

Ferramenta Computacional de Suporte à Decisão no Processo de Implementação de Ferramentas *Lean* em PMEs Industriais

Adriana Sofia Penedo Mendes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutora Tânia Daniela Felgueiras de Miranda Lima
Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar

junho de 2021

Agradecimentos

Deixo o meu agradecimento a todos aqueles, que de alguma forma, contribuíram para concretização desta etapa, em particular:

À minha orientadora, Prof. Doutora Tânia Daniela Felgueiras de Miranda Lima, não só pela paciência e disponibilidade, como por toda a dedicação e orientação prestada para a realização deste trabalho e por todas as palavras de força e encorajamento para fazer sempre mais e melhor.

Ao meu coorientador Prof. Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar, pela ajuda e disponibilidade, essenciais para a concretização deste projeto.

Aos meus pais e ao meu irmão, pela paciência, amizade e pelo apoio incondicional que sempre demonstraram ao longo deste percurso. Agradeço pela educação que me deram e por me ensinarem a compreender que nada se consegue sem trabalho, esforço e dedicação.

Ao meu namorado Tiago, que acompanhou o desenvolvimento deste trabalho e que me incentivou a não desistir. Agradeço todo o carinho, paciência e a força que sempre me transmitiu ao longo destes anos.

À Universidade da Beira Interior, que foi a minha segunda casa e que me fez crescer tanto a nível académico como pessoal.

Resumo

As pequenas e médias empresas (PMEs) contribuem consideravelmente para a economia de qualquer país, mas, em contrapartida, estas são limitadas nos seus recursos. Grande parte destas empresas quando se propõem a implementar a *Lean Manufacturing* (LM) na sua organização, possuem dificuldades aquando a seleção e avaliação de ferramentas ou práticas *Lean* a implementar. Eventualmente, se as ações de melhoria não forem bem planeadas, estruturadas ou apoiadas por toda a organização, estas acabam por ter insucesso na sua implementação. Além desse problema, a literatura da LM não fornece informações suficientes sobre a forma como deve ser feita essa seleção de ferramentas ou práticas *Lean*. Assim sendo, o objetivo consiste na construção de uma ferramenta de apoio à decisão, que permita auxiliar a organização, na identificação dos desperdícios e na seleção das ferramentas ou práticas *Lean* mais adequadas a implementar.

A metodologia utilizada para aprofundar os conteúdos relacionados com a temática desta dissertação é a pesquisa bibliográfica. Foi realizada uma recolha de informação utilizando as seguintes bases de dados, a *Science Direct*, *Web of Science*, a *IEEE Xplore*, a *Scopus* e a *Emerald*.

Uma vez alcançado os objetivos pretendidos, a construção do sistema de apoio à decisão, permite, assim, auxiliar as PMEs na seleção de ferramentas ou práticas *Lean* a implementar. É de salientar que antes de qualquer implementação de uma ferramenta ou prática *Lean*, a organização deve encarregar-se de conhecer os seus *stakeholders*, definir o seu sistema, estar informada do estado atual da organização e identificar todos os processos que agregam valor para a organização. A correta seleção das ferramentas ou práticas *Lean* não garante o sucesso da implementação da filosofia *Lean* na organização, pois existe um conjunto de fatores que devem ser exigidos, nomeadamente, o compromisso da gestão de topo, saber liderar e comunicar com todos os trabalhadores, sendo a educação e formação um ponto crucial para garantir uma boa mudança cultural dentro da organização.

Palavras-chave

Lean Manufacturing; Indústrias Transformadoras; Ferramentas *Lean*: Sistema de apoio à decisão; PMEs

Abstract

Small and Medium Enterprises (SMEs) contribute significantly to the economy of any country, but in return, they are limited in their resources. A large part of these companies, when they set out to promote the Lean Manufacturing (LM) in their organization, they have difficulties with the selection and analysis of Lean tools to implement. Eventually, if the improvement actions aren't properly planned, structured or supported by the whole organization then, they end up failing in their implementation. Besides this problem, the literature of the LM does not provide enough information about how this selection of Lean tools or practices should be conducted. Therefore, the objective is to build a decision support system that can help the organization to identify waste and to select the most appropriate tools or Lean practices to implement.

The methodology used to explore the contents related to the theme of this work is the literature review. This research was conducted using the following databases: Science Direct, Web of Science, IEEE Xplore, Scopus and Emerald.

Once the objectives have been achieved, the construction of the decision support system allows SMEs to assist with the selection of Lean tools or practices to adopt. It should be noted that, before any implementation of a Lean tool or practice, the organization should take care of knowing its stakeholders, define its system, be informed of the current state of the organization, and identify all the processes that add value to the organization. The correct selection of Lean tools or practices doesn't ensures the success of the Lean philosophy in any organization, because there are some factors that must be required, namely, the commitment of top management, knowing how to lead and communicate with all employees, being the education and training a crucial point to ensure a good cultural change in the organization.

Keywords

Lean Manufacturing; Process Industries; Lean Tools: Decision support systems; SMEs

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1. Contextualização do Trabalho Desenvolvido.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura da Dissertação	3
Capítulo 2: Filosofia Lean.....	5
2.1. Evolução Histórica.....	5
2.2. Princípios Lean	10
2.3. Desperdícios.....	14
2.4. Ferramentas Lean.....	22
2.5. Barreiras e fatores de críticos na implementação do Lean nas PMEs.....	35
2.6. Casos Práticos	37
Capítulo 3: Sistema de apoio à decisão	43
3.1. Caracterização do Sistema	43
3.2. Exemplo de Aplicação.....	49
3.3. Discussão de Resultados.....	54
Capítulo 4: Considerações Finais	57
4.1. Conclusões	57
4.2. Propostas de Trabalhos Futuros.....	58
Bibliografia	59

Lista de Figuras

Figura 1: Evolução Histórica da LM.....	9
Figura 2: Implementação do <i>Lean</i> em função dos seus princípios	11
Figura 3: Fases do ciclo PDCA	28
Figura 4: Exemplo de aplicação 5W2H.....	32
Figura 5: Relação entre as barreiras e os fatores críticos na implementação da LM	36
Figura 6: Página inicial do sistema de apoio à decisão.....	46
Figura 7: Modo de funcionamento do sistema de apoio à decisão	48
Figura 8: Primeira questão referente à secção e divisão da atividade económica da organização.....	49
Figura 9: Resultados obtidos para o caso prático	53

Lista de Tabelas

Tabela 1: Desperdícios e Subcategorias	19
Tabela 2: Relação entre as ferramentas Lean e tipo de desperdício	34
Tabela 3: Análise de Casos Práticos	38
Tabela 4: Questionário	43
Tabela 5: Respostas dadas às questões do caso prático	49

Lista de Acrónimos

DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve e Control
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
JIC	Just in Case
JIT	Just in Time
KPI	Key Performance Indicator
LM	Lean Manufacturing
NPR	Número Prioritário de Risco
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OSKKK	Observe, standardize, kaizen, kaizen, kaizen
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PDF	Portable Document Format
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
SMED	Single Minute Exchange of Dies
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Management
VSM	Value Stream Mapping

Capítulo 1: Introdução

Neste primeiro capítulo introdutório apresenta-se a contextualização do trabalho desenvolvido, a definição dos objetivos da investigação, a metodologia adotada e a estrutura da dissertação.

1.1. Contextualização do Trabalho Desenvolvido

Atualmente, com o aumento das exigências dos clientes, a competitividade entre as empresas e a constante dinâmica de mercado, obriga as empresas a procurarem métodos para otimizar e tornar todos os seus processos mais eficientes. Um desses métodos passa pela utilização da *Lean Manufacturing* (LM) nas empresas, contudo, estas têm dificuldades em integrar a estrutura da LM, uma vez que se trata de um sistema complexo, principalmente na seleção e avaliação de métodos e/ou ferramentas apropriadas a aplicar (Elkhairi, Fedouaki e El Alami, 2019).

A filosofia *Lean* é mundialmente conhecida pelo seu sucesso em diversas atividades económicas pois, beneficia a eliminação do desperdício gerado e a criação de valor na organização. Infelizmente, ainda tem as suas falhas e se a aplicação das ações de melhoria não forem bem planeadas, estruturadas ou apoiadas por toda a organização, a taxa de insucesso será entre 60% a 90% (Pearce, Pons e Neitzert, 2018).

Relativamente à implementação do *Lean*, as grandes empresas são capazes de fornecer recursos necessários e colaboradores especializados nesta área. Em contrapartida, as pequenas e médias empresas (PMEs) estão limitadas nos seus recursos, quer financeiramente ou ao nível organizacional. Sob outra perspetiva, a implementação do *Lean* nas PME's normalmente é menos complexo pois, estas adotam uma estrutura mais simples do que as grandes empresas, o que impulsiona a flexibilidade na modificação e divulgação de informação e na partilha de conhecimentos (Pearce, Pons e Neitzert, 2018).

Dada a importância das PME's para a economia nacional e face à situação pandémica que atualmente se vive, a otimização e a gestão de uma organização é crucial. Em 2019, Portugal era constituído por 1 333 649 PME's, o que correspondia em termos de percentagem 99.9% do total de empresas existentes em Portugal (Pordata, 2021). Considerando que, grande parte do problema na implementação do *Lean* nas PME's está na seleção e avaliação das ferramentas ou práticas a implementar, o objetivo deste estudo é a construção de um sistema de apoio à decisão que permita auxiliar a organização nessa escolha.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta dissertação consiste na construção de uma ferramenta de apoio à decisão, que permita identificar o tipo e a localização dos desperdícios existentes numa empresa e auxiliar na seleção da(s) ferramenta(s) ou práticas *Lean* mais adequadas a implementar.

Relativamente aos objetivos específicos, numa primeira fase, foi efetuada uma revisão da literatura da LM, com o foco no desperdício gerado nas empresas e na seleção de ferramentas ou práticas *Lean*. Esta revisão da literatura visa compreender os diferentes pontos de vista e perceber quais as ferramentas ou práticas *Lean* mais adequadas a implementar. Depois da revisão da literatura proceder-se-á à análise de casos práticos para auxiliar o capítulo seguinte na caracterização e na elaboração do sistema de apoio à decisão. O último objetivo específico, o sistema é testado e analisado para um possível cenário.

1.3. Metodologia

Para a construção de um sistema de apoio à decisão, é fundamental uma análise bibliográfica aprofundada e detalhada do tema. A metodologia usada para investigar os conteúdos relacionados com a temática desta dissertação é a pesquisa bibliográfica. Foi realizada uma recolha de informação utilizando as seguintes bases de dados, a *Science Direct*, *Web of Science*, a *IEEE Xplore*, a *Scopus* e a *Emerald*.

Nesta dissertação foi aplicado o método de abordagem indutivo pois, considerando a amplitude do tema e as diversas áreas onde o LM é aplicado, vão ser retiradas conclusões gerais com base nos casos de estudo analisados (Marconi e Lakatos, 2017). Relativamente ao tipo de investigação científica esta pode ser classificada em duas categorias: exploratória e descritiva.

A pesquisa exploratória tem como objetivo ampliar a extensão do tema, ou seja, desenvolver ideias ou elaborar hipóteses relativamente à problemática (Bhattacharjee, 2012). Neste caso, o problema refere-se à seleção de ferramentas ou práticas *Lean* mais adequadas a implementar numa organização, visto que é pouco explorado na literatura da LM.

No que diz respeito à investigação descritiva, esta destina-se a explorar estudos de referência ou analisar uma base empírica que sustenta a temática da LM. A investigação cuidadosa da bibliografia tem o propósito de tornar as fontes de informação mais fiáveis do que as observações casuais do ser humano (Bhattacharjee, 2012).

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está dividida em 4 capítulos, e começa pelo capítulo 1 referente à introdução, que de uma maneira geral concentra-se na contextualização da temática desta dissertação, na definição dos objetivos da investigação, na metodologia adotada e na estrutura da dissertação.

Após o capítulo introdutório, o segundo capítulo diz respeito à revisão da literatura referente à temática do *Lean*. Este capítulo inclui a evolução histórica da filosofia *Lean*, os seus princípios, as fontes de desperdício, a descrição das ferramentas e práticas *Lean* e, as barreiras e os fatores críticos na implementação do *Lean* nas PME's. Ainda neste capítulo, é feita a análise de vários casos práticos referentes aos sectores têxtil, metalúrgico e metalomecânico e, automóvel, de forma a obter informações relativamente à aplicabilidade de ferramentas ou práticas *Lean* no combate aos desperdícios.

No terceiro capítulo, proceder-se-á à caracterização do sistema de apoio à decisão. É neste capítulo que vai ser explicado todos os passos que levaram à construção desta ferramenta de apoio às PME's e, onde vai ser explicado o seu modo de funcionamento. Posteriormente o sistema de apoio à decisão vai ser testado e analisado para um possível caso prático.

No último capítulo, apresentam-se as principais conclusões e as propostas de trabalhos futuros. São referidos, ainda, os principais contributos e o balanço sobre os objetivos que foram apresentados e, a sugestão de possíveis melhorias a serem implementadas no sistema de apoio à decisão.

Capítulo 2: Filosofia Lean

Este capítulo discute o contexto teórico da filosofia *Lean*, incluindo a sua evolução histórica, os seus princípios, as fontes de desperdício, a descrição das ferramentas e práticas *Lean* e, as barreiras e os fatores críticos na implementação do *Lean* nas PMEs. Além disso, é feita a análise de vários casos práticos referentes aos sectores têxtil, metalúrgico e metalomecânico e, automóvel.

2.1. Evolução Histórica

A filosofia *Lean* é o resultado de anos de melhoria contínua no âmbito da engenharia e gestão industrial. Antes de ser mundialmente conhecida, existiram outras teorias importantes que contribuíram para o conhecimento atual da produção *Lean*.

No período da segunda revolução industrial (1870-1914), destaca-se um dos autores que contribuiu para grande parte do desenvolvimento atual na indústria, Frederick Taylor (1856-1915). Taylor, destacou a importância da padronização do trabalho de forma a que todas as atividades sem agregação de valor pudessem ser eliminadas (Dilanthi, 2015; Protzman *et al.*, 2016; Hazarika, Dixit e Davim, 2019). A sua abordagem pode ser resumida nos seguintes princípios (Protzman *et al.*, 2016; Hazarika, Dixit e Davim, 2019):

1. Divisão do trabalho em partes mais pequenas e determinar o melhor método para a realização de cada parte;
2. Separação dos postos de trabalho e assegurar que as tarefas são devidamente adaptadas às capacidades e aos pontos fortes de cada trabalhador;
3. Determinar o tempo padrão para a realização de cada tarefa e determinar o tempo a adicionar relativamente às questões de fadiga, atrasos e a novos trabalhadores;
4. Proporcionar formação e informação adequada e incentivos financeiros aos trabalhadores.

Os princípios e práticas de Taylor espalharam-se por todo o mundo no início do século XX, dando origem ao Taylorismo. A aplicação do sistema de gestão de Taylor contribuiu para uma melhor organização de fábrica e um ambiente de trabalho mais coeso entre colaboradores (Dilanthi, 2015).

Além de Frederick Taylor, outros autores a salientar são Frank Gilbreth (1868-1924) e a sua esposa Lilian Gilbreth (1878-1972), onde seguiram os passos de Taylor e introduziram o estudo do tempo e do movimento para identificar processos mais produtivos e eficientes de

forma a melhorar o desempenho dos trabalhadores. A principal vantagem do estudo do movimento é a identificação e eliminação do desperdício movimentos, atualmente conhecido como um dos desperdícios fundamentais da filosofia *Lean*. Embora o trabalho dos Gilbreths e de Taylor sejam semelhantes, eles diferenciam em alguns fatores, nomeadamente, Taylor usava o estudo do tempo para obter maior eficiência dos trabalhadores, enquanto os Gilbreths se concentravam em tornar o trabalho mais fácil para o trabalhador e reduzir movimentos desnecessários e potencialmente prejudiciais ao ser humano. Destacam-se, ainda, contribuições inovadoras em áreas da psicologia, fatores humanos e ergonómicos e, produção em massa (Protzman *et al.*, 2016; Hazarika, Dixit e Davim, 2019).

Henry Ford (1863-1947) distingue-se pela mudança de abordagem relativamente na fabricação do trabalho artesanal para o sistema de produção em massa e na criação de linhas de montagem na indústria automóvel. Este provocou uma revolução na forma como os automóveis eram criados e distribuídos e, que mais tarde foi aplicado a outro tipo indústrias. Antes da contribuição de Ford, os automóveis eram considerados como um luxo, sendo apenas acessível para indivíduos pertencentes à alta sociedade. A fábrica de Ford, inicialmente, era caracterizada por ter um processo demorado e ineficiente, o que conseqüentemente despendia num consumo elevado de recursos. Assim sendo, Henry Ford construiu o seu sistema de produção adotando e aperfeiçoando os princípios de Taylor. O sistema de produção em massa foi desenvolvido e sistematizado baseando na redução do tempo e na redução de movimentos associados a uma determinada tarefa. Este sistema consistia em produzir grandes volumes de produtos padronizados, o que resultava em preços mais baixos e salários mais altos para os seus colaboradores (como forma de incentivo). Ford produziu o Modelo T a partir de 1908 e a primeira linha de montagem foi introduzida em 1913 com a finalidade de acelerar o ritmo de produção que tinha em mente. A sua ideologia ficou conhecida como o “Fordismo” e, no entanto, esta exigia melhorias adicionais para se tornar mais competitiva e acompanhar a dinâmica de mercado. As suas limitações prendiam-se na capacidade de mudança do sistema e na capacidade de inovação, por isso é que os modelos T eram originalmente pretos. Após a Primeira Guerra Mundial, o sistema de produção em massa popularizada por Henry Ford espalhou-se mundialmente, chegando a ser explorada em diversas indústrias como, o ramo automóvel, indústria metalúrgica e indústria naval (Tidd e Bessant, 2013; Dilanthi, 2015; Hazarika, Dixit e Davim, 2019).

