



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Faculdade de Engenharia

# Aplicação do pensamento *Lean* ao processo de desenvolvimento de produtos

Andreia Pereira da Costa

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

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, Outubro de 2013



# Dedicatória

*Aos meus pais, Jorge e Margarida, pelo amor e apoio incondicional desde sempre.*



# Agradecimentos

*Ao meu orientador pela ajuda e disponibilidade prestadas.*

*Aos meus pais por todo o esforço que fizeram para me proporcionarem a vida que tenho hoje, e por nunca terem deixado de acreditar em mim.*

*À minha irmã pelas palavras de incentivo e por nunca me ter deixado desistir.*

*Ao meu namorado pela compreensão nas horas mais complicadas.*

*À minha colega Liliana pela companhia, partilha e ajuda nos momentos de maior pressão.*



# Resumo

O presente trabalho descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento de um índice de práticas *Lean* para aplicação ao processo de desenvolvimento de produtos.

É efetuada uma revisão bibliográfica com o intuito de caracterizar o pensamento *Lean* identificando os aspetos considerados específicos a esta filosofia. São analisados os pontos fortes e fracos, bem como as ferramentas mais utilizadas e referenciadas pela literatura, na aplicação do *Lean*.

Seguindo a mesma linha de pensamento, é feita uma investigação sobre a mesma filosofia mas com aplicação ao processo de desenvolvimento de produtos. Através da pesquisa é feito o levantamento de um conjunto de práticas *Lean* características do processo referido que foram posteriormente selecionadas e agrupadas num índice específico para aplicação a um caso de estudo. Essa seleção teve por base a fase de desenvolvimento de uma componente.

O índice proposto foi aplicado a uma componente integrada num sistema de captação de energia solar térmica, e possibilitou avaliar e melhorar o seu desempenho ao mesmo tempo que a qualidade era aumentada através da eliminação das atividades/informações que não acresciam valor ao seu desempenho. Conclui-se que o índice desenvolvido ao processo de DP, é suscetível de ser aplicado por qualquer organização como forma de aumentar a qualidade dos seus produtos.

## Palavras-chave

Pensamento *Lean*, Desenvolvimento de produtos, Índice de práticas *Lean*, Estudo de caso.



# Abstract

The present paper describes the methodology used in the development of an index of Lean practices to apply in the process of product development.

A literature review is performed in order to characterize the Lean thinking by identifying the aspects considered specific to this philosophy. The strengths and weaknesses are analyzed as well as the most used and referenced tools, in the Lean application.

Following the same line of thought, an investigation about the same philosophy was conducted in order to apply in the product development process. Through research, a set of Lean practices featured in the referred process are gathered. Those practices were previously selected and grouped in a specific index to apply in a case study. The selection was based on a component development phase.

The proposed index was applied to a component integrated in a system of solar and thermal energy catchment, and it enabled to evaluate and improve its performance; At the same time, the quality was increased by the elimination of activities/information that weren't adding value to its performance. It is concluded that the index developed to the PD process is susceptible of being applied by any organization as a way of increasing the quality of their products.

## Keywords

Lean thinking, Products development, Lean practices index, Case study.



# Índice

<b>Capítulo 1</b>	<b>1</b>
1. Introdução	2
1.1. Enquadramento	2
1.2. Objetivos da pesquisa	3
1.3. Metodologia da pesquisa	3
1.4. Estrutura da dissertação	5
<b>Capítulo 2</b>	<b>7</b>
2. Revisão da Literatura	8
2.1. Origem da filosofia <i>Lean</i>	8
2.2. Principais características da filosofia <i>Lean</i>	11
2.3. Os pilares <i>Lean</i>	13
2.4. Princípios <i>Lean</i>	14
2.5. Desperdício e fontes de desperdício	16
2.6. Ferramentas e metodologias <i>Lean</i>	17
<b>Capítulo 3</b>	<b>23</b>
3. <i>Lean</i> aplicado ao desenvolvimento de produtos	24
3.1. Uma empresa <i>Lean</i>	29
3.2. O sistema de desenvolvimento do produto na Toyota	32
3.3. Princípios <i>Lean</i> para o desenvolvimento de produtos	33
3.3.1. Os princípios <i>Lean</i> aplicados ao DP	33
3.3.1.1. Especificar valor	33
3.3.1.2. Identificar a cadeia de valor	35
3.3.1.3. Otimizar o fluxo	36
3.3.1.4. Criar um sistema “pull”	38
3.3.1.5. Procura pela perfeição	38
3.3.2. Princípios <i>Lean</i> específicos ao DP	39
3.4. Desperdício na INP	40
3.5. Índice de práticas <i>Lean</i> de suporte ao DPL	43
3.5.1. Revisão das práticas existentes	44
3.5.2. Seleção das práticas a aplicar ao estudo de caso	46
<b>Capítulo 4</b>	<b>47</b>
4. Estudo de caso	48
4.1. Introdução	48



4.2. Análise do produto atual	48
4.3. Aplicação do índice de práticas desenvolvido	50
4.3.1 Alteração de material	50
4.3.2 Alteração de configuração	51
4.3.2.1 Componente X	53
4.3.2.2 Componente Y	53
4.3.2.3 Componente Z	54
4.3.3 Alteração da posição dos sensores	54
4.3.4 Alteração do processo de fabrico	55
4.4. Análise de resultados	56
<b>Capítulo 5</b>	<b>59</b>
5. Conclusões	60
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>61</b>



