SEM SEMEA	4.076,00
[2412] AGP FR	6.107,30
[2412] AGP FR	8.042,00
[2413] AGP 31 NOVA	15.034,50
[2413] AGP 31 NOVA	28.551,80
[2415] AGP 00	42.387,50
[2416] AGP A	41.482,90
[2417] AGP A ANX	17.189,30
[2418] TECNI 800	20.237,00
[2419] GEN VARRASCOS SEM COLZA	1.015,95
[2421] SUILAC M DB	12.083,68
[2436] WIDEHELIX ACABAMENTO	3.015,80

[2438] AGP 1 IBÉRICO.	12.192,52
[2440] AGP 4 IBERICO	16.117,80
[2441] AGP 3 IBERICO	14.071,80
[2442] AGP B	34.528,80
[2443] AGP C	36.562,60
[2443] AGP C	16.085,80
[2444] AGP 00	5.060,75
[2445] AGP A	20.355,00
[305] TECNI 832	18.209,12
[407] PORCAS 832 DO QUINTAL	1.007,70
<b>Total</b>	<b>3.241.480,08</b>