Em paralelo com Henry Ford, no final do séc. XVIII, a indústria japonesa era fortemente caracterizada pela indústria têxtil. Em 1918, Sakichi Toyoda (1867-1930) projetou e produziu teares automáticos, muito mais económicos e de qualidade superior ao que

estavam comercialmente disponíveis no mercado. Os teares eram capazes de identificar e parar automaticamente quando ocorria algum problema. Esta definição, conhecida em japonês como *Jidoka*, tornar-se-ia mais tarde, um dos pilares fundamentais do Sistema de produção Toyota (TPS). Entretanto, em 1926, Sakichi fundou a *Toyoda Automatic Loom Works* (atualmente *Toyota Industries Corporation*) e mais tarde, em 1929, vendeu a patente do tear para angariar fundos para que o seu filho Kiichiro Toyoda pudesse cumprir a ambição de investir na indústria automóvel (Holweg, 2007; Protzman *et al.*, 2016; Paladugu e Grau, 2020).

Em 1937, Kiichiro Toyoda funda a *Toyota Motor Corporation*. Nessa altura, 84% do mercado japonês, relativamente à indústria automóvel, era dominada pela Ford e pela General Motors. Posteriormente Kiichiro e a sua equipa, visitam a Ford com o intuito de estudar os seus métodos de produção. A realidade era que a procura de veículos no mercado japonês era insuficiente para sustentar elevados volumes de produção em comparação com os Estados Unidos da América (EUA). A linha de montagem da Toyota foi implementada por Kiichiro, que também criou as primeiras adaptações do *Just-in-Time* (JIT). O JIT resulta na produção de quantidades específicas de produtos previamente encomendados, minimizando o desperdício gerado. A Segunda Guerra Mundial (1939-1945), provocou a decadência de diversos fabricantes japoneses e a empresa de Kiichiro não fugiu à exceção. As consequências da guerra levaram à interrupção da produção de automóveis, criando problemas financeiros resultantes de *stocks* de automóveis não vendidos, à vista disso, Kiichiro acaba por se demitido. O novo sucessor seria Eiji Toyoda, primo de Kiichiro. (Holweg, 2007; Glass, Seifermann e Metternich, 2016; Protzman *et al.*, 2016).

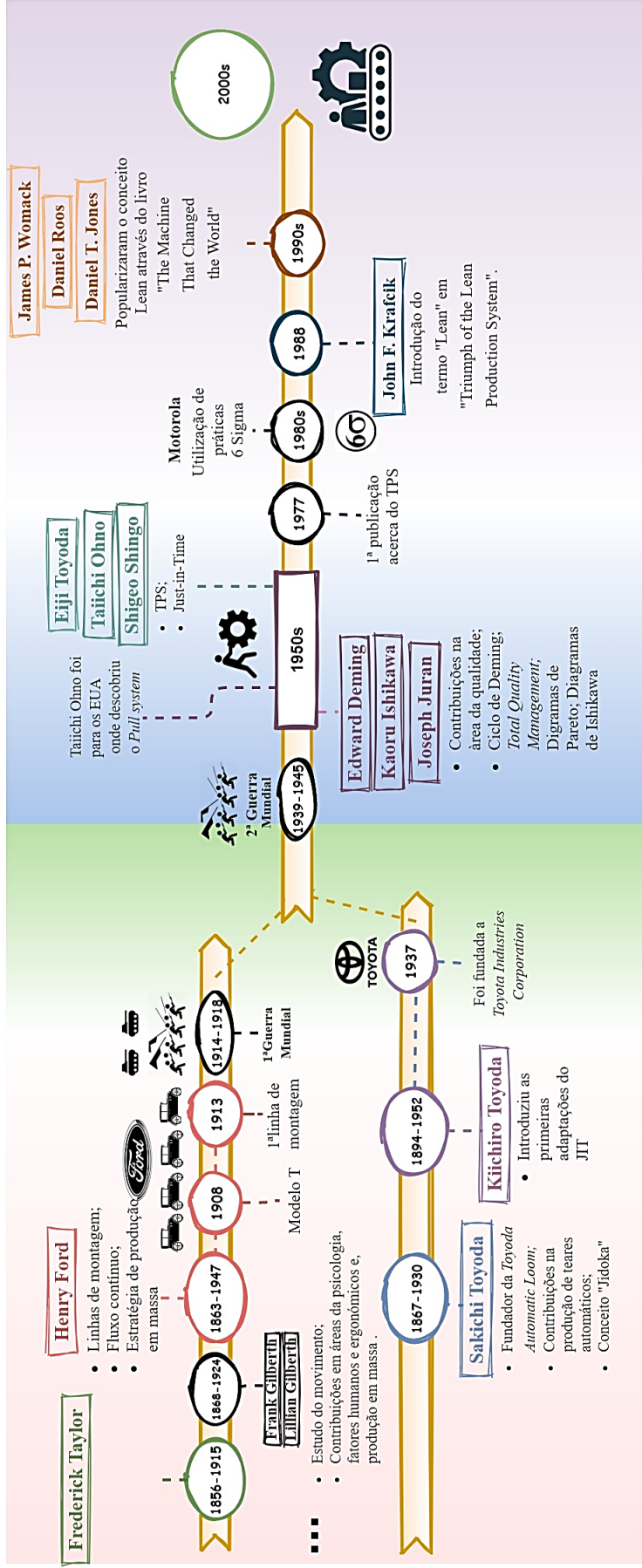
Na década de 1950 com o intuito de se motivar e idealizar novos métodos para se destacar no mercado japonês, Eiji encarregou Taiichi Ohno de trabalhar com ele para desenvolver um novo sistema de produção. Ohno dedicou uma grande parte do seu trabalho à redução de desperdícios e ajudou significativamente a criar o TPS. O TPS permitiu que todos os produtos, procedimentos ou atividades estejam em constante processo de melhoria contínua, de forma a garantir a melhor qualidade, menor custo e assegurar que todo o desperdício gerado era minimizado. Estes processos deveriam estar de acordo com os critérios estabelecidos e garantir que todos os trabalhadores colaborassem com esse sistema. A primeira publicação acerca do TPS foi publicada em 1977, na qual a *Toyota* partilhou a sua experiência com esse sistema de produção (Holweg, 2007; Dilanthi, 2015; Glass, Seifermann e Metternich, 2016).

Em 1988, John F. Krafcik foi o primeiro a introduzir o termo *Lean* através do seu estudo "*Triumph of the Lean Production System*". O artigo aborda as características de gestão de

fábrica de diferentes unidades de fabrico da indústria automóvel e faz a comparação entre o TPS e sistema de produção em massa de Ford (Krafcik, 1988).

Entretanto, uma das obras mais influentes até a data foi “*The Machine That Changed the World*” de Womack, Jones e Roos, escrita no início dos anos 90, a partir da qual o conceito *Lean* foi popularizado mundialmente (Womack, Jones e Roos, 1990). Womack e Jones (1996) escreveram outra obra “*Lean Thinking*”, onde abordam os princípios que suportam o pensamento *Lean* e que irá servir como base para o subcapítulo seguinte.

Neste subcapítulo foram sintetizadas as bases mais relevantes para o conhecimento atual da filosofia *Lean*, contudo, não desprezando outros autores ou teorias, na figura 1 é possível verificar uma evolução histórica mais completa desta filosofia.



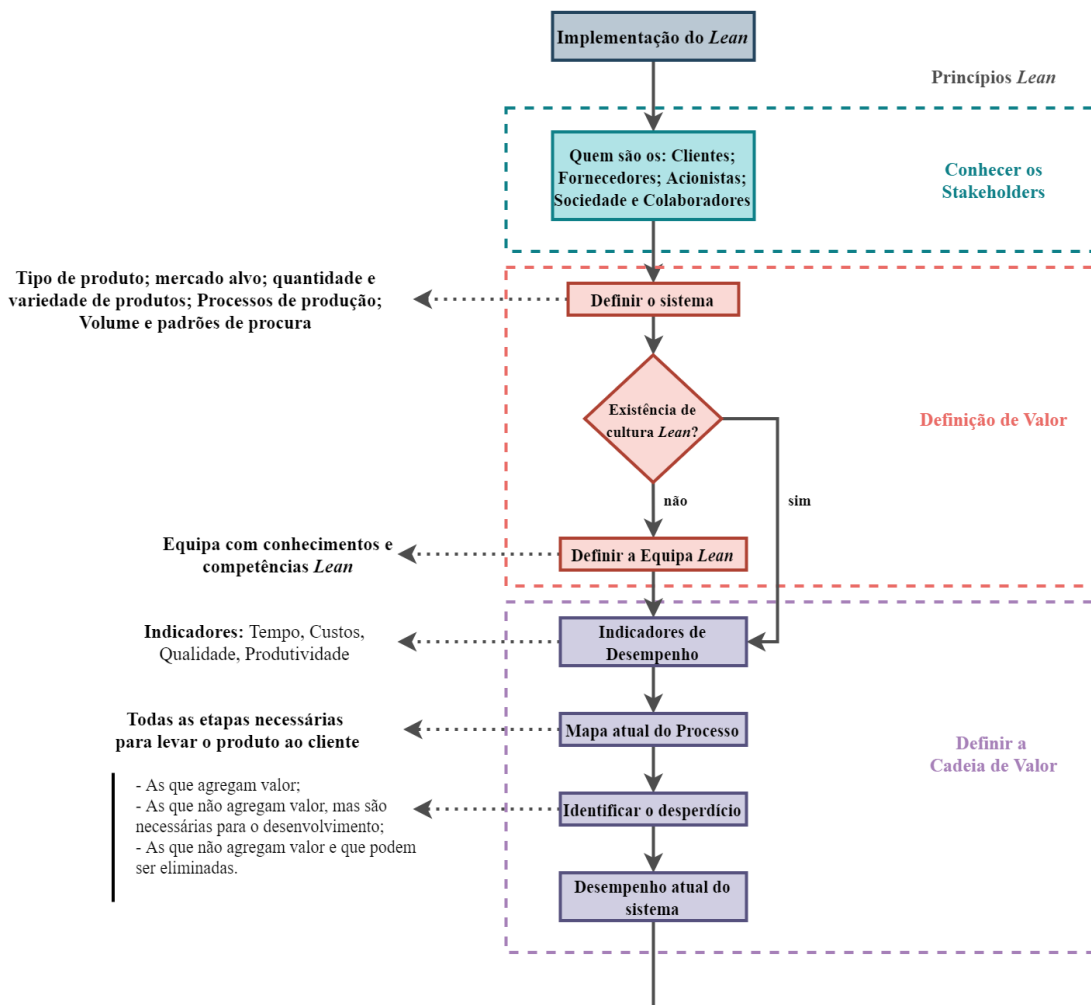
- A automação, a padronização e os avanços nas teorias de produção, constituem o núcleo das primeiras inovações do LM.
- A América, mais concretamente a Ford e a General Motors, conquistam mercado internacional relativamente à produção de automóveis.
- Movimento da qualidade entre 1940s e 1960s - Resultou no desenvolvimento de ferramentas matemáticas e estatísticas como: Sistemas de Apoio à decisão, Programação Linear, Método do caminho crítico.
- Expansão e transmissão dos conhecimentos Lean - Muitas organizações de diferentes áreas começam a utilizar a metodologia Lean.

Figura 1: Evolução Histórica da LM (Fonte: Krafcik, 1988; Womack, Jones e Roos, 1990; Womack e Jones, 1996; Holweg, 2007; Tidd e Bessant, 2013; Dilanthi, 2015; Glass, Seifermann e Metternich, 2016; Protzman et al., 2016; Hazarika, Dixit e Davim, 2019; Paladugu e Grau, 2020)

2.2. Princípios Lean

O *Lean* é um esforço contínuo, na tentativa de identificar e eliminar os esforços/recursos associados a uma tarefa. De forma a compreender isso, Womack e Jones (1996), identificaram cinco princípios que servem de base à filosofia *Lean*: criar valor, definir a cadeia de valor, otimizar o fluxo, *Pull System* e perfeição. Contudo, segundo Pinto (2014) estes cinco princípios apresentam algumas limitações então, com o intuito de melhorar o desempenho da organização foram adicionados mais dois princípios: conhecer os *stakeholders* e inovação.

A incorreta implementação do *Lean* para uma dada situação, pode resultar num aumento de desperdício, dos custos e do tempo de produção. A revisão sistemática dos autores Karim e Arif-Uz-Zaman (2013) permitiu apresentar uma abordagem geral na implementação da filosofia *Lean* baseada nos seus princípios e na discussão de métodos e técnicas de melhoria contínua. Considerando ainda os dois princípios inseridos por Pinto (2014), conhecer os *stakeholders* e inovação, foi possível elaborar a seguinte representação esquemática (Figura 2):



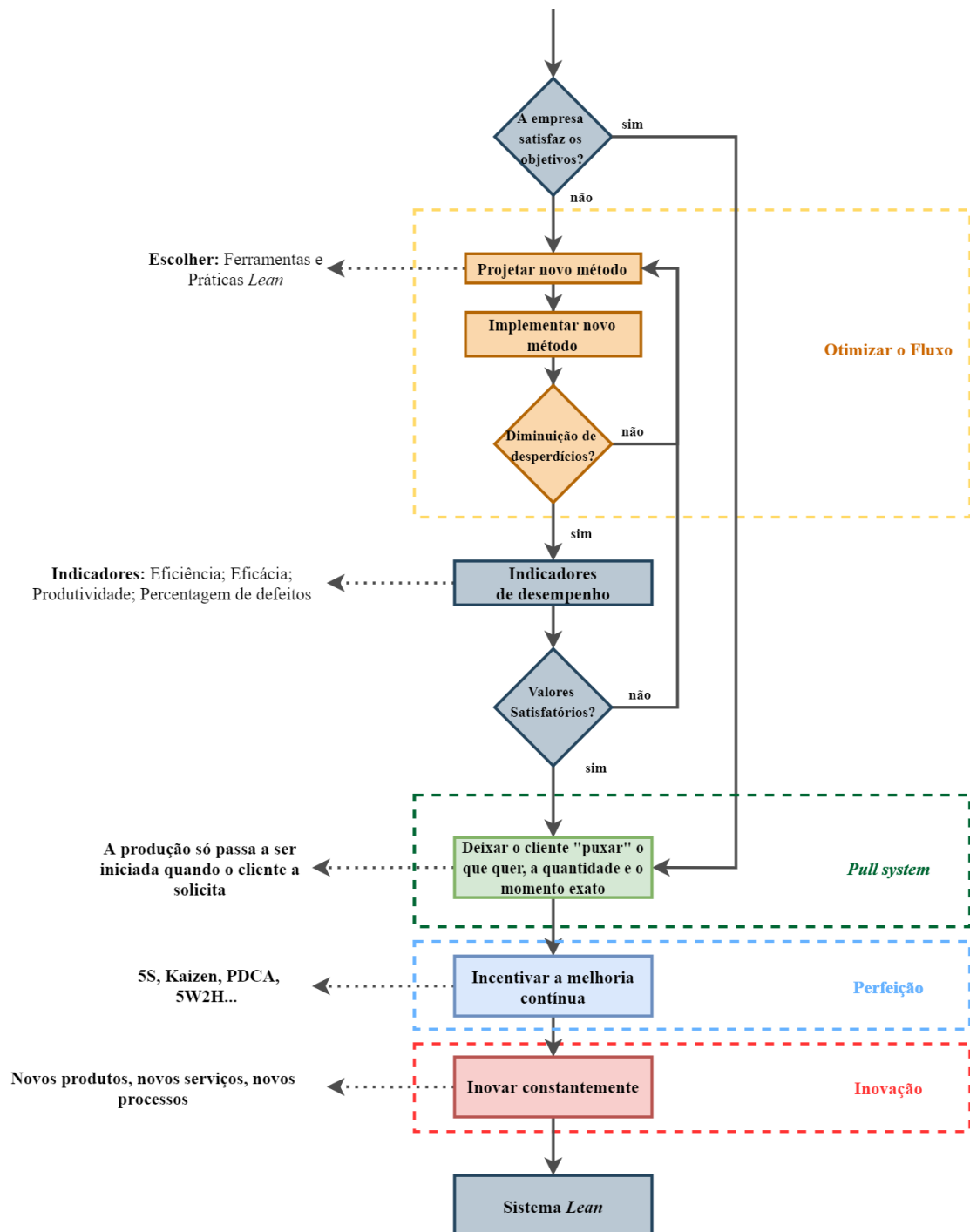


Figura 2: Implementação do *Lean* em função dos seus princípios (Fonte: Womack e Jones, 2008; Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013; Pinto, 2014)

Seguidamente será pormenorizada cada etapa do esquema anterior:

- 1) Conhecer os Stakeholders:** O conceito de “cliente” é frequentemente associado ao consumidor final. Uma organização que se concentra unicamente na satisfação do cliente, não pode garantir bons resultados pois, está a negligenciar os interesses e necessidades de outras partes (Pinto, 2014). A definição de “cliente” deve ser algo

abrangente, deve incluir: clientes, fornecedores, acionistas, sociedade e colaboradores.