# Lista de Figuras

Figura 1.1 - Classificação da pesquisa	5
Figura 2.1 - As quatro regras do sistema de produção da Toyota	9
Figura 2.2 - Os benefícios do <i>Lean</i>	12
Figura 3.1 - Razões para a alteração de produto	25
Figura 3.2 - Modelo conceptual do DPL	27
Figura 3.3 - Caracterização do desperdício no DP	42
Figura 3.4 - Esquematização do processo	43
Figura 4.1 - Vista em perspectiva do produto	49
Figura 4.2 - Vista em detalhe do anel superior	49
Figura 4.3 - Vista em detalhe do anel inferior	49
Figura 4.4 - Encaixe dos 4 módulos	50
Figura 4.5 - Componente X	52
Figura 4.6 - Componente Y	52
Figura 4.7 - Componente Z	52
Figura 4.8 - Ilustração da alteração da componente Y	53
Figura 4.9 - Ilustração da alteração da componente Z	54
Figura 4.10 - Ilustração da posição dos sensores na componente Y	55
Figura 4.11 - Gráfico de comparação entre processos de fabrico	56
Figura 4.12 - Ilustração da alteração do produto	57



## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Comparação entre as filosofias EC e <i>Lean</i>	28
Tabela 3.2 - Técnicas e ferramentas de aplicação da EC	29
Tabela 3.3 - Analogia entre Produção e Desenvolvimento do Produto	31
Tabela 3.4 - Aplicação de “especificar valor” no processo INP	34
Tabela 3.5 - Aplicação de “identificar a cadeia de valor” no processo INP	36
Tabela 3.6 - Aplicação de “otimizar o fluxo” no processo INP	37
Tabela 3.7 - Aplicação de “criar um sistema <i>pull</i> ” no processo INP	38
Tabela 3.8 - Aplicação da “procura pela perfeição” no processo INP	39
Tabela 3.9 - O desperdício no processo INP	41
Tabela 3.10 - Práticas de aplicação ao DPL	44
Tabela 3.11- Índice de práticas à aplicação no estudo de caso	46
Tabela 4.1 - Quadro comparativo dos plásticos ABS e PEAD	51
Tabela 4.2 - Síntese das alterações ao estudo de caso	57



# Lista de Acrónimos

TPS	Toyota Production System
FAW	First Automobile Works
LM	<i>Lean</i> Manufacturing
JIT	Just-in-time
SW	Standardized Work
CEO	Chief Executive Officer
TPM	Total Productive Maintenance
SMED	Single Minute Exchange of Dies
VSM	Value Stream Mapping
CQZD	Controlo da Qualidade e Zero Defeitos
PDCA	Plan-Do-Check-Act
DNP	Desenvolvimento de Novos Produtos
INP	Introdução de Novos Produtos
DPL	Desenvolvimento de Produtos <i>Lean</i>
EC	Engenharia Concorrente
DFM	Design for Manufacturability
CAD	Computer-Aided Design
CAE	Computer-Aided Engineering
FMAE	Failure Mode and Effect Analysis
DOE	Design of Experiments
DP	Desenvolvimento de Produto
QFD	Quality Function Deployment
CAM	Computer-Aided Manufacturing
TPCT	Total Product Cycle time
FTQ	First Time Quality
WIP	Work In Progress
PPM	Parts Per Million
LAMDA	Look-Ask-Model-Discuss-Act
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
PEAD	Polietileno de Alta Densidade



# **CAPÍTULO 1**

---

## **Introdução**

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

O ambiente económico atual conduz à adoção de iniciativas estratégicas de forma a garantir a sobrevivência das empresas. As empresas necessitam de dispor dos melhores recursos. Neste contexto a eliminação de desperdícios e a filosofia *Lean* que lhe está associada é um fator determinante de progresso organizacional (Cottyn et al., 2011). Karlsson e Åhlström (1996) assumem a importância da palavra “progresso” desde que o *Lean* seja visto como uma direção a seguir e não como um estatuto ou uma resposta a problemas específicos.

*Lean* é uma revolução - não é apenas a utilização de ferramentas, ou a mudança de alguns passos nos processos de produção - é a completa alteração da empresa - como funciona a cadeia de fornecedores, como funciona a direção, como é feita a gestão, como os operários - pessoas - encaram o seu dia de trabalho (Melton, 2005). Uma transformação *Lean* baseia-se na aprendizagem e na experimentação, não apenas um conjunto de projetos (Houshmand and Jamshidnezhad, 2006).

Com o intuito de introduzir o pensamento *Lean* num ambiente de produção, este deve satisfazer simultaneamente a produtividade, a qualidade e os requisitos de custo (Houshmand and Jamshidnezhad, 2006), a filosofia baseia-se na identificação e eliminação de desperdício e é um aspeto fundamental, que tem de primeiro ser entendido, de modo a orientar e aplicar eficazmente as diferentes ferramentas *Lean* (Hicks, 2007). Um dos benefícios desta filosofia é ser de facto um conjunto de passos que precisam de ser realizados para implementar o pensamento *Lean*, proporcionando assim uma estrutura para a construção de um mapa com uma rota detalhada para quem deseja aplicar o *Lean* a um processo de negócio (Haque and James-Moore, 2004).

Houshmand e Jamshidnezhad (2006) afirmam que o objetivo principal de qualquer empresa é entregar ao cliente o máximo valor possível e o pensamento *Lean* tem provado ser uma metodologia eficiente para esse objetivo. Em termos mais gerais, pode-se argumentar que os princípios do pensamento *Lean* e em particular a remoção de desperdício e a procura pela perfeição podem ser aplicados a qualquer sistema onde o produto flui para atender à necessidade do cliente, usuário ou consumidor (Hicks, 2007). Karlsson e Åhlström (1996) assumem a velocidade de desenvolvimento de novos produtos como uma formidável estratégia para o sucesso de mercado.

Com o aumento do desenvolvimento de produtos, um dos principais objetivos é torná-los mais atrativos e valiosos para o cliente, o que leva ao aumento das vendas e do lucro. Quando um

produto é modificado para melhorar a percepção de valor, cada alteração necessita de um compromisso de recursos. É importante identificar e perseguir apenas essas alterações, que fornecem uma melhoria máxima na percepção de valor (Gautam and Singh, 2008).