2) Definição de Valor: Relativamente a este princípio deve-se procurar criar valor em todas as partes da organização (Pinto, 2014). Os clientes criam valor para a organização com base nas necessidades, preços que praticam e no tempo para produzir os produtos ou serviços (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013). As empresas devem procurar corresponder a essas necessidades, para satisfazer e fidelizar o cliente. As etapas principais para implementar a metodologia *Lean* e criar valor na organização são as seguintes:

a) Definição do sistema: As empresas precisam de avaliar algumas particularidades importantes como, o(s) tipo(s) de produto(s) a fabricar, a procura dos produtos no mercado, quantidade necessária a produzir, variedade e a margem de lucro (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013).

b) Equipa *Lean*: No caso de inexistência cultura *Lean* aplicada na organização, é importante definir uma equipa *Lean*. Esta equipa é geralmente constituída por especialistas e gestores de diferentes departamentos. A equipa precisa de organizar e executar sessões de formação sobre princípios e conceitos *Lean*, ferramentas e métodos de melhoria contínua, ou seja, devem possuir competências e conhecimentos relativamente ao LM (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013; Pinto, 2014).

3) Definir a cadeia de Valor: Um requisito crucial para a implementação do *Lean* é a identificação e mapeamento da cadeia de valor (Akanbi, Oyedolapo e Steven, 2019). Nesta fase é fundamental:

a) Estado atual da organização: A equipa *Lean* deve identificar e analisar os indicadores de desempenho do estado atual da produção com base nas informações dos processos e da produção definidos na fase anterior. O fluxo de valor refere-se a todas as fases necessárias na conceção, na produção e entrega de um produto, ou seja, é indicado dispor de um mapa atual do processo. Um dos métodos recomendados para visualizar o estado atual de qualquer processo é a ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) (Womack e Jones, 2008; Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013).

b) Identificação de desperdícios: Esta etapa é fundamental para o desenvolvimento da organização. Tudo o que não acrescenta valor ao produto, é um desperdício e o cliente não vai pagar por isso. É mais fácil que as ações se concentrem no que acrescenta valor ao produto, para se tornar

mais eficiente à medida que o desperdício é identificado e eliminado (Velmurugan, Karthik e Thanikaikarasan, 2020). Ao longo de todo o processo, a identificação dos desperdícios é efetuada caso a caso, permitindo classificá-los com base em três critérios: 1. Classificar as atividades que agregam valor; 2. Classificar as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias para o desenvolvimento do produto; 3. Atividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas (Womack e Jones, 2008).

c) Desempenho do sistema atual: Uma parte importante desta etapa é, a avaliação contínua dos resultados antes e depois da implementação da metodologia *Lean*, através de métricas de avaliação (custos, qualidade, defeitos, produtividade) (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013).

4) Otimização de Fluxo: Após a avaliação do desempenho atual do sistema, é necessário otimizar todas as etapas que agregam valor. Se o desempenho do sistema não for satisfatório, é essencial redefinir ou definir o método a implementar. A primeira etapa desta fase é a seleção e implementação de ferramentas e práticas *Lean*. Contudo, a seleção de estratégias *Lean* devem ser efetuadas de modo a que sua implementação não origine outras atividades sem valor acrescentado ao processo. Além disso, é preferível selecionar as estratégias *Lean* que têm o maior impacto global nos desperdícios identificados, tendo em conta o orçamento e o tipo de empresa (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013; Pinto, 2014). Após a projeção e implementação do novo método, é necessário fazer uma reavaliação.

5) Pull System: Após a reavaliação e satisfação dos valores obtidos, o próximo passo é adotar um sistema *Pull*. Nesta fase significa que só se deve produzir quando existe uma procura para esse produto. É importante garantir que todos os elementos da organização trabalham ao mesmo tempo para atender as exigências do cliente. E para tal, todas as informações relativamente ao produto devem ser compreendidas em toda a cadeia de valor (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013). A implementação do *Pull System* resulta em algumas vantagens para o sistema, por exemplo: Redução dos níveis de *stock* em todas as etapas; Redução do *lead time*; Rápida resposta à mudança de mercado (Pinto, 2014).

6) Procura da Perfeição: Neste momento, é necessário pensar continuamente no que se está a fazer, como se está a fazer, e como se pode utilizar a competências e os conhecimentos de todos os envolvidos no processo. O progresso contínuo e a eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor levarão à perfeição

(Womack e Jones, 2008; Akanbi, Oyedolapo e Steven, 2019). Todas as atividades, técnicas e ferramentas *Lean* devem ser reavaliadas, atualizadas ou substituídas, se necessário.

- 7) **Inovação:** Depois de atingir os objetivos para alcançar a perfeição, é fundamental recriar valor a partir da inovação e produção de novos produtos, serviços e processos (Pinto, 2014). Depois da definição do novo sistema, recomeça-se o fluxograma.

Após a abordagem geral da implementação do *Lean* baseada nos seus princípios, no subcapítulo seguinte, vão ser apresentados e caracterizados os desperdícios que podem ser encontrados numa organização.

2.3. Desperdícios

Eliminar os desperdícios, é uma das formas de alcançar o sucesso dentro de uma organização. Numa organização, mais de 95% do tempo é gasto a realizar tarefas que não agregam valor ao produto (Pinto, 2014). A identificação e a eliminação de desperdícios nas etapas que não acrescentam valor, ajuda na simplificação de procedimentos e na eficiência de processos (Velmurugan, Karthik e Thanikaikarasan, 2020).

Taiichi Ohno foi o pioneiro na identificação de sete tipos de desperdícios que são hoje mundialmente conhecidos. Estes sete desperdícios são : Excesso de Produção; Esperas, Transportes, Excesso de processamento, *Stocks*, Movimentações e Defeitos (Womack e Jones, 2008). Liker (2004), ainda adicionou à lista um oitavo desperdício, a não utilização do potencial humano.

Seguidamente será descrito de forma detalhada cada um destes desperdícios. Além da descrição, são sugeridas possíveis soluções para minimizar o tipo de desperdício que está associado.

2.3.1. Excesso de produção

O excesso de produção ou sobreprodução, consiste em criar produtos, serviços ou informações, sem qualquer ordem de encomenda por parte de um cliente específico (Arunagiri e Gnanavelbabu, 2016; Comunidade *Lean Thinking*, 2018). Este desperdício tem a tendência de desenvolver e esconder outras categorias de desperdícios como, o excesso de stocks, de transportes e de processamento (Liker, 2004; Elrhani, El Abbadi e Abouabdellah, 2016). Para minimizar os efeitos deste tipo de desperdício, normalmente dá-se como solução alguns dos seguintes métodos:

- *Single Minute Exchange of Dies* (SMED): a aplicação deste método, ajuda a empresa a reduzir o tempo necessário para ajustar e alterar as ferramentas na produção e, conseqüentemente, vai reduzir os tempos de espera e reduzir custos associados (Pinto, 2014; Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016);
- *Kanban*: permite fazer a gestão da produção e, como resultado, evitar a sobreprodução. Esta ferramenta vai garantir o sistema *Pull*, ou seja, vai puxar a produção e produzir apenas o que é pedido (onde, quando e quanto deve ser produzido) (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Comunidade *Lean Thinking*, 2018);
- Produzir conforme o *Takt Time* (Comunidade *Lean Thinking*, 2018)

2.3.2. Esperas

Qualquer evento que envolva uma pessoa à espera de peças, ferramentas, instruções de trabalho, conclusão de um ciclo de máquina automática, ou até mesmo a aprovação de um documento, é referido como o desperdício de esperas (Velmurugan, Karthik e Thanikaikarasan, 2020).

Algumas causas comuns deste desperdício, estão relacionadas com a decisão da empresa em optar por produzir lotes grandes de um produto, com o objetivo de diminuir os custos fixos associados. Outra possível causa, pode estar associada ao desequilíbrio entre as etapas de um processo, ou seja, os tempos de ciclo entre processos estão desfasados entre eles, o que aumenta os tempos de espera entre operações. No entanto, a falta de manutenção preventiva e a utilização de máquinas obsoletas e pouco fiáveis, podem obstruir os fluxos, surgindo recorrentemente avarias, defeitos de qualidade ou até mesmo acidentes de trabalho (Pinto, 2014; Comunidade *Lean Thinking*, 2018).

Normalmente, para minimizar repercussões originadas pelas as esperas, sugere-se a implementação do SMED para diminuir os tempos de *setup*, a criação de sistemas que permitam identificar, prevenir e corrigir problemas de forma a evitar paragens desnecessárias e, fazer o balanceamento dos postos de trabalho para que os tempos de ciclo sejam muitos próximos, diminuindo os tempos de espera entre eles (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Comunidade *Lean Thinking*, 2018).

2.3.3. Transporte

No conceito de valor anteriormente descrito, foi referido que os clientes vão apenas investir em produtos com base nas suas necessidades, logo, qualquer movimentação do produto o consumidor não vai pagar diretamente por essa movimentação. Contudo, além do tempo perdido no transporte de peças, materiais ou equipamentos, existem ainda outros recursos

envolventes nesse processo de transporte como energia e mão-de-obra, o que na realidade não vai acrescentar valor ao produto.

Este desperdício provém frequentemente do desperdício de excesso de produção que, por sua vez, resulta no desperdício de *stocks* e, claro, estes *stocks* posteriormente são transportados dentro ou fora da organização. Pinto (2014), defende que este desperdício tem como consequências, a ocupação de espaço na fábrica, em aumentar os custos, aumentar o tempo de produção e, claro, pode danificar os produtos no decorrer da sua deslocação.

A má disposição do *layout* é um dos fatores mais determinante para o desenvolvimento deste desperdício, pelo que, as distâncias para o transporte de materiais devem ser reduzidas ao máximo. Uma das formas de corrigir essa má estruturação passa por aproximar os processos de forma a criar fluxo contínuo na organização e, fazer um mapeamento dos processos e dos fluxos de valor (utilização de um VSM) (Pinto, 2014; Comunidade *Lean Thinking*, 2018).

2.3.4. Excesso de Processamento

Fazer mais trabalho, adicionar mais peças ou realizar mais etapas num produto ou serviço, além das necessidades do consumidor, é referido como excesso de processamento. Etapas que adicionam qualidades acima do pedido e documentação desnecessária ou excessiva, também são formas de desperdício (Comunidade *Lean Thinking*, 2018). Liker (2004), descreve este desperdício como produção inadequada de peças e de produtos, que consequentemente provocam um processamento ineficiente e movimentos desnecessários durante a produção.

Uma das soluções para eliminar etapas e atividades que não acrescentem valor, é compreender o cliente e verificar o que ele realmente quer e fazer uma caracterização minuciosa do produto (Comunidade *Lean Thinking*, 2018). Se por alguma razão as especificações do produto forem pouco claras, os colaboradores da organização poderão ter que retrabalhar o produto e, consequentemente, estarão a originar outro tipo de desperdícios. Para minimizar outro tipo de consequências, é recomendado automatizar, onde for possível, alguns processos e incentivar a formação contínua em toda a organização (Pinto, 2014).

2.3.5. Stocks

Os *stocks* são caracterizados pela quantidade anormal de produtos (acabados ou incompletos), peças ou matérias-primas armazenadas. O excesso de *stocks* está

maioritariamente relacionado com o excesso de produção e, normalmente, esconde problemas tais como desequilíbrios na produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, tempos de paragem do equipamento e longos tempos de preparação (*setup*) (Liker, 2004). Um dos motivos a salientar na quantidade anormal do *stock* é o facto de as organizações aceitarem a acumulação de materiais como algo “normal” e de trabalharem em JIC (*Just in Case*) pois, muitas vezes, têm dificuldades em prever e responder à procura dos consumidores.

A implementação de um sistema *Kanban* poderá permitir nivelar a produção e consequentemente eliminar o desperdício ligado ao excesso de produção e de *stocks* (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016). Produzir em fluxo contínuo sob forma unitária ou em pequenos lotes, e a utilização de métodos para reduzir tempos de *setup*, também são possíveis soluções para a eliminação deste desperdício (Comunidade *Lean Thinking*, 2018).

2.3.6. Movimentos

Melton (2005) define este desperdício como movimentações excessivas de pessoas, dados, decisões ou informações. Os movimentos desnecessários de um trabalhador envolve qualquer movimento na procura de materiais, deslocamento a estações de trabalho ou a equipamentos, movimento de componentes entre etapas e movimentos não ergonómicos (Comunidade *Lean Thinking*, 2018). A empresa, não perde só relativamente em termos de custos (maior tempo de realização do produto) mas, também, perde em termos de desempenho do trabalhador (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016).

É importante reconhecer as atividades que não acrescentem valor dentro da organização, de forma a identificar os movimentos desnecessários. Um *layout* produtivo adequado e postos de trabalho bem dimensionados são formas de evitar deslocações desnecessárias e de limitar movimentos não ergonómicos (Comunidade *Lean Thinking*, 2018). A utilização de práticas 5s é uma das formas de manter em ordem os espaços de trabalho organizado e evitar movimentações desnecessárias na procura de peças ou ferramentas. Ao adotar um trabalho padronizado, este vai garantir que todas as atividades sejam realizadas com a mesma qualidade, exatamente com as mesmas etapas e garantir o prazo que foi definido ou seja, o excesso de processamento e de movimentos serão reduzidos (Elkhairi, Fedouaki e El Alami, 2019).

2.3.7. Defeitos

Este desperdício inclui a produção de um produto ou de partes defeituosas, o que vai comprometer a segurança e a qualidade do mesmo. Quando os defeitos passam a ser

regulares, o número de inspeções e de *stocks* aumenta automaticamente, para compensar e evitar que as peças ou o produto chegue com defeito ao cliente (Pinto, 2014).

As possíveis causas para o surgimento deste desperdício são:

- A ausência de formação e treino, gera maior probabilidade de ocorrência de falhas por parte dos colaboradores (Comunidade *Lean Thinking*, 2018);
- O transporte e o manuseamento de materiais (Pinto, 2014);
- Ausência de padrões de trabalho, de controlo e inspeção (Pinto, 2014);

Qualquer umas destas causas vão provocar má qualidade ou defeitos no produto e, conseqüentemente, retrabalho. De forma a reduzir o desperdício gerado, as soluções poderão passar pela implementação de dispositivos à prova de erros (exemplo *Poka-Yoke*), criação de padrões de trabalho e sempre que possível uniformizar operações, materiais e processos e, claro, mais uma vez, apostar na formação e treino dos colaboradores (Pinto, 2014; Comunidade *Lean Thinking*, 2018).

2.3.8. Desperdício do Talento Humano

As pessoas são o recurso mais valioso de uma organização. O *feedback* dos trabalhadores é crucial para a tomada de decisões, na definição de objetivos e, na preparação e controlo das atividades. A Comunidade *Lean Thinking* (2018) defende que este tipo de desperdício está presente, por exemplo, em situações onde não se aceitam ideias ou sugestões de melhoria vindas dos colaboradores, na falta de capacitação e formação para realizar as funções, ou simplesmente não ouvir ou envolver as pessoas.

Na realidade, na última década, foram gastos milhões de euros para retirar as pessoas das organizações, quando na verdade são as pessoas a base para o sucesso de qualquer organização (Pinto, 2014). Quando se pensa em criar valor na organização, não basta pensar no seu propósito, nos processos ou nas soluções envolventes em cada tarefa, é importante também, garantir o respeito e o desenvolvimento de competências de todas as pessoas em todos os níveis da organização.

Para sintetizar este subcapítulo, são apresentadas na Tabela 1, as subcategorias/causas correspondentes a cada desperdício.

Tabela 1: Desperdícios e Subcategorias (Fonte: Comunidade *Lean Thinking*, 2018; Pinto, 2014; Arunagiri e Gnanavelbabu, 2016; Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Belvedere *et al.*, 2019; Leksic, Stefanic e Veza, 2020; Velmurugan, Karthik e Thanikaikaras, 2020; Klein *et al.*, 2021)

Desperdício	Subcategorias/ Causas
Excesso de Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Produção acima da procura; • Elevados custos de transporte; • Grandes quantidades de stocks de produtos acabados; • Produção "just in case" (JIC); • Utilização excessiva de recursos materiais e energia; • Antecipação de compras de peças e materiais; • Ausência de flexibilidade no planeamento.
Transportes	<ul style="list-style-type: none"> • Circulação desnecessária de material entre operações (<i>Layouts</i> inadequados); • Deslocação para aprovação de documentos; • Transporte de produtos acabados entre setores, <i>stocks</i> e expedição; • Comunicação mal sucedida: falta de fiabilidade e perda de dados; • Falta de equipamento de movimentação adequado.
Esperas	<ul style="list-style-type: none"> • Resposta lenta entre operações; • Planeamento deficiente da produção e dos processos; • A espera de aprovação ou assinatura; • Entrega inoportuna do fornecedor; • Espera de peças, ferramentas, instruções, ou informações; • Transição lenta de mudança de ferramentas, procedimentos ou processos; • Produção de lotes grandes, com o objetivo de reduzir custos fixos associados; • Equipamento tecnológico pouco fiável ou sem manutenção preventiva; • Fluxo obstruído (avarias, defeitos ou acidentes); • Colaboradores parados enquanto as máquinas automáticas executam ciclos.

(Continuação da Tabela 1)

Subcategorias/ Causas	
Desperdício	<ul style="list-style-type: none">• Equipamento tecnológico pouco fiável ou defeituoso;• Más conceções do produto requerem demasiados processamentos;• Utilização de ferramentas inadequadas;• Produção de peças com um nível de qualidade acima da especificação;• Processos mal definidos ou mal documentados;• Processos manuais que podem ser automatizados;• Realização de operações desnecessárias;• Especificações pouco claras;• Elevados tempos de <i>setup</i> ;• Excesso de matéria-prima;• Produção de grandes lotes;• Quantidades excessivas de dados desnecessários nos registos;• Produção JIC;• Projetos incompletos;• Dificuldade e ineficiência em lidar com a instabilidade de mercado;• <i>Layout</i> inadequado de máquinas;• Trabalhadores a "vaguear" para obter informações;• Má ergonomia no local de trabalho;• Procura de ferramentas ou materiais;• Falta de instruções sobre dos procedimentos;• Má organização da estação de trabalho.
Excesso de Processamento	
Stocks	
Movimentação	

(Continuação da Tabela 1)

Desperdício	Subcategorias/ Causas
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupção do fluxo de produção por má informação; • Tempo necessário para a correção de falhas; • Falta de formação; • Matéria-prima defeituosa; • Processos de produção inadequados; • Ausência de ações de controle e inspeção;
Não aproveitamento do potencial humano	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente inclusão dos trabalhadores nas melhorias; • Falta de formação e treino; • Não compartilhamento de conhecimento e informações entre departamentos; • A falta de uma base de dados sobre as competências internas da organização não permite uma exploração plena do potencial humano.

2.4. Ferramentas Lean

As ferramentas *Lean* demonstraram ser capazes de ajudar as empresas a melhorar a sua eficiência, qualidade, custos e entrega (Ismail *et al.*, 2019). Para uma seleção eficaz de ferramentas *Lean*, é importante fazer uma recolha de informações relativamente à organização. O envolvimento e a aceitação dos colaboradores relativamente à mudança de cultura, também são pontos críticos para conduzir a um melhor ambiente de trabalho (Palange e Dhattrak, 2021). No entanto, muitas ferramentas têm os mesmos objetivos e funcionalidades e, devem ser analisadas por exemplo, quanto ao custo e ao tempo esperado, de forma a determinar a ferramenta ou método mais adequado a implementar (Aslam, Gao e Smith, 2020). Neste subcapítulo, vão ser caracterizadas as ferramentas e práticas que constituem a filosofia *Lean*.

2.4.1. Práticas 5S

O 5S é uma das ferramentas mais usadas e quando implementada, resulta em melhorias rápidas e visíveis no chão de fábrica (Leksic, Stefanic e Veza, 2020). Esta ferramenta é fundamental para garantir uma estabilidade básica em qualquer processo. Palange e Dhattrak (2021) defendem que há um lugar para tudo e que tudo tem de estar no seu lugar e mantido no lugar certo, em bom estado e disponível sempre que for necessário. Cada uma das 5 etapas são sequenciadas e estão especificadas em baixo (Pinto, 2014):

- **Seiri (Organização):** No posto de trabalho ou no local de trabalho, é importante distinguir o útil do inútil e identificar todas as coisas desnecessárias;
- **Seiton (Arrumação):** Definir locais específicos para cada componente, ferramenta ou equipamento. Estas componentes, ferramentas ou equipamentos devem estar próximas do local/posto de trabalho de acordo com a sua periodicidade de utilização;
- **Seiso (Limpeza):** Esta etapa resume-se em fazer limpeza a todo o posto de trabalho e do ambiente que o envolve. Deve ser definida uma norma de limpeza para essa zona do posto de trabalho. Trabalhar num ambiente limpo significa garantir a segurança e reforçar a qualidade do trabalho. Permite identificar os erros e defeitos mais facilmente;
- **Seiketsu (Normalização):** Para não voltar a comportamentos antigos, as rotinas do 5S precisam de ser normalizadas em toda a organização, isto é, definir uma norma geral para garantir que todas as etapas anteriores sejam realizadas;
- **Shitsuke (Autodisciplina):** Estas etapas devem ser estimuladas e impulsionadas. É importante garantir que todas as etapas estão a ser cumpridas, podendo usar como auxílio listas de verificação e elementos de gestão visual como gráficos, cores ou indicadores de direção.

2.4.2. Total Productive Maintenance (TPM)

O TPM é uma estratégia de gestão que evoluiu a partir da combinação da manutenção preventiva, eficiência e participação total dos trabalhadores (Ng *et al.*, 2017). O TPM é um sistema de manutenção que aborda a manutenção dos equipamentos em cada secção. Este sistema além de englobar a vida útil do equipamento, inclui, também, o planeamento da produção e manutenção, e o envolvimento todos os colaboradores desde o chão de fábrica até à gestão de topo (Jeon, Kim e Lee, 2011).

O TPM assenta em oito elementos (Ng *et al.*, 2017):

- **Manutenção de Rotina:** Responsabilidade de limpar e preservar o equipamento;
- **Manutenção Programada:** A manutenção do equipamento é planeada e programada com base na previsão de falhas;
- **Melhoria Contínua:** Constante monitorização e avaliação para assegurar a sustentabilidade e fiabilidade da máquina;
- **Manutenção de Qualidade:** Durante o processo de reparação, as falhas do produto são consideradas para assegurar que as causas raiz dos defeitos sejam removidos;
- **Formação e Educação;**
- **Considerações ambientais de segurança e saúde:** As considerações ambientais de segurança e saúde são colocadas no topo das prioridades para garantir um local de trabalho seguro e saudável;
- **Gestão do Equipamento:** A eficiência do equipamento pode ser aumentada através da modificação e desenvolvimento de novos sistemas;
- **Aplicação e técnicas de TPM:** Técnicas como o 5W2H, o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) e os diagramas de Ishikawa são exemplos eficazes para ajudar processos de produção e manutenção.

2.4.3. Kaizen

Kaizen é normalmente conhecido como conceito de melhoria contínua. Para adotar hábitos de melhoria contínua é necessário compreender e perceber o porquê de o adotar (Pinto, 2014). Os benefícios a longo prazo, as medidas progressivas de desenvolvimento contínuo, o envolvimento de toda a organização, são algumas das características que descrevem o que é o *Kaizen* (Ismail *et al.*, 2019). Este permite assegurar qualidade, reduzir os desperdícios e aumentar a produtividade tanto em termos de equipamento, como de procedimentos de trabalho.

A metodologia OSKKK (observar, padronizar, *Kaizen* de fluxos e processos, *Kaizen* de equipamentos e *Kaizen* de *layout*) da Toyota é introduzida com o objetivo de ajudar a compreender os processos e orientar uma transformação *Lean* no chão de fábrica. Esta metodologia resume-se nos seguintes passos (Lane, 2010):

- **Observação (O):** Dedicar tempo para ir e ver o que está a acontecer na área de trabalho, observar a execução de um processo e anotar se há ou não padronização no ciclo de trabalho, especialmente onde a qualidade ou a produtividade sejam afetadas;
- **Padronização (S):** Para assegurar o mais alto nível de qualidade, segurança e eficiência é importante padronizar materiais, movimentos, tarefas e procedimentos de gestão. Observar os diversos métodos de trabalho de todos os membros da equipa para decidir sobre qual o padrão que se deve utilizar para executar uma tarefa. Através da aplicação adequada de normas, os defeitos podem ser evitados durante a produção do produto. Além disso, são criados procedimentos para evitar a ocorrência de outros erros que possam eventualmente ter influência na atividade de produção;
- ***Kaizen* de fluxos e processos (K):** A partir da utilização do VSM, é crucial identificar todos os fluxos de material e informação, desde a receção da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente. Provavelmente esta é a etapa que menos custos acarreta. Olhar e ver onde é que os materiais ou informações param, quais as atividades que não acrescentam valor e posteriormente trabalhar para eliminar ou minimizar esses desperdícios;
- ***Kaizen* de equipamentos (K):** Os custos de melhorias nos equipamentos, seja por *upgrade*, aquisição, ou aluguer, implica um investimento financeiro. Reduzir os tempos de *setup* (utilização do SMED), utilizar o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) como referência para conduzir melhorias e, melhorias no TPM, são algumas sugestões a realizar nesta etapa;
- ***Kaizen Layout* (K):** As alterações ao *layout* têm os maiores custos e impactos. Antes de qualquer alteração deve ser assegurado que as etapas anteriores foram trabalhadas. A recolha de dados relativamente aos processos, produtos, OEE, mapas de fluxo são pontos fundamentais. É recomendado a criação de 3 opções de *layout* para que depois possa ser simulado e testado e, deduzir qual o mais benéfico a implementar.

2.4.4. Kanban

O sistema *Kanban* é a estratégia de produção que através do sistema *Pull*, controla o fluxo de material entre postos de trabalho, reduz os *stocks* de matéria-prima e minimiza a existência de produtos semi-acabados no processo produtivo, mantendo o nível de serviço desejado (Klankamsorn, 2020). Várias empresas implementam o sistema *Kanban* pela razão de este ser um sistema simples para reduzir os desperdícios, proporcionar flexibilidade nos postos de trabalho, garantir a melhoria da qualidade, eliminar o excesso de produção, assegurar a rápida movimentação entre postos de trabalho, reduzir os custos e os tempos de espera e claro, diminuir o nível de *stocks* e de despesas gerais (Pinto, 2014; Ismail *et al.*, 2019).

Este sistema pode ser representado em diversas formas, como sob a forma de cartão, marcas pintadas no chão, sistema de duas caixas, sob indicação luminosa, *Kanban* electrónico (*eKanban*) ou modelo gravitacional (Pinto, 2014). O *Kanban* sob a forma de cartão é um dos modelos mais usados pelas organizações e pode ser dividido em dois tipos: de produção e transporte. O modelo de produção emite uma autorização para ordem de fabrico e o modelo de transporte autoriza a movimentação para o processo ou etapa seguinte (Pinto, 2014).

Existem vários fatores que devem ser considerados para assegurar a implementação eficaz do sistema *Kanban*, incluindo a participação de fornecedores e vendedores, melhorias na qualidade, melhoria no controlo da qualidade, gestão de *stocks*, e por último, mas não menos importante, o compromisso de toda a organização (Ismail *et al.*, 2019).

2.4.5. Trabalho Padronizado

A padronização do trabalho ajuda a identificar as melhores práticas para completar uma operação de forma eficaz e segura (Ismail *et al.*, 2019). Este garante que o trabalho é realizado com a mesma qualidade e de acordo com todos os procedimentos especificados, com o objetivo de evitar a ocorrência de erros que possam ter um efeito negativo na atividade (Ismail *et al.*, 2019). Independentemente do trabalhador envolvido no procedimento, todos os processos são executados continuamente e da mesma forma, reduzindo a variação e a variabilidade associada (Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). Em suma, o trabalho padronizado permite realizar um conjunto de tarefas de forma autónoma, repetida e consistente.

Além da redução da variabilidade, a redução de custos, redução de peças defeituosas, melhoria da qualidade, envolvimento dos trabalhadores e melhoria contínua, são outros benefícios da padronização do trabalho (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). Esta prática *Lean* assenta em 3 pilares:

- i. **Takt Time:** é definido como o tempo máximo que leva a produzir um determinado produto em resposta à procura do cliente. Uma maior procura por parte do cliente significa um *Takt Time* menor (Pinto, 2014). A sua utilização para controlar os processos de produção permite a identificação de eventuais irregularidades e, como resultado, a respetiva retificação (Ismail *et al.*, 2019). Para determinar o *Takt Time* é usada a seguinte equação (adaptado Ismail *et al.*, 2019):

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Procura (unidades de produção requeridas)}} \quad (1)$$

- ii. **Sequência de Trabalho:** Esta secção centra-se na padronização da ordem e na identificação das atividades mais adequadas aquando a realização de um determinado processo (Pinto, 2014).
- iii. **Nível de Stock Padrão:** Assegurar a menor quantidade de *stock* disponível, a fim de manter um fluxo contínuo de produção, sem tempos de paragem (Ismail *et al.*, 2019). Quantidades acima ou abaixo desse nível de *stock* padrão, pode provocar consequências na produtividade e os trabalhadores vão ter dificuldades em acompanhar o ritmo imposto. Uma das formas de minimizar esse problema é a utilização de um *Kanban* (Ismail *et al.*, 2019).

2.4.6. *Value Stream Mapping (VSM)*

O *Value Stream Mapping (VSM)* ou Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma representação visual dos fluxos de material e informação, necessários para orientar os procedimentos desde a aquisição da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente final (Sundar, Balaji e Satheeshkumar, 2014; Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). É uma das ferramentas que mais contribui para a determinação da origem dos desperdícios. Após a seleção do produto a ser analisado, a primeira fase do VSM consiste na criação de um mapa do estado atual. A segunda fase é a realização de um mapa do estado futuro, com o objetivo de resolver as ineficiências previamente assinaladas na primeira (Oliveira, Sá e Fernandes, 2017; Ismail *et al.*, 2019).

Existem alguns fatores que devem ser considerados, para além da construção dos mapas do estado atual e do estado futuro, que estão descritos abaixo:

- i. **Cycle Time (Tempo de ciclo):** é o tempo necessário de um trabalhador completar a operação (fabricação de uma peça) antes de voltar a realizar a mesma tarefa. É definido pela operação mais lenta. O tempo do ciclo não pode ser superior

ou inferior ao *Takt Time* para evitar atrasos nas entregas ou criar desperdícios no processo, respetivamente (Pinto, 2014; Ismail *et al.*, 2019);

- ii. **Lead Time (Tempo de espera):** descreve quanto tempo leva para que um produto passe por todo o processo produtivo, do início até ao fim (Ismail *et al.*, 2019);
- iii. **Tempo de processamento:** informa os trabalhadores e os responsáveis pela produção sobre quanto tempo leva a processar uma peça durante o processo de fabrico (Ismail *et al.*, 2019). Ou por outras palavras, é o tempo que um produto está realmente a ser trabalhado;
- iv. **Takt Time:** conforme mencionado anteriormente, é um dos pilares do trabalho padronizado. Em suma, é o tempo necessário para produzir um produto específico em resposta à procura do consumidor.

A aplicação do VSM é um bom ponto partida para iniciar práticas *Lean*, pelas seguintes razões (Pinto, 2014; Seth, Seth e Dhariwal, 2017):

1. Ajuda a compreender o local e a visualizar detalhadamente todo o processo, facilitando a identificação das atividades que acrescentam ou não valor e, qual a sua origem;
2. Demonstra as relações entre os processos, fluxo de materiais, fluxos de pessoas, fluxos de informação, equipamentos, documentos e capital;
3. Pode ser aplicado em diferentes áreas de aplicação devido à sua flexibilidade e adaptabilidade;
4. Fornece uma abordagem simples e uma linguagem comum para descrever todos os processos e fluxos.

É fundamental salientar que o mapa de fluxo de valor não deve ser nem demasiado amplo nem demasiado detalhado. É comum ver mapas com inúmeros detalhes, o que pode torná-los difíceis de visualizar e interpretar, e, como resultado, raramente são utilizados.

2.4.7. Ciclo de Deming (PDCA)

O ciclo PDCA foi popularizado por W.E. Deming a partir de 1950 (Pinto, 2014). É uma sequência direcionada para a resolução de problemas e para a melhoria contínua de processos, com o objetivo de guiar a organização na realização de mudanças ou na análise de implementações (Pinto, 2014; *Lean Academy*, 2020). O ciclo PDCA é constituído por 4

fases, *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*, e pode ser utilizado para a resolução e identificação de qualquer desperdício (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016). Pinto (2014) defende e recomenda que, a fase de planeamento requer uma maior atenção e cuidado, sugerindo uma percentagem de 50% do ciclo. Grande parte das organizações abdicam da fase de planeamento e passam diretamente à fase de ação (*Do*). Tendo em conta a perspetiva do autor referido anteriormente, foi elaborada a seguinte figura com as etapas do ciclo e as respetivas ações.

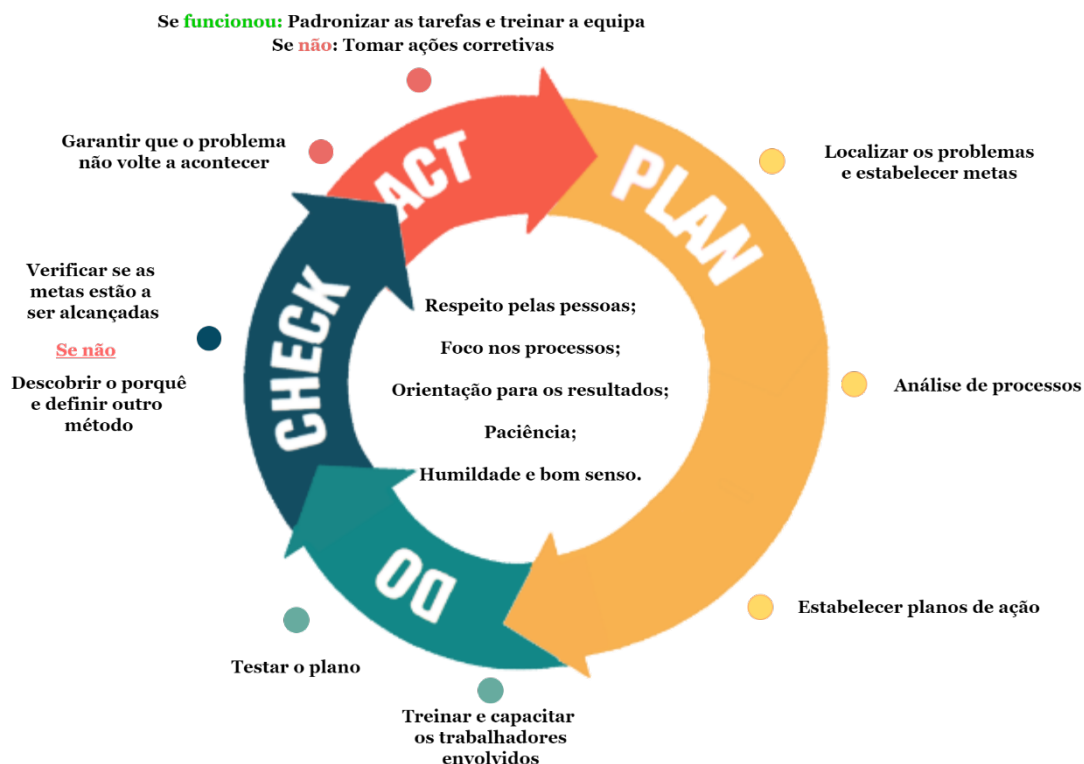


Figura 3: Fases do ciclo PDCA (Fonte: Pinto, 2014; *Lean Academy*, 2020)

2.4.8. *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

O sistema *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) foi desenvolvido para a *Toyota*, com o intuito de ajudar a diminuir os tempos de *setup* e a aumentar rapidamente os seus resultados, tais como: a redução dos tempos de entrega, a diminuição dos stocks, a melhoria da eficiência, a produtividade, os lucros e os resultados gerais (Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). Consiste num conjunto de processos destinados a reduzir o tempo de preparação de equipamento, ferramentas ou materiais durante as mudanças de ciclo (Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González, 2019).