O *design* por sua vez, deve fomentar nas modificações ou evoluções do produto, a reutilização de certos elementos de projetos anteriores, informações sobre as necessidades dos clientes e a tecnologia necessária para um determinado produto; esta estratégia pode ser usada para simplificar o processo de DNP e facilitar o fluxo de valor (Haque and James-Moore, 2004).

Tan e Rasli (2011) afirmam que a maioria dos indicadores de desempenho do desenvolvimento de produto concentram-se em medir os ganhos financeiros e a resposta de mercado a novos produtos, ficando em falta o desenvolvimento de ferramentas ou técnicas que meçam a efetividade do processo antes do produto ser lançado no mercado.

## **1.2. Objetivos da pesquisa**

Diversas organizações tentaram implementar o sistema de produção *Lean* e detetaram lacunas no alcance do seu sucesso, chegando à conclusão que o *design* de produto se tornava um ponto essencial de todo o processo. A atenção prestada à área de produção começou então a ser alargada às diversas áreas da organização, entre elas a área de desenvolvimento de produto.

O principal objetivo desta dissertação é comprovar a aplicabilidade do pensamento *Lean* no desenvolvimento de produtos através de um conjunto de práticas específicas ao processo. É apresentado um índice de práticas *Lean*, que são aplicadas durante as fases de desenvolvimento de um produto de forma a aumentar a sua qualidade e objetivando a eliminação de todas as atividades/informações que não sejam essenciais ao seu correto funcionamento. Através deste processo qualquer organização pode aplicar o conjunto metodológico proposto para melhorar a qualidade dos seus produtos alcançando assim o sucesso no mercado.

## **1.3. Metodologia da pesquisa**

De acordo com Gil (2002), o processo de pesquisa pode ser definido como um procedimento racional e sistemático que pretende dar resposta aos problemas propostos. O propósito é

investigar a questão de pesquisa, com o fim de gerar conhecimento (Collis and Hussey, 2009), e é realizada quando não existe informação suficiente ou com valor adequado para a questão a resolver. Existem diversas razões para se proceder a uma pesquisa, no entanto, podem ser identificados dois grandes grupos, as razões de ordem intelectual motivadas pela própria vontade de conhecer, e as razões de ordem prática que têm por objetivo fazer algo de forma mais eficiente e eficaz, grupo no qual se engloba o presente trabalho.

A classificação de uma pesquisa assume diferentes formas de acordo com a variável a considerar: i) objetivo, razão pela qual é feita a pesquisa; ii) natureza, dependendo da aplicação do conhecimento; iii) processo, o modo como os dados são analisados; iv) resultado, se foi encontrada solução para um determinado problema ou uma contribuição mais geral para o conhecimento (Collis and Hussey, 2009). A figura 1.1 ilustra as diferentes tipologias de uma pesquisa.

Para a realização do presente trabalho, a pesquisa utilizada insere-se no tipo exploratória devido à necessidade de pesquisa informativa para maior familiarização com o tema e elaboração de uma solução para o problema. Recorreu-se, como procedimentos técnicos, à investigação bibliográfica e elaboração de um caso de estudo. O levantamento bibliográfico foi desenvolvido a partir de livros já publicados e artigos científicos, passando por todas as fases da leitura bibliográfica defendida por Gil (2002), exploratória, seletiva, analítica e interpretativa. Um caso de estudo, que segundo Yin (2003) é uma investigação empírica que investiga um fenómeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, conclui a aplicação real do conhecimento desenvolvido.

Do ponto de vista da sua natureza, a investigação utilizada é classificada como básica por objetivar a criação de novos conhecimentos úteis ao avanço da ciência, enquanto a sua abordagem é qualitativa na qual os dados são analisados através de métodos interpretativos e descritivos sem recurso a técnicas estatísticas. O resultado desta investigação é fundamentado num método dedutivo no qual o conceito do problema é desenvolvido pela observação empírica resultando num caso particular deduzido a partir de conclusões gerais.

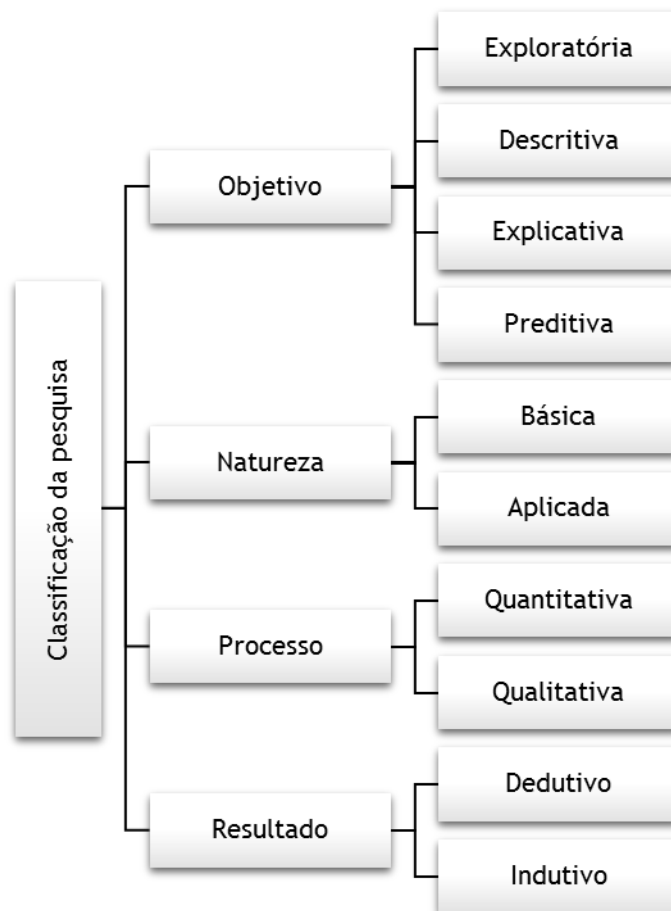


Fig. 1.1 - Classificação da pesquisa  
 Fonte: Adaptado (Collis and Hussey, 2009)