A metodologia SMED é caracterizada por dois tipos de operações: as operações internas, que são ações que só podem ser realizadas com a máquina imobilizada e as operações externas que só podem ser executadas com a máquina em funcionamento (Oliveira, Sá e

Fernandes, 2017). Além de reduzir os tempos *setup* e proporcionalmente a diminuição dos tamanhos dos lotes, o SMED ajuda o operador a ficar menos exposto aos perigos relacionados com as movimentações e alterações de ferramentas durante o funcionamento da máquina (Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Ismail *et al.*, 2019). O objetivo é fazer a alteração do produto ou serviço em menos de 10 minutos, permitindo uma maior flexibilidade do equipamento (Pinto, 2014).

2.4.9. Jidoka

Como foi referido anteriormente, Sakichi Toyoda foi o pioneiro do conceito de *Jidoka*. Os seres humanos são propensos a cometerem erros, que, se não forem detetados no início do processo de produção, manifestar-se-ão posteriormente como um defeito (Palange e Dhattrak, 2021). O conceito básico de *Jidoka* é sugerir a adição de mecanismos e automatismos, a uma máquina, com o objetivo de identificar se esta executou uma operação corretamente e, como resultado, verificar se o produto foi produzido com qualidade ou se ocorreu algum defeito ou, evitar que esse defeito se propague (Pinto, 2014; Ismail *et al.*, 2019). Neste caso, o trabalhador não precisa de estar constantemente junto à máquina para observar se esta realiza as operações corretamente. Com a adição de práticas *Jidoka*, o operador pode ser capaz de controlar todo o processo no seu posto de trabalho, permitindo-lhe detetar outros possíveis defeitos ou falhas no processo (Ismail *et al.*, 2019). Algumas das ferramentas mais utilizadas no processo de identificação de problemas ou defeitos são:

- i. **Poka-Yoke:** é um termo japonês que significa “sistema à prova de erro” (Pinto, 2014). Esta ferramenta à “prova de erro” é qualquer ideia, dispositivo, mecanismo ou solução na deteção prévia de erros (Palange e Dhattrak, 2021). O *Poka-Yoke* pode reduzir os defeitos de um produto, prevenindo, corrigindo, ou alertando para os erros à medida que estes ocorrem.

- ii. **Andon:** é uma ferramenta que permite ao operador parar a linha de produção se detetar uma anomalia, possibilitando-lhe procurar assistência para a resolução do problema. Normalmente são constituídos por painéis indicadores, que tem o objetivo de informar todo o chão de fábrica a existência de algum erro na linha de produção (Lean institute Brasil, 2006). É utilizado principalmente para identificar problemas a fim de melhorar a eficiência, reduzir custos, melhorar os tempos de resposta, aumentar a segurança e melhorar a comunicação em toda a organização (Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González, 2019).

2.4.10. Just-In-Time (JIT)

Além do *Jidoka*, o *Just-in-Time* (JIT) é também um dos elementos essenciais do TPS. O objetivo do JIT é eliminar todos os desperdícios do processo de fabrico. Concentra-se em produzir apenas as unidades necessárias nas quantidades necessárias, no tempo necessário, alinhando os níveis de produção com a procura do mercado ou pelo *Takt Time* (Lean Academy, 2020). Existem alguns benefícios na utilização do JIT, e os mesmos incluem uma diminuição dos *stocks*, a redução do tamanho dos lotes, a minimização dos prazos de entregas das encomendas, a melhoria da qualidade, o aumento da eficiência, uma maior margem de lucro e uma melhor imagem face aos concorrentes (Ismail *et al.*, 2019). Estes benefícios só podem ser obtidos sob um ambiente de produção JIT. Alguns dos princípios para garantir a utilização do JIT são:

- i. **Pull System:** este sistema permite uma fabricação e entrega JIT, sendo os produtos criados no momento em que são necessários e nas quantidades necessárias. Os sistemas baseados em *Pull* apenas são acionados a partir das necessidades dos clientes, ou seja, vende-se, produz-se o produto e nada é armazenado, contribuindo assim para a diminuição de desperdícios (Pinto, 2014; Lean Academy, 2020).
- ii. **Fluxo contínuo:** ao adotar uma produção em fluxo contínuo, garante-se que os produtos ou serviços avançam em direção ao cliente, sem interrupções, pois as etapas de criação de valor ocorrem em sequência, sem tempos de espera entre elas. Quando isto for implementado com sucesso, o tempo do ciclo de produção pode ser reduzido em 90% (Lean Academy, 2020). Em suma, a peça ou produto é enviado à fase seguinte, assim que termina o seu processamento anterior.

2.4.11. Key Performance Indicator (KPI)

Antes de qualquer tomada de decisão, é importante dispor dados concretos que permitam à organização tomar decisões mais adequadas (Pinto, 2014). Existem diversos indicadores que ajudam a avaliar determinadas iniciativas ou ações, como o *Cycle Time*, *Takt Time*, *Lead Time* (Lean Academy, 2020), que foram referidos anteriormente como métricas para ajudar outras ferramentas *Lean*. Outro indicador de referência é *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

O OEE mede o desempenho global de um processo ou sistema (Pinto, 2014). Este indicador permite avaliar o desempenho do equipamento e, por conseguinte, reduzir os custos associados ao mesmo e revelar informações acerca da produtividade da organização (Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). O OEE é constituído pela multiplicação de três elementos:

disponibilidade, eficiência e qualidade do equipamento. Uma pontuação OEE de 100% representa uma produção perfeita, ou seja, são produzidas apenas peças sem defeitos, o mais rápido possível, sem tempos de paragem (Arunagiri e Gnanavelbabu, 2014).

2.4.12. Six Sigma

A metodologia *Six Sigma* foi posta em prática, a partir dos anos 80, pela empresa *Motorola*. Esta possui métodos e técnicas estatísticas para reduzir defeitos e verificar a qualidade do produto, contribuindo para a melhoria contínua da organização (Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González, 2019). O objetivo desta metodologia é assegurar a qualidade de cada procedimento e consequentemente a qualidade dos produtos ou serviços. O *Six Sigma* baseia-se no ciclo de DMAIC (*define, measure, analyse, improve e control*) e este é aplicado na melhoria contínua do processo. Esta metodologia só deve ser implementada depois de adotada a filosofia *Lean*, de modo a obter melhores níveis de qualidade e produtividade (Pinto, 2014).

2.4.13. Total Quality Management (TQM)

O *Total Quality Management* (TQM) é uma metodologia que usa a aplicação de métodos quantitativos e recursos humanos, destinados a acrescentar valor aos produtos e aos processos envolventes (produção de produtos ou serviços de qualidade), de forma a satisfazer as necessidades atuais e futuras dos clientes (Anil e K.P., 2016; Oliveira, Sá e Fernandes, 2017; Yu, Park e Hong, 2020). Este também é conhecido como uma filosofia e um conjunto de princípios orientadores que servem de base para uma organização que se encontre em constante melhoria (Yu, Park e Hong, 2020).

O TQM auxilia as organizações a obterem vantagem competitiva através da implementação de boas práticas de gestão e, por conseguinte, uma qualidade e produtividade mais sustentável (Anil e K.P., 2016; Yu, Park e Hong, 2020). As práticas TQM mais comuns são, os fluxogramas, fichas de controlo, análise de caminhos críticos, diagramas de árvore ou diagramas de causa efeito (Anil e K.P., 2016; Ahmad *et al.*, 2018). O TQM é composto por diversas componentes que envolvem desde o apoio à gestão de topo, programas de formação ou, auxílio na aplicação de sistemas de gestão da qualidade, de forma a proporcionar um ambiente mais eficiente em toda a organização (Yu, Park e Hong, 2020).

2.4.14. 5W2H

O 5W2H à semelhança do ciclo PDCA, permite auxiliar no mapeamento e na padronização de processos, na elaboração de planos de ação e tem aplicação em qualquer processo de decisão. É constituída por sete questões, isto é, os trabalhadores (*who*) de um determinado projeto sabem exatamente o que fazer (*what*), quando (*when*), onde (*where*), de que forma (*how*), o porquê (*why*) e os recursos associados a esse projeto (*how much*) (Pinto, 2014; IMBS, 2018). Na figura 4 é apresentado um possível exemplo de aplicação desta ferramenta numa organização.



Figura 4: Exemplo de aplicação 5W2H (Fonte: IMBS, 2018)

2.4.15. Heijunka

O *Heijunka* é um conjunto de técnicas para planear e nivelar a produção em termos de volume e variedade, satisfazendo a procura do cliente e permitindo um fluxo contínuo de produção. Para facilitar a aplicação do *Heijunka*, o sistema *Kanban* deve estar suficientemente desenvolvido, de forma a assegurar que as peças sejam produzidas de acordo com os tempos padrão previamente especificados e exatamente nas quantidades solicitadas, evitando o excesso de *stock* e, por conseguinte, o excesso produção. A utilização desta prática por si só, torna possível o fluxo contínuo, garante o *Pull System* e minimiza os *stocks* (Pinto, 2014; Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González, 2019; *Lean Academy*, 2020).

2.4.16. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

A indústria aeronáutica começou a utilizar o *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) em meados dos anos 60, e é particularmente importante quando se trata de questões de

segurança ou de proteção (Subriadi e Najwa, 2020). O FMEA analisa o comportamento de um determinado produto, serviço ou processo, e identifica as atividades que proporcionam maior risco de falha. Além da identificação de falhas ou riscos, este ajuda a definir prioridades de ações que devem ser efetuadas com o intuito de minimizar o risco e proteger o cliente (Pinto, 2014).

A FMEA utiliza a técnica do Número Prioritário de Risco (NPR) que é obtido a partir da multiplicação da severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). Os riscos com os valores NPR mais elevados são considerados riscos críticos e devem ser tratados com elevada prioridade em comparação com riscos de valores NPR mais baixos (Subriadi e Najwa, 2020).

2.4.17. Gestão Visual

A Gestão Visual é descrita como uma visão clara de todas as ferramentas, componentes, atividades de produção e indicadores do desempenho do sistema de produção, à vista de todos os trabalhadores de uma organização (Eaidgah et al., 2016 apud. Narusawa e Shook, 2009). Os procedimentos de produção, as sequências e a forma correta de realizar tarefas ou outras informações importantes, são casos típicos de gestão visual e que ajudam os trabalhadores a realizar o seu trabalho de forma eficaz, reduzindo erros e outras formas de desperdício (Oliveira, Sá e Fernandes, 2017; *Lean Academy*, 2020).

Os sistemas de gestão visual servem de base para as práticas 5S e para o trabalho padronizado, onde pequenos pormenores ou imagens representativas da realização de um trabalho, permitem lembrar ao trabalhador o padrão das tarefas e de aplicar o 5S (Eaidgah *et al.*, 2016; Oliveira, Sá e Fernandes, 2017). A implementação destes sistemas proporciona diversos benefícios tais como: a simplificação do fluxo de informação, a facilitação do *feedback* contínuo e a comunicação, aumentar a transparência dentro da organização, diminuir o tempo necessário para compreender a informação e, também, promover e suportar a melhoria contínua (Eaidgah *et al.*, 2016).

Após a revisão da literatura referente aos desperdícios e às ferramentas do *Lean*, foi possível elaborar a Tabela 2, onde se pode verificar que a aplicabilidade de ferramentas ou práticas *Lean* como, o trabalho padronizado, o SMED, a procura pela melhoria contínua (*Kaizen*), o VSM ou o *Kanban*, permitem ajudar a eliminar e minimizar diversos desperdícios em simultâneo. Salientar apenas que, ferramentas como o ciclo PDCA e 5W2H, podem ser utilizados para a resolução de qualquer problema ou desperdício.

Tabela 2: Relação entre as ferramentas *Lean* e tipo de desperdício (Fontes: Pinto, 2014; Anil e K.P., 2016; Eaidgah *et al.*, 2016; Elrhanimi, El Abbadi e Abouabdellah, 2016; Ng *et al.*, 2017; Oliveira, Sá e Fernandes, 2017; Seth e Dhariwal, 2018; Comunidade *Lean Thinking*, 2018; Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González, 2019; Ismail *et al.*, 2019; Subriadi e Najwa, 2020; Yu, Park e Hong, 2020; Klankamsorn, 2020; *Lean Academy*, 2020; Leksic, Stefanic e Veza, 2020; Palange e Dhatrak, 2021)

Ferramentas e Técnicas Lean	Desperdícios									
	Excesso de produção	Transportes	Esperas	Excesso de Processamento	Stocks	Movimentos	Defeitos	Desperdício do Talento Humano		
5S										
Kaizen	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Poka-Yoke			X	X	X					
SMED	X	X	X	X	X					
VSM		X	X	X	X					
Jidoka			X	X						
Andon			X	X						
Heijunka			X	X	X					
Just-in-Time	X		X	X						
Kanban	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
PDCA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5W2H	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Seis Sigma			X	X	X	X	X	X	X	
TQM			X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pull System</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	
Fluxo Contínuo	X		X	X	X	X	X	X	X	
TPM			X	X	X	X	X	X	X	
Gestão Visual		X	X	X	X	X	X	X	X	
FMEA			X	X	X	X	X	X	X	
Trabalho Padronizado		X	X	X	X	X	X	X	X	
KPI's (lead time, cycle time, OEE, Takt Time, etc)	X		X	X	X	X	X	X	X	

2.5. Barreiras e fatores de críticos na implementação do Lean nas PMEs

Como foi referido no primeiro capítulo, as PMEs estão entre as unidades económicas mais importantes do mundo. A introdução da LM ajudará as empresas a reduzir o seu tempo de trabalho em 50%, poupar 30% do seu espaço de produção, e aumentar a produtividade em pelo menos 30% (Elkhairi, Fedouaki e El Alami, 2019). Apesar do sucesso da LM em diversas áreas da indústria, existem barreiras e fatores críticos que afetam consideravelmente a sua implementação.

Relativamente às barreiras que se impõem na implementação do *Lean*, é possível categorizá-las em 3 tipos (Elkhairi, Fedouaki e El Alami, 2019 apud. Bajjou e Chafi, 2018): Barreiras Administrativas e Técnicas, Barreiras Económicas e Barreiras Sociais.

No que diz respeito aos fatores críticos, a implementação do *Lean* tem grande probabilidade de falhar se esses fatores não forem atingidos. Os fatores críticos são metas que devem ser alcançadas para garantir o sucesso de qualquer abordagem ou técnica *Lean*. Através do estudo feito pelos autores Elkhairi, Fedouaki e El Alami (2019), foram identificados e categorizados os seguintes fatores: liderança, mudança cultural, competência e experiência, comprometimento da gestão de topo, educação e formação, e comunicação.

Os resultados do sucesso da implementação *Lean* estão maioritariamente relacionados com o conhecimento deste na organização. Através da análise da figura 5 é possível verificar que existe uma relação entre as barreiras e os fatores críticos na implementação do *Lean*. A mesma ilustra algumas situações do que se deve fazer ou como evitar cada fator crítico.