## 1.4. Estrutura da dissertação

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos abordando as diferentes etapas da pesquisa. No presente capítulo é feita a introdução ao desenvolvimento da dissertação e apresentação da sua estrutura. O segundo capítulo trata a revisão bibliográfica sobre o pensamento *Lean*, abordando as suas principais características e princípios bem como as suas ferramentas e técnicas mais utilizadas. No terceiro capítulo é feito o levantamento de informação relativamente à aplicação do pensamento *Lean* à conceção de produtos, e de acordo com essa informação é feita uma seleção das práticas a aplicar ao desenvolvimento de produto. A apresentação de um estudo de caso é feita no quarto capítulo, aplicando as práticas *Lean* concluídas a partir do capítulo anterior, no desenvolvimento de um produto real. Por último, o quinto capítulo avalia o cumprimento dos objetivos inicialmente propostos a este trabalho, e a contribuição do mesmo para o conhecimento científico e trabalhos futuros.



## **CAPÍTULO 2**

---

### **Revisão Bibliográfica**

## 2. Revisão de literatura

### 2.1. Origem da filosofia *Lean*

Foi em 1988 que o investigador John Krafcik utilizou pela primeira vez o conceito de “*Lean Production*” para descrever o sistema de produção da Toyota (TPS). O mesmo termo foi utilizado posteriormente por Wolmack et al. (1990) no famoso livro “*The Machine That Changed The World*”, de forma a salientar as diferenças entre o sistema de produção da Toyota, o sistema ocidental de produção em massa e também da produção artesanal. O vocábulo *Lean* surge devido ao facto do mesmo sistema utilizar menores quantidades de tudo comparado com o sistema de produção em massa (Lorenzo e Martins, 2006).

Está relatado que o sistema de produção *Lean* foi iniciado na Toyota por Fuji Toyoda e Taiichi Ohno, que após uma visita à fábrica “*Ford Motor*” nos Estados Unidos, e posterior análise da sua produção em massa, constataram que não poderiam simplesmente copiar esse sistema, mas sim criar um novo sistema de produção com o objetivo de eliminar todo e qualquer desperdício nas linhas de montagem (Lorenzo e Martins, 2006). Por essa mesma razão, a Toyota começou por integrar alguns elementos do sistema Ford em conjunto com as novas ideias dos seus promotores, transformando-se assim num sistema essencialmente híbrido (Holweg, 2006).

Apesar do sucesso do TPS, verificado por todos, não foi de um momento para o outro que a sua implementação passou a dar frutos, na verdade levou décadas a que a sua aprendizagem ficasse completamente entendida. O sucesso do sistema Toyota centra-se na capacidade dinâmica de aprender (Holweg, 2006).

Não se pode afirmar que é suficiente compreender o sucesso do sistema Toyota, para que se possa transformar qualquer organização introduzindo apenas os mesmos princípios. Qualquer empresa de produção que pretenda alcançar o sucesso a longo prazo, tem de aprender por si própria a escolher o seu caminho. A Toyota funciona, em parte, como fonte de inspiração para quem quer alcançar o êxito produtivo, e consegue demonstrar que todo o caminho a percorrer passa por um longo período de aprendizagem e de mudança de mentalidades dentro da organização.

O sistema de produção da Toyota é considerado melhor do que qualquer um dos seus concorrentes no controlo da variabilidade e criação de oportunidades de aprendizagem a partir dos seus processos (Chase-Jacobs-Aquilano, 2005). O conhecimento implícito a este sistema é representado através de quatro regras básicas identificadas por Spear e Bowen (1999). Estas regras, funcionam como um guia para o *design*, operações, melhoria de cada atividade, e o caminho a percorrer por qualquer produto ou serviço. As quatro regras requerem que qualquer atividade, conexão ou fluxo sejam testados de forma a detetar problemas desde o seu início, as mesmas são apresentadas no quadro seguinte.

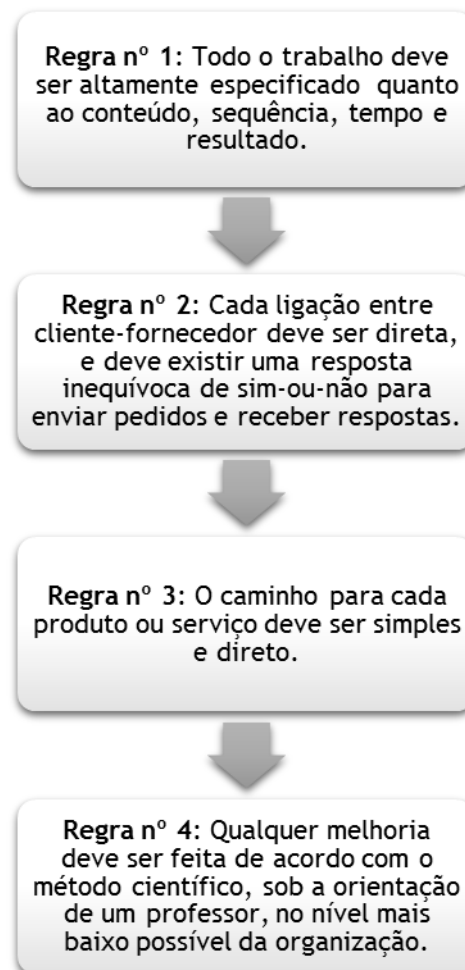


Fig. 2.1 - As quatro regras do sistema de produção da Toyota  
Fonte: Adaptado (Spear and Bowen, 1999)

Confirmando a falta de sucesso na aplicação deste sistema por parte de diversas organizações, pode relatar-se o caso de uma empresa chinesa do sector automóvel, a “*First Automobile Works*” (FAW). O caso apresentado por Chen e Mengo (2010) ocorreu no início dos anos 80, quando a referida empresa decidiu enviar um grupo de colaboradores para a Toyota, no Japão, com o objetivo de aprenderem o seu sistema para o implementarem na FAW. Os

resultados inicialmente positivos conduziram a que a metodologia fosse estendida a outras empresas chinesas que começaram a integrar o *Lean Manufacturing* (LM) nos seus processos produtivos. Contudo, os objetivos dessa integração nem sempre foram alcançados, mesmo na FAW que apesar de positivos ficaram aquém dos esperados.