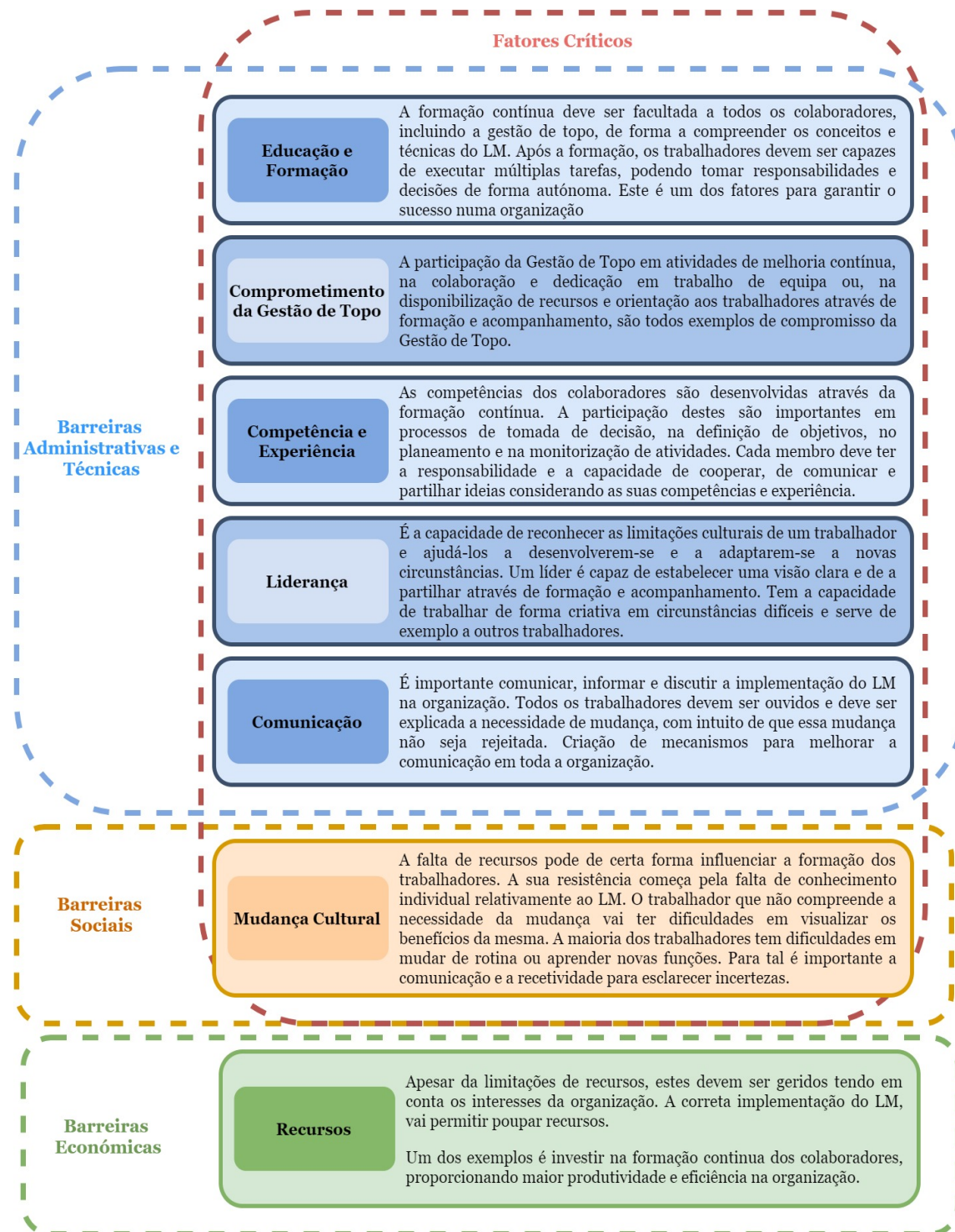


Figura 5: Relação entre as barreiras e os fatores críticos na implementação da LM (Fonte: Pearce, Pons e Neitzert, 2018; Costa et al., 2019; Elkhairi, Fedouaki e El Alami, 2019)

2.6. Casos Práticos

As indústrias transformadoras são descritas como as atividades que transformam matérias-primas de várias atividades económicas em novos produtos (Instituto Nacional de Estatística, 2007). Em 2019, este sector era constituído por 68 mil empresas, das quais 99% são PME (Pordata, 2021). Os setores têxtil, metalúrgico e metalomecânico e, automóvel, são os sectores de referência no âmbito da indústria transformadora e os que mais contribuem para a economia portuguesa. Assim sendo, o objetivo deste subcapítulo passa pela análise de vários casos práticos nestes três setores, de forma a obter informações relativamente à aplicabilidade de ferramentas e práticas Lean no combate aos desperdícios nos sectores referidos.

A indústria automóvel está diretamente relacionada com outros sectores da indústria transformadora, que engloba, desde empresas do sector metalúrgico e metalomecânico, moldes, componentes em borracha e plástico, até aos têxteis, vidros e eletrónica. É um dos setores com maior peso nas exportações, no qual o volume de negócios desta área é mais elevado na atividade metalúrgica e metalomecânica com cerca de 32% e a indústria têxtil tem uma percentagem de 10% (Ascensão, 2017). Em relação ao sector metalúrgico e metalomecânico, este tem capacidade de reagir e ajustar em outras indústrias, ou seja, não é utilizada exclusivamente na indústria automóvel, o que é benéfico numa situação economicamente desfavorável ou numa situação pandémica (Pinto, 2020).

Posto isto, foi elaborada a Tabela 3 relativamente aos casos práticos analisados, com a finalidade de sustentar o sistema desenvolvido, sobre a aplicabilidade de ferramentas ou práticas Lean aquando a seleção de um destes sectores. É de salientar quando é referido na tabela “Sector Têxtil”, que este sector compreende “a preparação de fibras têxteis, lavagem, penteação, fiação, retorcedura, tecelagem de lãs, algodão, linho, juta, cânhamo, rami, pêlos, fibras artificiais e sintéticas”(Instituto Nacional de Estatística, 2007, p. 103). Relativamente ao sector automóvel, os casos práticos referem-se às linhas de montagem de automóveis.

Tabela 3: Análise de Casos Práticos

Autores	Título	Sector	Desperdícios a ocorrer (Possíveis)	Ferramentas ou práticas Lean associadas	Resultados alcançados
<p>Hodge et al. (2011)</p>	<p>Adapting Lean manufacturing principles to the textile industry</p>	<p>Têxtil</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de Produção • Stocks • Defeitos • Movimentos • Excesso de Processamento • Esperas • Transportes 	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas 5S • Kaizen • Six Sigma • SMED • Trabalho padronizado • TPM • VSM • Gestão visual • Sessões de Treino e Formação 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de matéria-prima • Redução de Stocks • Redução dos tempos de <i>setup</i> • Aumento da produtividade • Poupança no espaço fabril • Redução do <i>lead time</i> • Aumento da qualidade • Aumento das condições de segurança e saúde
<p>Pinto (2014)</p>	<p>Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras</p>	<p>Metalúrgico e Metalomecânico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de Produção • Stocks • Defeitos • Movimentos • Excesso de Processamento • Esperas • Transportes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sessões de Treino e Formação • VSM • Gestão Visual • Trabalho Padronizado • Práticas 5S • Pull System • Kanban • Heijunka • SMED 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da produtividade • Redução stocks • Redução dos tempos de <i>setup</i> • Aumento da qualidade • Redução do <i>lead time</i> • Redução de custos operacionais
<p>Pinto (2014)</p>	<p>Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras</p>	<p>Metalúrgico e Metalomecânico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de Produção • Stocks • Defeitos • Movimentos • Excesso de Processamento • Esperas • Transportes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sessões de Treino e Formação • VSM • Práticas 5S • SMED • Poka-yoke • Kanban 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da produtividade • Redução de produção em curso (WIP) • Redução de peças defeituosas • Poupança no espaço fabril • Aumento OEE • Redução do <i>lead time</i>

(Continuação da Tabela 3)

Autores	Título	Sector	Desperdícios a ocorrer (Possíveis)	Ferramentas ou práticas Lean associadas	Resultados alcançados
El-khalil e Zeaïter (2015)	Improving Automotive Efficiency through Lean Management Tools: A Case Study	Automóvel	<ul style="list-style-type: none"> • Excesso de Produção • Stocks • Defeitos • Movimentos • Excesso de Processamento • Esperas • Transportes • Não aproveitamento do potencial humano 	<ul style="list-style-type: none"> • JIT • Fluxo contínuo • Práticas 5S • Trabalho padronizado • Gestão visual 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da eficiência • Redução dos tempos de <i>setup</i> • Redução do <i>lead time</i> • Redução de peças defeituosas • Aumento das condições de segurança e saúde • Redução de custos operacionais • Redução de Stocks
Uhrin, Moyano-Fuentes e Bruque-Cámara (2017)	Lean production, workforce development and operational performance	Metalúrgico e Metalomecânico	<ul style="list-style-type: none"> • Não aproveitamento do potencial humano • Excesso de Produção • Stocks • Defeitos • Movimentos • Excesso de Processamento • Esperas • Transportes 	<ul style="list-style-type: none"> • TPM • TQM • Kanban • Equipas qualificadas e multidisciplinares • JIT • Sessões de Treino e Formação 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição dos tempos de espera • Aumento da produtividade • Aumento da eficiência • Redução do <i>lead time</i> • Redução de custos operacionais • Redução de peças defeituosas • Diminuição do retrabalho • Redução de Stocks
Arteaga Sarmiento, Villamil Sandoval e González (2019)	Characterization of the production processes of textile SMEs in Cundinamarca	Têxtil	<ul style="list-style-type: none"> • Esperas • Movimentos • Transportes • Defeitos • Excesso de Produção • Excesso de Processamento • Stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • VSM • Práticas 5S • SMED • Kaizen • Kanban • TPM • Andon • <i>Poka-yoke</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de custos operacionais • Redução de Stocks • Aumento da qualidade • Redução dos tempos de <i>setup</i> • Redução do <i>lead time</i> • Aumento das condições de segurança e saúde • Aumento da eficiência

(Continuação da Tabela 3)

Autores	Título	Sector	Desperdícios a ocorrer (Possíveis)	Ferramentas ou práticas Lean associadas	Resultados alcançados
Ismail et al. (2019)	A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry	Automóvel	<ul style="list-style-type: none"> • Esperas • Movimentos • Transportes • Defeitos • Excesso de Produção • Excesso de Processamento • Stocks 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho padronizado • Práticas 5S • VSM 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da eficiência • Redução dos tempos de <i>setup</i> • Aumento das condições de segurança e saúde • Redução do <i>lead time</i> • Redução de custos operacionais • Redução de peças defeituosas
Marodin et al. (2019)	Lean production and operational performance in the Brazilian automotive supply chain	Metalúrgico e Metalomecânico	<ul style="list-style-type: none"> • Esperas • Transportes • Excesso de Produção • Stocks • Movimentos • Defeitos • Excesso de Processamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão visual • TPM • Jidoka • Trabalho padronizado • Fluxo contínuo • SMED • <i>Pull System</i> • Equipas qualificadas e multidisciplinares • Andon • Heijunka 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do lead time • Redução de <i>Stocks</i> • Aumento da qualidade • Aumento do volume de vendas • Entregas pontuais • Redução de custos operacionais
Mohan Prasad et al. (2020)	A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry	Têxtil	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentos • Excesso de Processamento • Stocks • Defeitos • Esperas • Transportes • Excesso de Produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Práticas 5S • Gestão visual • <i>Poka-yoke</i> • Trabalho padronizado • SMED • Heijunka 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da qualidade; • Aumento da produtividade; • Aumento da eficiência; • Redução dos tempos de <i>setup</i>; • Aumento das condições de segurança e saúde; • Redução de <i>Stocks</i>; • Redução de custos operacionais

Após a análise dos casos práticos, mais uma vez, confirma-se que a utilização de ferramentas *Lean* provam ser capazes de proporcionar melhorias em diversos setores industriais. Talvez uma das ferramentas *Lean* mais importantes, seja o mapeamento do fluxo de valor (VSM), uma vez que pode ser elaborado em qualquer sector e pode proporcionar um excelente ponto de partida para a identificação de desperdícios. Do mesmo modo, o trabalho padronizado, as práticas 5S e os sistemas de gestão visual, além de serem capazes de resolver por si só diversos desperdícios em simultâneo servem, também, como ótimos complementos a outras ferramentas *Lean*.

Capítulo 3: Sistema de apoio à decisão

Neste terceiro capítulo, proceder-se-á à caracterização do sistema de apoio à decisão, explanando-se todas as etapas da sua construção e o modo de funcionamento. Posteriormente, apresenta-se o teste do sistema realizado através da análise de um caso prático simulado.

3.1. Caracterização do Sistema

A principal motivação à construção deste sistema de apoio à decisão, foi o facto de grande parte das organizações, mais concretamente as PMEs, possuírem dificuldades aquando a seleção e avaliação de ferramentas ou práticas *Lean* a implementar. Para dificultar ainda mais essa seleção, na literatura sobre a LM não existe um guião que auxilie as organizações nessa escolha. Assim sendo, existe a necessidade de criar uma ferramenta de apoio à decisão, que permita identificar o tipo e a localização dos desperdícios existentes numa empresa e auxiliá-la na seleção da(s) ferramenta(s) ou prática(s) *Lean* mais adequadas a implementar.

Numa primeira fase, foi importante proceder à análise da filosofia *Lean* e das suas práticas e ferramentas. A ligação entre as ferramentas e os desperdícios e, a associação de causas/situações a cada desperdício, foram os pilares para idealização deste sistema. A Tabela 1, anteriormente apresentada, serviu como referência para a elaboração do questionário. O questionário, exibido na Tabela 4, foi criado para que qualquer pessoa da organização o possa preencher, independentemente de estarem ou não familiarizados com os conceitos relativamente à filosofia *Lean*. Este tem o propósito de identificar os desperdícios que estão associados à empresa. As primeiras três questões realizadas, foram criadas com intuito de obter informações da empresa, não tendo influência e nem estarem associadas a qualquer desperdício.

Tabela 4: Questionário

Nº	Questão	Desperdício associado
1	Indique o tipo de sector relacionado com a sua atividade económica (confirme):	--
2	Existência de cultura <i>Lean</i> ou Equipas <i>Lean</i> na organização?	--
3	A organização utiliza ou tem implementado ferramentas ou práticas <i>Lean</i> ?	--

4	São disponibilizados recursos e tempo para a formação e treino dos trabalhadores?	Não aproveitamento do potencial humano; Defeitos; Excesso de processamento
5	Existe uma base de dados sobre as competências dos trabalhadores dentro da organização?	Não aproveitamento do potencial humano
6	A organização incentiva a comunicação e participação dos trabalhadores de diferentes departamentos?	Não aproveitamento do potencial humano
7	Na organização existe equipas de trabalho multidisciplinares e qualificadas?	Não aproveitamento do potencial humano
8	A organização tem em conta o <i>feedback</i> dos trabalhadores na tomada de decisões, na definição de objetivos e, na preparação e controlo das atividades?	Não aproveitamento do potencial humano
9	A organização distribui e comunica todas as tarefas aos trabalhadores desde o chão de fábrica até à gestão de topo?	Não aproveitamento do potencial humano; Movimentos
10	A organização usa o <i>Takt Time</i> como referência de produção?	Excesso de produção
11	A organização costuma conter uma quantidade anormal de <i>stocks</i> , de produtos acabados, semiacabados ou de matéria-prima, só para o caso de haver encomendas inesperadas?	Excesso de produção; Stocks; Transportes
12	A organização costuma antecipar compras de materiais ou peças?	Excesso de produção; Stocks
13	A organização tem por hábito produzir quantidades extra além da encomenda?	Excesso de produção; Stocks
14	Na organização existe flexibilidade no planeamento?	Excesso de produção
15	É observado o uso excessivo de recurso materiais e energia?	Excesso de produção
16	É frequente a circulação desnecessária de material ou peças entre operações ou equipamentos?	Transportes; Movimentos; Defeitos
17	É recorrente os trabalhadores esperarem ou deslocarem-se para obter aprovação de documentos, assinaturas ou informações?	Transportes; Movimentos; Esperas
18	É observado o transporte de produtos acabados entre sectores, <i>stocks</i> e expedição?	Transportes
19	É comum a existência de especificações, processos ou procedimentos mal definidos, inadequados ou pouco especificados?	Transportes; Esperas; Defeitos; Excesso de processamento
20	Os trabalhadores necessitam de se deslocarem ou esperarem para obterem no seu posto de trabalho, peças, ferramentas ou matéria-prima?	Transportes; Movimentos; Esperas
21	Existem equipamentos suficientes para o transporte e movimentação de produtos?	Transportes
22	A resposta entre as operações costuma ser lenta?	Esperas
23	Os fornecedores satisfazem os prazos de entrega quando são solicitadas encomendas de materiais, peças ou matéria prima?	Esperas

24	É frequente a existência de avarias em equipamentos, defeitos de qualidade ou acidentes de trabalho?	Esperas
25	É realizado manutenção preventiva em todos os equipamentos da organização?	Esperas
26	Considera os equipamentos da organização obsoletos e pouco fiáveis?	Esperas; Defeitos; Excesso de processamento
27	Os trabalhadores encontram-se parados enquanto uma máquina automática completa um ciclo?	Esperas
28	A empresa, de alguma forma, opta por produzir lotes grandes de um produto, com o intuito de reduzir custos fixos associados?	Esperas; Stocks;
29	A empresa utiliza sistemas que ajudem automatizar tarefas (exemplo: controlo de <i>stocks</i> , relatórios, atualização de base de dados, etc.)?	Esperas; Excesso de processamento
30	A empresa utiliza sistemas à prova de erro ou sistemas que permitam identificar problemas na linha de produção?	Esperas; Defeitos; Excesso de processamento
31	Os tempos de <i>setup</i> (troca de ferramentas, procedimentos ou processos) são maioritariamente lentos?	Esperas; Stocks;
32	A organização executa operações que não são solicitadas pelo cliente, com intuito de acrescentar qualidade ao produto?	Excesso de processamento
33	Todos os trabalhadores têm acesso às instruções de trabalho, instruções dos procedimentos ou indicações relativamente à correta utilização e seleção de ferramentas para cada tarefa?	Excesso de processamento; Movimentos; Defeitos
34	A organização tem dificuldades em prever e responder à procura do cliente?	Stocks
35	A organização utiliza técnicas para planear e nivelar a produção em termos de volume e variedade de produtos?	Stocks; Excesso de produção; Esperas
36	As peças são processadas uma por uma e movidas diretamente de um processo para outro de forma contínua?	Stocks; Transportes; Esperas
37	Os trabalhadores da organização adotam posturas incorretas, posições incómodas ou movimentam cargas muito pesadas no seu posto de trabalho?	Movimentos
38	É comum os trabalhadores deslocarem-se do seu posto de trabalho para realizarem uma tarefa (extra) num outro equipamento?	Movimentos
39	São frequentemente detetados defeitos no controlo e receção da matéria-prima?	Defeitos
40	A organização aplica, regularmente, ações de controlo e inspeção?	Defeitos
41	Os produtos fabricados na organização comprometem a segurança ou proteção do utilizador?	Defeitos

Na segunda fase, foram realizadas as análises dos casos práticos, com a finalidade de obter informações em relação à aplicabilidade de ferramentas e práticas *Lean* nos sectores têxtil,

metalúrgico e metalomecânico e, automóvel. Esse estudo tem o propósito de, quando o utilizador seleccionar a atividade económica da organização, o sistema vai automaticamente considerar as ferramentas ou práticas *Lean* com maior aplicabilidade em cada sector.

O sistema de apoio à decisão foi desenvolvido no *software Microsoft Excel*, que é amplamente utilizado em diversas indústrias como ferramenta de análise e visualização de dados. Quanto ao seu modo de funcionamento, primeiramente, o utilizador vai ter contacto com a página inicial (Figura 6), onde são apresentadas algumas indicações e informações quanto à importância da veracidade nas respostas, para obter uma avaliação realista e exata por parte do sistema.

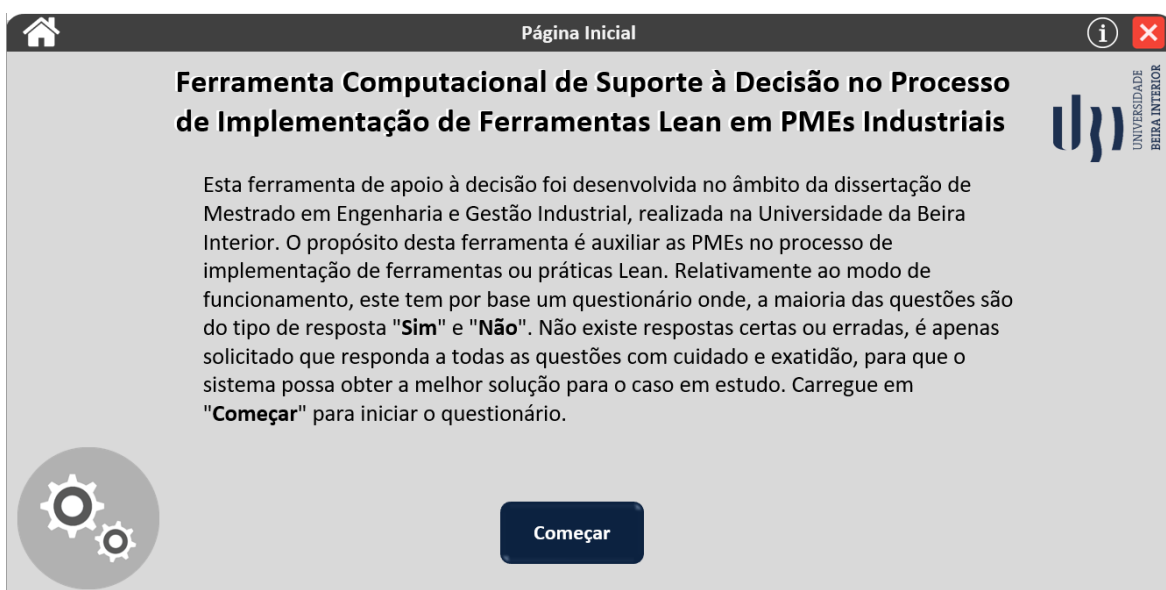


Figura 6: Página inicial do sistema de apoio à decisão

Posto isto, o utilizador começa o preenchimento do questionário, no qual a primeira questão é referente à atividade económica da organização. Essa primeira questão vai permitir que o sistema considere as ferramentas ou práticas *Lean*, com maior aplicabilidade em cada sector. Se por alguma razão, a seleção da atividade económica da organização for além dos setores estudados, vão ser considerados um maior conjunto de ferramentas ou práticas *Lean*.

Depois do preenchimento do questionário estar finalizado, o sistema vai fazer uma análise dos desperdícios encontrados e definir quais os desperdícios que necessitam de medidas de forma imediata. Nesta fase de análise, o sistema considera cada resposta e vai estabelecer uma correspondência com as categorias de desperdício. Por exemplo, na quarta questão “São disponibilizados recursos e tempo para a formação e treino dos trabalhadores?”, se a resposta for negativa, o sistema vai preencher as seguintes categorias de desperdício: “não aproveitamento do potencial humano”, “defeitos” e “excesso de processamento”.

A partir da análise anterior, a etapa seguinte consiste em associar as ferramentas ou práticas *Lean* à priorização dos desperdícios encontrados. Supondo que, os três desperdícios com maior incidência na organização são, esperas, stocks e movimentos então, uma das ferramentas que o sistema vai sugerir automaticamente, é a utilização de práticas 5S para minimizar esses desperdícios. Claro que, consoante a atividade económica escolhida, o sistema poderá apresentar soluções diferentes, isto porque, existem ferramentas ou práticas *Lean*, que revelam ter maior sucesso de aplicabilidade em outro tipo de indústrias na resolução do mesmo desperdício.

De forma, a sintetizar o modo de funcionamento do sistema de apoio à decisão, apresenta-se na Figura 7 esquematicamente as fases que o sistema tem de percorrer e analisar para chegar a uma possível resposta.

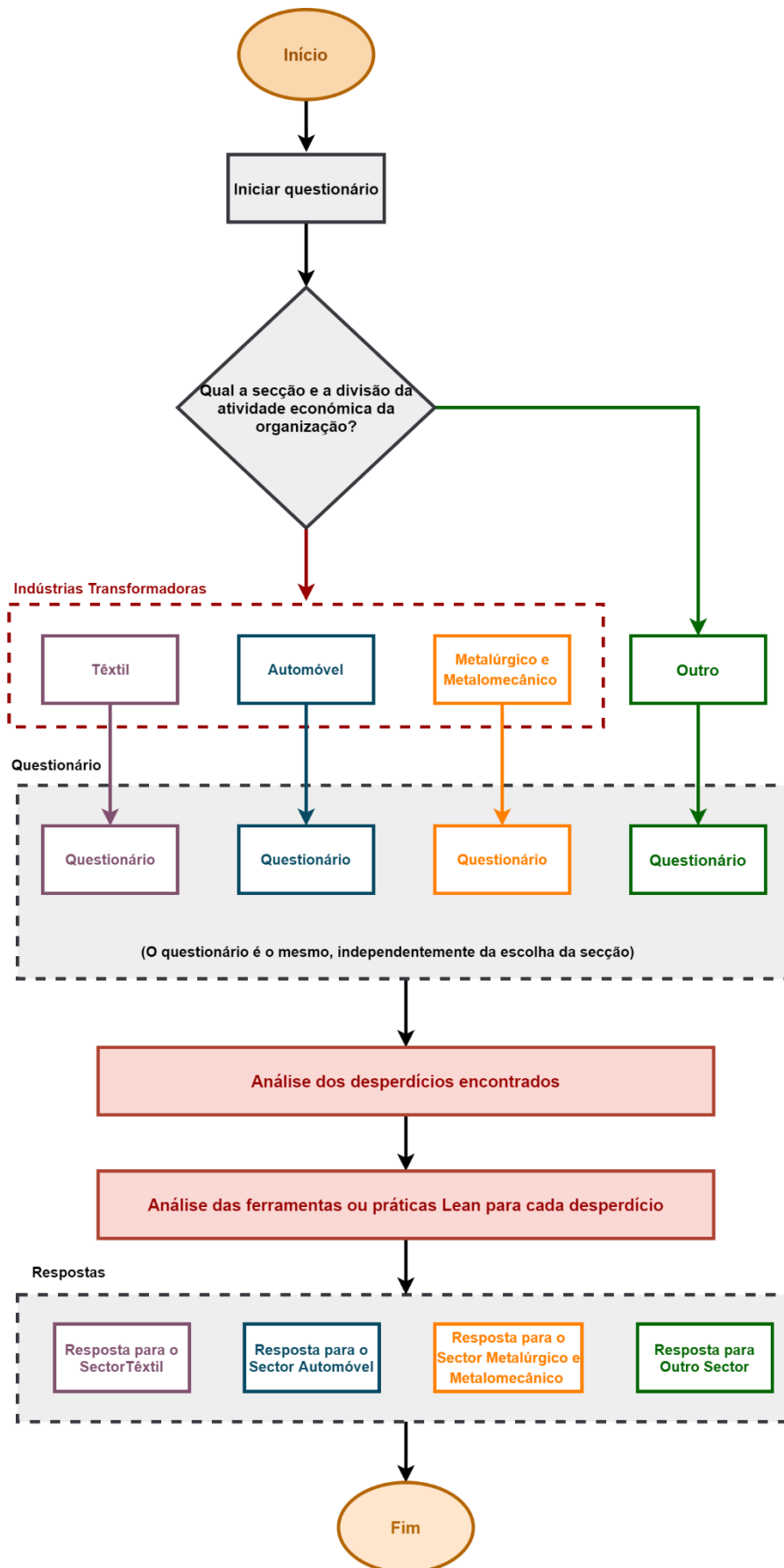


Figura 7: Modo de funcionamento do sistema de apoio à decisão

3.2. Exemplo de Aplicação

Para fundamentar o que foi anteriormente explicado, este subcapítulo tem como objetivo demonstrar um exemplo prático do sistema. Primeiramente, o utilizador é questionado sobre a atividade económica em que a organização se enquadra e para este caso (Figura 8), foi selecionado a secção das indústrias transformadoras e a divisão de Indústrias metalúrgicas de base.

The screenshot shows a web application interface. At the top, there is a navigation bar with a home icon, the text 'Página Inicial', and an information icon. Below this is a header with the title 'Ferramenta Computacional de Suporte à Decisão no Processo de Implementação de Ferramentas Lean em PMEs Industriais' and the logo of 'UNIVERSIDADE BEIRA INTERIOR'. The main content area is a questionnaire window titled 'Questionário'. It contains the instruction 'Indique a Secção e a Divisão da atividade económica da organização (CAE):'. There are two dropdown menus: 'Secção:' with the selected value 'Secção C: Indústrias transformadoras' and 'Divisão:' with the selected value '24 - Indústrias metalúrgicas de base'. Below the dropdowns is the text '(Fonte: INE, 2007)'. At the bottom of the questionnaire window are a green 'Continuar' button and a red 'X' button. Below the questionnaire window is a large blue 'Começar' button.

Figura 8: Primeira questão referente à secção e divisão da atividade económica da organização

Após a seleção da atividade económica, o sistema apresenta um conjunto de questões ao utilizador referentes ao ponto de situação da organização. As respostas ao questionário a este caso de estudo estão expostas Tabela 5.

Tabela 5: Respostas dadas às questões do caso prático

Nº	Questão	Resposta	Avaliação
1	Indique o tipo de sector relacionado com a sua atividade económica (confirme):	Sector Metalúrgico e Metalomecânico	--
2	Existência de cultura <i>Lean</i> ou Equipas <i>Lean</i> na organização?	Não	--
3	A organização utiliza ou tem implementado ferramentas ou práticas <i>Lean</i> ?	Sim	--
4	São disponibilizados recursos e tempo para a formação e treino dos trabalhadores?	Não	Desperdício
5	Existe uma base de dados sobre as competências dos trabalhadores dentro da organização?	Não	Desperdício
6	A organização incentiva a comunicação e participação dos trabalhadores de diferentes departamentos?	Sim	Conforme

7	Na organização existe equipas de trabalho multidisciplinares e qualificadas?	Sim	Conforme
8	A organização tem em conta o <i>feedback</i> dos trabalhadores na tomada de decisões, na definição de objetivos e, na preparação e controlo das atividades?	Não	Desperdício
9	A organização distribui e comunica todas as tarefas aos trabalhadores desde o chão de fábrica até à gestão de topo?	Sim	Conforme
10	A organização usa o <i>Takt Time</i> como referência de produção?	Não	Desperdício
11	A organização costuma conter uma quantidade anormal de <i>stocks</i> , de produtos acabados, semiacabados ou de matéria-prima, só para o caso de haver encomendas inesperadas?	Sim	Desperdício
12	A organização costuma antecipar compras de materiais ou peças?	Sim	Desperdício
13	A organização tem por hábito produzir quantidades extra além da encomenda?	Sim	Desperdício
14	Na organização existe flexibilidade no planeamento?	Não	Desperdício
15	É observado o uso excessivo de recurso materiais e energia?	Sim	Desperdício
16	É frequente a circulação desnecessária de material ou peças entre operações ou equipamentos?	Sim	Desperdício
17	É recorrente os trabalhadores esperarem ou deslocarem-se para obter aprovação de documentos, assinaturas ou informações?	Sim	Desperdício
18	É observado o transporte de produtos acabados entre sectores, <i>stocks</i> e expedição?	Não	Conforme
19	É comum a existência de especificações, processos ou procedimentos mal definidos, inadequados ou pouco especificados?	Sim	Desperdício
20	Os trabalhadores necessitam de se deslocarem ou esperarem para obterem no seu posto de trabalho, peças, ferramentas ou matéria-prima?	Sim	Desperdício
21	Existem equipamentos suficientes para o transporte e movimentação de produtos?	Sim	Conforme
22	A resposta entre as operações costuma ser lenta?	Sim	Desperdício
23	Os fornecedores satisfazem os prazos de entrega quando são solicitadas encomendas de materiais, peças ou matéria prima?	Sim	Conforme
24	É frequente a existência de avarias em equipamentos, defeitos de qualidade ou acidentes de trabalho?	Não	Conforme

25	É realizado manutenção preventiva em todos os equipamentos da organização?	Não	Desperdício
26	Considera os equipamentos da organização obsoletos e pouco fiáveis?	Sim	Desperdício
27	Os trabalhadores encontram-se parados enquanto uma máquina automática completa um ciclo?	Não	Conforme
28	A empresa, de alguma forma, opta por produzir lotes grandes de um produto, com o intuito de reduzir custos fixos associados?	Sim	Desperdício
29	A empresa utiliza sistemas que ajudem automatizar tarefas (exemplo: controlo de <i>stocks</i> , relatórios, atualização de base de dados, etc.)?	Sim	Conforme
30	A empresa utiliza sistemas à prova de erro ou sistemas que permitam identificar problemas na linha de produção?	Não	Desperdício
31	Os tempos de <i>setup</i> (troca de ferramentas, procedimentos ou processos) são maioritariamente lentos?	Sim	Desperdício
32	A organização executa operações que não são solicitadas pelo cliente, com intuito de acrescentar qualidade ao produto?	Não	Conforme
33	Todos os trabalhadores têm acesso às instruções de trabalho, instruções dos procedimentos ou indicações relativamente à correta utilização e seleção de ferramentas para cada tarefa?	Não	Desperdício
34	A organização tem dificuldades em prever e responder à procura do cliente?	Sim	Desperdício
35	A organização utiliza técnicas para planear e nivelar a produção em termos de volume e variedade de produtos?	Não	Desperdício
36	As peças são processadas uma por uma e movidas diretamente de um processo para outro de forma contínua?	Sim	Conforme
37	Os trabalhadores da organização adotam posturas incorretas, posições incómodas ou movimentam cargas muito pesadas no seu posto de trabalho?	Sim	Desperdício
38	É comum os trabalhadores deslocarem-se do seu posto de trabalho para realizarem uma tarefa (extra) num outro equipamento?	Não	Conforme
39	São frequentemente detetados defeitos no controlo e receção da matéria-prima?	Não	Conforme
40	A organização aplica, regularmente, ações de controlo e inspeção?	Sim	Conforme

41	Os produtos fabricados na organização comprometem a segurança ou proteção do utilizador?	Não	Conforme
----	--	-----	----------

Os resultados obtidos podem ser verificados na Figura 9. Para este caso prático, é possível constatar que o excesso de produção, *stocks* e movimentos são os desperdícios com maior incidência na organização. Como solução o sistema sugere o SMED, *Kanban*, trabalho padronizado, práticas 5S e produção em JIT, para minimizar a ocorrência desses desperdícios.

O utilizador ainda tem a possibilidade de interagir com o sistema, permitindo-lhe aceder à biblioteca de conteúdos, onde são explicadas de forma pormenorizada, todas as ferramentas ou práticas *Lean* que o sistema poderá sugerir. Além disso, também existe a possibilidade de o utilizador imprimir um relatório, em formato PDF, relativamente aos resultados obtidos.



Figura 9: Resultados obtidos para o caso prático

3.3. Discussão de Resultados

As ferramentas ou práticas *Lean* que o sistema sugeriu, no caso de estudo anterior, para minimizar os desperdícios de excesso de produção, *stocks* e movimentos, foram o SMED, *Kanban*, trabalho padronizado, práticas 5S e produção em JIT.