No estudo de Chen e Mengo (2010) foram analisadas mais de vinte empresas chinesas que desde há dois anos estivessem a usar o LM, de forma a conseguir-se perceber a razão para a falta de sucesso neste tipo de implementação, e os resultados permitiram esclarecer que as causas para o fracasso que se verificava centravam-se no pensamento errado das empresas em causa, tanto pela falta de automação como também por colaboradores não qualificados. Para além disso, o LM não era tido em conta como uma implementação a longo prazo, o que fazia com que o seu processo fosse realizado em muito pouco tempo tendo em conta os resultados esperados.

Para a grande maioria das organizações, a aplicação do LM fundamentava-se no uso de diferentes ferramentas e metodologias para se conseguir o sucesso. Os colaboradores acabavam por ficar com essa ideia, de que o LM era apenas um conjunto de técnicas a serem aplicadas, e quando uma dessas técnicas falhava, era logo posta outra em ação ignorando as razões e causas dessa falha.

Ainda no estudo de Chen e Mengo (2010) constatou-se que as empresas admitiam aplicar apenas as metodologias JIT (*Just-in-Time*) ou SW (*Standardized Work*) como forma de garantirem o sucesso desejado, no entanto não era alcançado. Como o objetivo era obter resultados num curto espaço de tempo, muitas vezes isso não acontecia, e a filosofia era imediatamente posta em causa acabando por desistirem da mesma. É de salientar que a Toyota levou cerca de quarenta anos para estabelecer o TPS e obter os resultados esperados, pelo que existe um grande processo de aprendizagem e de tentativa e erro, o qual se aplica também ao LM.

Nalguns casos, a implementação do LM acabava por trazer melhorias iniciais, mas que apenas eram verificadas nalguns pontos específicos, deixando de lado a melhoria contínua exigida por este sistema. Esta questão era claramente um indicador da falta de compreensão, por parte das empresas, da totalidade do conceito *Lean* e não conseguiam por isso alcançar o sucesso da Toyota (Mohanty et al.,2007). O sucesso passa por cada um estabelecer as suas próprias práticas dentro da filosofia, ao invés de copiar as práticas de outros, e a consideração de fatores como a cultura e os diferentes modelos de produção de cada empresa acabam por se tornar extremamente importantes neste passo.

O constante insucesso e a persistente dificuldade na aplicação de um pensamento *Lean* devem-se essencialmente a uma falta de comprometimento por parte da gestão de topo. É

fundamental que a mesma entenda a filosofia, se comprometa a disponibilizar os meios necessários e tenha a receptividade suficiente para se submeter à alteração de paradigmas internos. A falta de colaboradores qualificados bem como a falta de orientação para a implementação da filosofia, são dadas também como duas das principais causas para o insucesso do *Lean Manufacturing*.

## 2.2. Principais características da filosofia *Lean*

O pensamento *Lean* caracteriza-se por ser uma filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a identificação e redução gradual do desperdício presente em toda a organização criando valor para todas as partes interessadas, conseguido através do desenvolvimento de pessoas, processos e sistemas. O objetivo global deste pensamento passa por produzir com qualidade da forma mais eficiente (Smith e Hawkins, 2004).

Um excelente exemplo de eficiência na eliminação de desperdícios e na flexibilização da produção é o sistema desenvolvido pela Toyota, que devido ao seu caso de sucesso despoletou uma metodologia que foi de encontro às necessidades e expectativas dos clientes, conhecida hoje como *Lean Manufacturing* ou produção magra (Chen e Meng, 2010).

A produção magra é, tal como o nome indica, um tipo de produção que faz mais com menos. Menos tempo, menos existências, menos equipamentos, menos defeitos, buscando a perfeição na produção de acordo com as exigências do cliente. Alcançar todas estas características torna-se uma tarefa difícil por parte de uma organização *Lean*, no entanto essa busca pela perfeição continua a proporcionar melhorias surpreendentes (Womack et al., 2007).

O *Lean* centra o seu principal foco nas pessoas, pois são o elemento essencial numa produção e com o qual está relacionado o sucesso ou insucesso da mesma. São os operários que melhor conhecem cada etapa dos processos, o que leva a que sejam os melhores a solucionarem qualquer problema que possa surgir. O objetivo é conseguir entregar ao cliente um produto ou serviço com a maior qualidade possível tendo um maior valor incorporado, sem haver a necessidade de perda por parte de qualquer outra entidade ligada direta ou indiretamente à atividade. O segredo reside no facto de que todo o valor que é acrescentado ao produto provém da eliminação de tudo o que não traz valor ao mesmo, o desperdício.

O LM traduz-se numa metodologia de integração de diferentes ferramentas direcionadas para uma produção de qualidade, procurando a satisfação do cliente e eliminando o desperdício

(Braglia et al., 2006). A sua implementação requer uma mudança de mentalidades na organização, a qual se deve centrar no desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua identificando e eliminando o desperdício em todos os processos. Os colaboradores são parte integrante deste procedimento tanto na implementação das melhorias como na resolução de problemas. Quando se pretende implementar o LM, o respeito pelas pessoas, ser paciente e ter uma visão a longo prazo, são elementos essenciais (Shahin and Janatyan, 2010).