Através do questionário é possível verificar que a produção de quantidades extra de produtos além da encomenda, a dificuldade em ter um planeamento flexível e produção de lotes grandes de um produto, resulta em diversos problemas na organização. A produção de lotes mais pequenos com o auxílio do SMED na sua produção, resulta numa menor necessidade de materiais em *stock*, na redução das movimentações e dos tempos de *setup* permitindo à organização uma maior flexibilidade para atender novas encomendas e, satisfazer as necessidades do cliente relativamente ao prazo de entrega e quantidades.

A produção JIT significa que, apenas são produzidos os produtos necessários, nas quantidades necessárias e de acordo com a procura de mercado ou pelo *Takt Time*. É fundamental assegurar que todos os trabalhadores da empresa estão a trabalhar em conjunto para satisfazer as necessidades dos clientes. Ao se produzir apenas o necessário, obtém-se o benefício de diminuir o desperdício de excesso de produção e como resultado, a diminuição dos *stocks*. A minimização dos prazos de entrega das encomendas, a melhoria da qualidade e o aumento da eficiência são outros benefícios associados. Claro que, se a empresa adotar este tipo de produção, deve tentar prever a procura do produto e garantir que todos os fornecedores satisfazem a entrega de materiais quando solicitado.

A utilização de um sistema *Kanban*, como foi referido anteriormente, permite gerir a produção e, como resultado evitar o excesso de produção e de *stocks*. A maior parte das empresas, utilizam este sistema com o intuito de proporcionar flexibilidade e rápida movimentação entre os postos de trabalho. Assegurando assim uma maior eficiência no planeamento de gestão tarefas e uma melhor organização por parte dos trabalhadores pois, existe uma maior perceção das tarefas a realizar, que por sua vez, evita deslocamentos desnecessários para obter informações quanto à priorização e distribuição de tarefas.

A padronização de tarefas, movimentos ou procedimentos são formas de garantir uma maior qualidade, segurança e eficiência na organização. Além da definição da sequência de trabalho, é importante definir o *Takt Time* e assegurar um *stock* padrão para manter um fluxo contínuo de produção, sem paragens. Ao garantir um trabalho padronizado, o trabalhador irá realizar qualquer tarefa de forma autónoma, repetida e consistente.

Para manter os postos de trabalho organizados e evitar movimentações desnecessárias de peças ou ferramentas, a utilização de práticas 5S é a melhor forma de o assegurar. A sua utilização tem o benefício de reduzir os movimentos e os tempos de espera para a obtenção de alguma ferramenta ou equipamento. Além disso, ao retirar qualquer equipamento ou ferramenta que não é necessária no local de trabalho, permite ter uma percepção dos níveis de *stock* e quais são as necessidades de material, equipamento ou ferramentas.

Capítulo 4: Considerações Finais

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões retiradas ao longo desta dissertação e a sugestão de propostas de trabalhos futuros.

4.1. Conclusões

Na literatura da LM referente à temática da seleção de ferramenta(s) ou prática(s) *Lean* mais adequadas a implementar nas organizações, o número de estudos é limitado, o que tornou difícil abordar inicialmente o problema. Através de uma revisão da literatura sobre a temática, foi possível encontrar uma relação entre as ferramentas e os desperdícios associados. A literatura da LM revela que existem inúmeras ferramentas e práticas *Lean*, mas após a análise dos casos práticos referentes à indústria transformadora, estas resumem-se a um pequeno grupo. Claro que, dentro desse grupo, existem ferramentas e práticas *Lean* com maior sucesso de aplicabilidade em comparação com outros sectores.

Os objetivos principais e específicos desta dissertação foram cumpridos. A construção deste sistema de apoio à decisão permite auxiliar as empresas, mais concretamente as PMEs, visto que, a seleção da(s) ferramenta(s) ou prática(s) *Lean* era a maior dificuldade das organizações quando tentavam adotar a filosofia *Lean*. Qualquer utilizador que usufrua deste sistema, este deve honesto nas suas respostas e no caso de dúvida relativamente a qualquer questão, esta deve procurar informar-se com a organização. Só assim, é que o sistema pode sugerir um conjunto de ferramentas ou práticas *Lean* que ajudem na minimização dos desperdícios encontrados.

É importante referir, que antes de qualquer implementação, a organização deve conhecer os seus *stakeholders*, definir o seu sistema (desde o tipo de produto, mercado alvo, volume ou padrões de procura), deve conhecer o estado atual da organização e identificar as etapas ou procedimentos que acrescentam valor, com o auxílio do VSM. Esta deve, também, avaliar o estado atual, através de indicadores de desempenho e só depois é que deve projetar ferramentas ou a implementação de práticas *Lean*. Essa projeção pode ser feita, por exemplo, através de ferramentas como o ciclo PDCA e 5W2H, pois são ferramentas que seguem uma estruturação e que ajudam a identificar e a resolver várias tipologias de problema ou de desperdícios. A utilização de ferramentas ou práticas *Lean* como, o trabalho padronizado, as práticas 5S, *Kanban*, SMED, além de serem capazes de resolverem por si só diversos desperdícios em simultâneo, estas servem, também, como complementos a

outras ferramentas *Lean*. Posteriormente, compete à organização adotar rotinas e por em ação todas as práticas, de forma consistente, sempre numa perspectiva de melhoria contínua.

Embora a organização, saiba quais das ferramentas ou práticas *Lean* que esta deve pôr em prática, isso não é o suficiente para garantir o sucesso da sua implementação. Esse sucesso é determinado maioritariamente pela compreensão do *Lean* na organização. O difícil não é a implementação de ferramentas ou práticas *Lean* em si, mas sim a exigência e o compromisso da organização em adotar comportamentos de liderança, em realizar uma mudança cultural dentro da organização, dar enfoque às competências e experiência dos trabalhadores, saber comunicar e, priorizar a educação e formação dos trabalhadores.

4.2. Propostas de Trabalhos Futuros

Como proposta de trabalho futuro, sugere-se a ampliação do sistema para outros setores além da indústria transformadora. Embora, no sistema de apoio à decisão, seja possível avaliar outros tipos indústria além da indústria têxtil, metalúrgica e metalomecânica e, automóvel, este não é tão preciso na sua avaliação e apresenta um maior conjunto de ferramentas ou práticas *Lean*. Ou seja, deve ser feito um estudo detalhado para os outros sectores, de forma a obter uma resposta mais precisa em relação às ferramentas ou práticas *Lean*, aquando a seleção de outro setor.

Além da ampliação para outros setores, seria vantajoso incluir outro tipo de sistemas que auxiliassem a organização caso esta apresente dificuldades em determinadas áreas, por exemplo, controlo de *stocks*, *eKanban*, sistemas de gestão de clientes, análise do desempenho da organização ou até mesmo, sistemas de previsão de encomendas.

Por último, seria interessante partilhar o questionário do sistema de apoio à decisão, com PMEs da região e, obter resultados referentes à predominância de desperdícios e quanto à utilização da filosofia *Lean* nas organizações.

Bibliografia

Ahmad, M. F., Yin, J. C. S., Nor, N. H. M., Wei, C. S., Hassan, M. F., Hamid, N. A. e Ahmad, A. N. A. (2018) The relationship between TQM tools and organisation performance in small and medium enterprise (SMEs). *AIP Conference Proceedings 2016*. doi: 10.1063/1.5055419.

Akanbi, O. A., Oyedolapo, O. e Steven, G. J. (2019) Lean Principles in Construction. *Sustainable Construction Technologies*. Butterworth-Heinemann, pp. 317–348. doi: 10.1016/b978-0-12-811749-1.00010-9.

Anil, A. P. e K. P., Satish (2016) Investigating the Relationship Between TQM Practices and Firm's Performance: A Conceptual Framework for Indian Organizations. *Procedia Technology*, 24, pp. 554–561. doi: 10.1016/j.protcy.2016.05.103.

Arteaga Sarmiento, W. J., Villamil Sandoval, D. C. e González, A. J. (2019) Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), pp. 60–77. doi: 10.22335/rlct.v11i2.839.

Arunagiri, P. e Gnanavelbabu, A. (2014) Identification of High Impact Lean Production Tools in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, 97, pp. 2072–2080. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.450.

Arunagiri, P. e Gnanavelbabu, A. (2016) Identification of Major Lean Waste and Its Contributing Factors Using. *Transaction of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 40(3), pp. 371–382.

Ascensão, P. (2017) *Indústria Automóvel - Forte dinâmica empresarial alavancada pelo Compete2020*. *Compete2020*. [Online] Disponível em: https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL_Inovacao_automovel (Acedido: 7 de Abril de 2021).

Aslam, M., Gao, Z. e Smith, G. (2020) Framework for selection of Lean construction tools based on Lean objectives and functionalities. *International Journal of Construction Management*, pp. 1–12. doi: 10.1080/15623599.2020.1729933.

Bhattacharjee, A. (2012) *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices*. 2nd ed.

Comunidade Lean Thinking (2018) *Os oito desperdícios*. [Online] Disponível em: <https://www.cltservices.net/publicacoes/free-booklet-8-desperdicios> (Acedido: 18 de Janeiro de 2021).

Costa, F., Lispi, L., Staudacher, A.P., Rossini, M., Kundu, K. and Cifone, F.D. (2019) How to foster Sustainable Continuous Improvement: A cause-effect relations map of Lean soft practices. *Operations Research Perspectives*, 6 doi: 10.1016/j.orp.2018.100091.

Dilanthi, M. G. (2015) Conceptual Evolution of Lean Manufacturing a Review of Literature. *International Journal of Economics, Commerce and Management United Kingdom*, 3(10), pp. 574–585.

Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K. e Abdekhodae, A. (2016) Visual management, performance management and continuous improvement: a Lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2). doi: 10.1108/IJLSS-09-2014-0028.

El-Khalil, R. e Zeaiter, H. (2015) Improving Automotive Efficiency through Lean Management Tools: A Case Study. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 9(1), pp.314–321. doi: 10.5281/zenodo.1099316

Elkhairi, A., Fedouaki, F. e El Alami, S. (2019) Barriers and critical success factors for implementing Lean manufacturing in SMEs. *IFAC PapersOnLine*, 52(13), pp. 565–570. doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.303.

Elrhanimi, S., El Abbadi, L. e Abouabdellah, A. (2016) What is the relationship between the tools of Lean manufacturing and the global performance of the company?. *3rd IEEE International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*, pp. 1–6. doi: 10.1109/GOL.2016.7731718.

Glass, R., Seifermann, S. e Metternich, J. (2016) The Spread of Lean Production in the Assembly, Process and Machining Industry. *Procedia CIRP*, 55, pp. 278–283. doi: 10.1016/j.procir.2016.08.021.

Hazarika, M., Dixit, U. S. e Davim, J. P. (2019) History of Production and Industrial

Engineering Through Contributions of Stalwarts. *Manufacturing Engineering Education*. doi: 10.1016/B978-0-08-101247-5.00001-0.

Hodge, G.L., Goforth Ross, K., Joines, J.A. e Thoney, K. (2011) Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), pp.237–247. doi: 10.1080/09537287.2010.498577.

Holweg, M. (2007) The genealogy of Lean production. *Journal of Operations Management*, 25, pp. 420–437. doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001.

IMBS (2018) *Metodologia dos 5W2H*. [Online] Disponível em: <http://imbs.pt/wp-content/uploads/2018/02/Metodologia-5W2H.pdf> (Acedido: 16 de Abril de 2021).

Instituto Nacional de Estatística (2007) Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev.3. Editado por Instituto Nacional de Estatística. Lisboa.

Ismail, M. Z. M., Zainal, A. H., Kasim, N. I. e Mukhtar, M. A. F. (2019) A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 469. doi: 10.1088/1757-899X/469/1/012086.

Jeon, J., Kim, C. e Lee, H. (2011) Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): A three-stage data envelopment analysis (DEA) approach. *Total Quality Management and Business Excellence*, 22(8), pp. 911–924. doi: 10.1080/14783363.2011.593865.

Karim, A. e Arif-Uz-Zaman, K. (2013) A methodology for effective implementation of Lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), pp. 169–196. doi: 10.1108/14637151311294912.

Klankamsorn, S. (2020) Notice of Removal: Determination of the Number of Kanban for Automotive Axle Production. *IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, pp. 20–24. doi: 10.1109/ICIEA49774.2020.9101930.

Krafcik, J. F. (1988) Triumph of the Lean Production. *MIT Sloan Management Review*, 30.

Lane, G. (2010) *Mr. Lean Buys and Transforms a Manufacturing Company: The True Story of Profitably Growing an Organization with Lean Principles*. 1st ed. Productivity Press.

Lean Academy (2020) *Apontamentos do curso: Pratical Lean Foundations*.

Lean institute Brasil (2006) *Gestão da Produção: Jidoka*. [Online] Disponível em: <https://www.Lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx> (Acedido: 16 de Abril de 2021).

Leksic, I., Stefanic, N. e Veza, I. (2020) The impact of using different Lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering And Management*, 15(1), pp. 81–92. doi: 10.14743/APEM2020.1.351.

Liker, J. K. (2004) *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Marconi, M. de A. e Lakatos, E. M. (2017) *Fundamentos de metodologia científica*. 8th ed. Editado por Atlas S.A. São Paulo.

Marodin, G.A., Frank, A.G., Tortorella, G.L. e Fetterman, D.C. (2017) Lean production and operational performance in the Brazilian automotive supply chain. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(3-4), pp. 370–385. doi: 10.1080/14783363.2017.1308221.

Melton, T. (2005) The benefits of Lean manufacturing: What Lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6), pp. 662–673. doi: 10.1205/cherd.04351.

Mohan Prasad, M., Dhiyaneswari, J.M., Ridzwanul Jamaan, J., Mythreyan, S. e Sutharsan, S.M. (2020). A framework for lean manufacturing implementation in Indian textile industry. *Materials Today: Proceedings*, 33(7), pp. 2986–2995. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.979.

Ng, T. C., Yang, T. X., Yew, M. C., Saw, L. H., Yew, M. K. e Chen, K. P. (2017) A review on *Lean* maintenance through various implementations of total productive maintenance models. *International Journal of Advanced and applied Sciences*, 4(9), pp. 174–179. doi: 10.21833/ijaas.2017.09.025.

Oliveira, J., Sá, J. C. e Fernandes, A. (2017) Continuous improvement through " Lean Tools ": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1082–1089. doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.139.

Paladugu, B. S. K. e Grau, D. (2020) Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*. doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.11512-7.

Palange, A. e Dhattrak, P. (2021) Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.

Pearce, A., Pons, D. e Neitzert, T. (2018) Implementing Lean—Outcomes from SME case studies. *Operations Research Perspectives*, 5, pp. 94–104. doi: 10.1016/j.orp.2018.02.002.

Pinto, I. (2020) *Metalurgia. Campeã das exportações reforça trajetória positiva em setembro*, *Diário de Notícias*. [Online] Disponível em: <https://www.dn.pt/edicao-do-dia/12-nov-2020/metalurgia-campea-das-exportacoes-reforca-trajetoria-positiva-em-setembro-13021166.html> (Acedido: 7 de Abril de 2021).

Pinto, J. P. (2014) *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. 6.^a ed. Editado por Lidel - Edições Técnicas Lda.

Pordata (2021) *Pequenas e médias empresas: total e por sector de actividade económica*. [Online] Disponível em: <https://www.pordata.pt/Portugal/Pequenas+e+médias+empresas+total+e+por+sector+d+e+actividade+económica-2928> (Acedido: 7 de Abril de 2021).

Protzman, C., Whiton, F., Kerpchar, J., Lewandowski, C. R., Stenberg, S. e Grounds, P. (2016) *The Lean Practitioner's Field Book*. 1st ed. Productivity Press. doi: 10.4324/9781315373843.

Seth, D., Seth, N. e Dhariwal, P. (2017) Application of value stream mapping (VSM) for Lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning and Control*. Taylor & Francis, 28(5), pp. 398–419. doi: 10.1080/09537287.2017.1300352.

Subriadi, A. P. e Najwa, N. F. (2020) The consistency analysis of failure mode and effect analysis (FMEA) in information technology risk assessment. *Heliyon*, 6. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03161.

Sundar, R., Balaji, A. N. e Satheeshkumar, R. M. (2014) A Review on Lean Manufacturing

Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, pp. 1875–1885. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.341.

Tidd, J. e Bessant, J. (2013) Case Studies: The Model T Ford. *Innovation Portal*, pp. 1–3. [Online] Disponível em: <http://www.innovation-portal.info/wp-content/uploads/Model-T-Ford.pdf>.

Uhrin, Á., Bruque-Cámara, S. e Moyano-Fuentes, J. (2017) Lean production, workforce development and operational performance. *Management Decision*, 55(1), pp.103–118. doi: 10.1108/md-05-2016-0281

Velmurugan, V., Karthik, S. e Thanikaikarasan, S. (2020) Investigation and implementation of new methods in machine tool production using *Lean* manufacturing system. *Materials Today: Proceedings*, 33, pp. 3080–3084. doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.654.

Womack, J. P. e Jones, D. T. (1996) *Lean Thinking: Banish Waste and create wealth in your corporation*. Editado por Simon & Schuster. New York.

Womack, J. P. e Jones, D. T. (2008) *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. *Operational research Society*. doi: 10.1038/sj.jors.2600967.

Womack, J. P., Jones, D. T. e Roos, D. (1990) *The Machine that changed the world*. New York: Rawson Associates. doi: 10.5860/choice.28-4589.

Yu, G. J., Park, M. e Hong, K. H. (2020) A strategy perspective on total quality management. *Total Quality Management and Business Excellence*. Taylor & Francis, 31(1–2), pp. 68–81. doi: 10.1080/14783363.2017.1412256.