Redução do desperdício, foco no cliente, melhoria contínua, qualidade à primeira e resolução de problemas são as principais características nas quais se foca uma organização *Lean*. Para além de todos os princípios referidos, para uma entidade ser *Lean*, tem de apoiar-se numa constante aprendizagem e melhoria, nunca esquecendo a necessidade de inovação de modo a conseguir valorizar o produto ou serviço de forma a torná-lo atrativo e competitivo num mercado saturado de exigências. Conseguir acrescentar valor, significa conhecer a interpretação de valor por parte do cliente ou entidade interessada.



Fig. 2.2 - Os benefícios do *Lean*  
Fonte: Adaptado de Melton T. (2005)

Resumir a filosofia *Lean* à aplicação de um conjunto de ferramentas não se mostra suficiente para a sua correta aplicação, pois o seu nível de implementação não está relacionado com o número de ferramentas utilizadas, mas sim, com o grau de maturidade perante os problemas que surgem. É tão ou mais importante que haja uma relação de compromisso por parte da

gestão, tornando-se assim um ambiente de negócio no qual os desperdícios são identificados e gradualmente eliminados, produzindo sem defeitos, o que significa um comprometimento e uma mudança de cultura por parte de toda a organização (Lixia and Bo, 2010). Muito frequentemente, este lado do comprometimento e da mudança de atitude são deixados de lado, levando ao fracasso na aplicação do LM.

### 2.3. Os pilares *Lean*

Katsuaki Watanabe, CEO da Toyota refere: Existem dois pilares essenciais no processo da Toyota - a melhoria contínua e o respeito pelas pessoas. O respeito é necessário para trabalhar com pessoas. Por “pessoas” referimo-nos a empregados, fornecedores e clientes. Não nos referimos apenas ao cliente final; na linha de montagem a pessoa no posto de trabalho seguinte é também um cliente. Isso leva ao trabalho em equipa. Se é adotado esse princípio, vai continuar a analisar-se o que é feito de forma a ver se está a ser realizado na perfeição, não trazendo problemas para o nosso cliente. Isso nutre a habilidade para identificar problemas, e observando de perto, vai levar ao “*kaizen*” - melhoria contínua. O objetivo da Toyota é estar insatisfeita com a sua condição; sendo constantemente questionado, “Porque estamos a fazer isto?”. (Larman and Vodde, 2009)

O primeiro pilar da filosofia *Lean*, respeito pelas pessoas, traduz-se numa cultura onde o trabalho não é desperdiçado nem é realizado desnecessariamente, havendo trabalho de equipa, e no qual existe orientação com o objetivo de desenvolver as capacidades de cada um. O ambiente de trabalho é humanizado através do respeito mútuo. Larman e Vodde (2009) consideram seis pontos essenciais para alcançar os resultados esperados: i) Não prejudicar os clientes, com trabalho desnecessário, esperas ou defeitos; ii) Desenvolver pessoas e só depois construir produtos, apostando na aprendizagem contínua para melhor solucionar problemas; iii) Gestores com ações e decisões com vista à eliminação de desperdício e melhoria contínua; iv) Desenvolvimento de equipas, fomentando o trabalho em equipa; v) Estabelecer parceiros, criando relações de confiança; vi) Envolver as suas próprias práticas e melhorias, em equipa ou individualmente.

Outro pilar fundamental deste pensamento é a melhoria contínua, que assenta em quatro ideias principais, ver por si mesmo, “*kaizen*”, desafiar a perfeição e trabalhar no sentido do fluxo. Ver por si mesmo significa não ficar à espera de informações de terceiros mas sim descobrir as respostas nos locais onde decorre o problema. Para saber o que se passa e ajudar a melhorar (eliminando informação indireta e distorcida), a gestão deve frequentemente ir ao

verdadeiro local de trabalho para ver e perceber por si mesma (Larman and Vodde, 2009). “*Kaizen*” caracteriza-se por ser tanto uma mentalidade através da constante melhoria do trabalho pessoal, como uma prática de técnicas até à sua completa compreensão por parte de todos os colaboradores. No mesmo sentido, o próprio trabalho deve ser desafiado para objetivos cada vez mais estimulantes a nível individual com vista à perfeição e à criação de valor.

## 2.4. Princípios *Lean*

O sistema de produção *Lean* é dos mais influentes paradigmas da produção dos últimos tempos, e a correta compreensão dos seus principais conceitos e princípios orientadores, deve ocorrer antes da utilização de ferramentas e técnicas necessárias à sua aplicação.

(...) Os princípios do pensamento *Lean* e em particular a eliminação de desperdício e procura pela perfeição podem ser aplicados a qualquer sistema no qual os produtos fluem para satisfazer a procura do cliente, usuário ou consumidor (Hicks, 2007).

Em Womack et al. (1990) as ideias fundamentais do *Lean* são consideradas universais e de possível aplicação em qualquer lugar e por qualquer pessoa. Classificam esse modo de gerir a produção da seguinte forma: i) Um sistema produtivo integrado, onde a produção de pequenos lotes se baseia no JIT (*just in time*) e em existências reduzidas; ii) Proporciona uma ação preventiva em vez de corretiva perante os defeitos; iii) É utilizada a produção puxada no lugar de uma produção empurrada devido às previsões de procura; iv) É flexível, constituída por equipas de trabalho polivalentes; v) Leva ao empenho na resolução de problemas; vi) Pratica um forte relacionamento desde o fornecedor até ao cliente final.

Para maximizar a eliminação do desperdício numa organização, Womack e Jones (2003) definiram cinco princípios *Lean*, que são: i) Especificar valor, percebendo o que é considerado valor para o cliente final de modo a corresponder às suas necessidades a um preço e tempo específicos (Womack e Jones, 2003); ii) Identificar a cadeia de valor, reconhecendo toda e qualquer ação necessária ao produto ou serviço para que o mesmo seja entregue ao cliente da forma mais eficiente, eliminando as atividades que não agreguem valor às partes interessadas; iii) Otimizar o fluxo, sincronizando todas as atividades envolvidas na criação de valor para o produto num fluxo contínuo de materiais, pessoas, informação e capital; iv) Criar um sistema pull, em que todo e qualquer processo é puxado pelo cliente para que não seja produzido o que se pensa ser necessário (*just-in-case*) mas apenas o que realmente é pedido

pelo cliente, na quantidade e momento exato (*just-in-time*); v) Procura pela perfeição, passa por reconhecer os interesses, as necessidades e as expectativas das partes interessadas através de um esforço contínuo para a melhoria dos produtos e redução dos desperdícios, objetivando a perfeição.

Os princípios identificados por Womack e Jones (2003) foram mais tarde revistos pela Comunidade *Lean Thinking* (CLT, 2010), o que resultou na adição de mais dois princípios aos restantes cinco já descritos anteriormente com o objetivo de facilitar e auxiliar o caminho a ser percorrido pelas organizações. “Conhecer os *stakeholders*” permite saber a quem servimos, as partes interessadas na atividade da organização, que se consideram desde os fornecedores até ao cliente final. Este aspeto torna-se uma mais-valia na altura de acrescentar valor ao produto e de eliminar o desperdício, pois é conhecido o destinatário assim como as suas exigências. O segundo novo princípio trata-se de “Inovar sempre”, o qual transmite a necessidade de uma constante melhoria e inovação na criação de novos produtos e serviços criando valor, com o objetivo de manter o gosto e o interesse por parte do cliente.

No livro “*The Toyota Way*” estão registados ainda outros princípios, que Jeffrey k. Liker afirma que sejam de prática diária e consistente para um organização ser *Lean*. Depois de décadas de investigação necessárias para a realização deste livro, Liker (2004) apresenta os 14 princípios da seguinte forma: i) As decisões de gestão têm de ser baseadas numa filosofia a longo prazo, mesmo se necessárias despesas financeiras a curto prazo; ii) Criar um processo de fluxo contínuo conseguindo demonstrar os problemas existentes; iii) Evitar uma produção desnecessária através de um sistema “*pull*”; iv) Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*); v) Interromper o processo assim que sejam detetados problemas e proceder à sua resolução, objetivando a qualidade logo à primeira; vi) Uniformizar as tarefas como base de uma melhoria contínua e de aproximação dos colaboradores; vii) Utilizar o controlo visual na deteção de problemas; viii) Utilizar apenas tecnologia confiável e testada para servir pessoas e serviços; ix) Desenvolver líderes empenhados na filosofia e no seu trabalho, capazes de ensinar os restantes colaboradores; x) Criar equipas de trabalho capazes de seguirem a filosofia da organização; xi) Respeitar e auxiliar na melhoria da rede de parceiros e fornecedores; xii) Ver por si mesmo as situações para as conseguir perceber completamente; xiii) Considerar com calma todas as possibilidades antes de tomar decisões, e aplicá-las rapidamente; xiv) Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão e da melhoria contínua.

## 2.5. Desperdício e fontes de desperdício

Desperdício é especificamente qualquer atividade humana que absorve recursos mas que não cria qualquer tipo de valor (Womack e Jones, 2003).

A percepção do que é valor passa sempre pela opinião do cliente, pois é ele que vai usufruir do produto ou serviço final. Qualquer tentativa de acrescentar valor, por parte da organização, sem existir a certeza de que também é considerado valor pelos “*stakeholders*”, pode resultar num puro desperdício de tempo e recursos, se para estes não transmitir qualquer tipo de utilidade.

Nos tempos que correm, a competitividade no mercado é cada vez mais feroz, o que não dá espaço para uma produção dispendiosa e sem qualquer tipo de valor para o cliente. As organizações centram-se na redução do desperdício em todos os seus processos conseguindo dessa forma entregar ao cliente um mesmo produto mas a um preço mais baixo ou com mais valor incorporado ao mesmo preço. O desperdício, quando não é eliminado, resulta num produto mais dispendioso e por vezes até mais demorado, pois manifesta-se através de todas as ações, materiais ou processos.

Antes de qualquer ataque ao desperdício, há que conhecer o tipo de desperdício com que se está a lidar. De acordo com Pinto (2009) podem classificar-se em dois tipos, o “puro desperdício” que se refere a todas as atividades que podem ser dispensáveis e por isso devem ser completamente eliminadas, e o “desperdício necessário” que embora não venham acrescentar valor, têm de ser realizadas na mesma, como é o caso das inspeções.

Taiichi Ono apresenta o que considera serem as sete principais fontes de desperdício num sistema de produção: i) Excesso de produção, ocorre quando as organizações produzem mais quantidade do que aquela que é realmente necessária, o que acontece geralmente por se querer adiantar trabalho. Acaba por resultar numa produção apenas para armazém, gastando recursos, tempo, matérias-primas e custos de manutenção; ii) Tempo de Espera, no qual colaboradores ou equipamentos se encontram inativos, interrompendo o seu horário de trabalho, à espera de algo. Esta situação pode dever-se a atrasos, obstrução do fluxo, avarias, entre outros; iii) Transporte, refere-se à excessiva movimentação ou transferência de materiais entre operações. Apesar de difícil eliminação, esta atividade deve ser minimizada através de metodologias para reduzir o fluxo de transporte; iv) “*Stocks*”, traduzem-se em existências que não são necessárias naquele momento para satisfazer encomendas. Revelam grandes problemas de planeamento por parte da organização; v) Processos em excesso, representam as operações que não vêm acrescentar valor ao produto ou que apenas vão corrigir problemas do próprio processo. Podem ter como causas processos deficientes, mal definidos, ou até mesmo falta de conhecimento por parte dos colaboradores; vi) Movimentos desnecessários, são considerados os movimentos de operadores ou equipamentos antes,

durante ou depois do processo, que não sejam necessários para a satisfação das exigências requeridas; vii) Defeitos, são problemas de qualidade nos produtos ou serviços, que se irão traduzir em custos de inspeção e reparação, ou até mesmo em peças inutilizáveis.

Alguns investigadores da comunidade *Lean* admitem existir uma oitava categoria de desperdício, as “pessoas subutilizadas” (Locher, 2008). As funções atribuídas aos colaboradores são muitas vezes limitadas não aproveitando a totalidade das suas aptidões e habilidades que poderiam resultar num trabalho muito mais eficaz.

## 2.6. Ferramentas e metodologias *Lean*

*Lean* é uma filosofia e não uma ferramenta em si. Diversas ferramentas e técnicas (...) podem apoiar a transformação *Lean* de forma a identificar, medir e remover desperdício, variabilidade e proporcionar melhorias em áreas específicas (Cottyn et al., 2011).

Para a implementação da filosofia *Lean*, e com o intuito de reduzir todas as formas de desperdício, diversas metodologias foram estudadas e desenvolvidas. Algumas dessas ferramentas são por exemplo o TPM, “*Kaizen*”, 5’S, “5 *Whys*”, “*Poka-yoke*”, “*Standardized Work*” (SW), “*Single-minute Exchange of Die*” (SMED), “*Value Stream Mapping*” (VSM), “*Heijunka*”, “*Kanban*”, “*one-piece-flow*”, “*Takt-time*”, “*Pull-system*”, “*Jidoka*”, gestão visual, e ciclo de Deming ou PDCA.

O TPM, que em português significa manutenção produtiva total, consiste numa metodologia que objetiva a eficácia global do sistema produtivo, focando-se na redução de avarias, acidentes e defeitos através da manutenção preventiva e de intervenções em momentos que revelem necessidade do mesmo.

O princípio do Just-in-time (JIT) no seu significado mais básico implica que cada processo deve ser provido com as componentes certas, na quantidade exata e no tempo indicado (Karlsson and Åhlström, 1996). Para Ghinato (1996) JIT significa que cada processo deve ser suprido com os itens e quantidades certas, no tempo e lugar certos. Traduz-se numa técnica para alcançar o TPS aumentando os lucros através da completa eliminação do desperdício, e na qual os processos são iniciados quando são necessários.

A ferramenta 5’S é geralmente a primeira a ser utilizada na implementação do LM, muito devido ao seu carácter disciplinar e educacional. A sua designação deriva da utilização de

cinco palavras japonesas, todas elas iniciadas pela letra “S”, para descrever o seu modo de atuação: i) Seiri - seleção; ii) Seiton - organização; iii) Seisō - limpeza; iv) Seiketsu - padronização; v) Shitsuke - autodisciplina. Caracteriza-se por ser um método de organização de todo o espaço de trabalho com vista à eficácia e eficiência dos processos. O objetivo passa por uma limpeza, organização e identificação do que é realmente necessário nos postos de trabalho (Simmons et al., 2010).

Definida por Taiichi Ohno como a base da abordagem científica da Toyota, a técnica dos 5 porquês resume-se a um método de pergunta-resposta que tem por objetivo determinar a causa de um defeito ou problema. Passa por perguntar “porquê” as vezes necessárias até a solução se tornar clara e o problema ser resolvido, na maioria das vezes cinco repetições são suficientes. O ponto importante dos 5 Porquês não é a técnica nem o número cinco, mas sim o “parar e consertar” a causa-raiz na mentalidade e cultura da resolução de problemas inserida na Toyota (Larman and Vodde, 2009).

Os métodos “*poka-yoke*” referem-se a atividades de identificação e prevenção de causas prováveis de erros ou defeitos nos processos (Pinto, 2010). O termo “*Poka-yoke*”, de origem japonesa, significa mecanismo anti-erro e pretende eliminar problemas associados a defeitos e erros nas operações, sem necessitar de supervisão permanente por parte do operário. O objetivo do “*poka-yoke*” passa por interromper o processo assim que seja detetado um erro para que o mesmo não passe para o processo seguinte (Suzaki, 2010). A qualidade no produto, desde a sua origem, mostra-se extremamente importante, eliminando o tempo desperdiçado na procura e deteção de defeitos, que acarretam custos desnecessários às entidades. Quanto mais tempo for necessário para detetar um erro, maior será o custo associado à sua reparação. A maior responsabilidade está entregue aos operários, que têm de entregar produtos sem defeitos ao processo seguinte, ou quando identificados, procederem à sua reparação imediata. A chave para atingir 100% de qualidade é evitar os defeitos na origem e não entregar um produto defeituoso ao processo seguinte (Suzaki, 2010). De acordo com Pinto (2010) a ferramenta “*Poka-yoke*” envolve três passos: i) identificação do que pode correr mal; ii) determinação dos modos de prevenção ou deteção do que pode correr mal; iii) identificação e seleção das ações a serem tomadas quando um erro ou falha é detetado. Os mecanismos e ideias “*poka-yoke*” devem ser divulgados o mais possível e tidos em consideração na compra de novas máquinas e no desenvolvimento de novos produtos (Suzaki, 2010).

O “controlo da qualidade zero defeitos” (CQZD) na Toyota não é um programa, mas um método racional e científico capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controlo das causas (Ghinato, 1996). Esta ferramenta assenta em quatro pontos essenciais: i) utilização de inspeção na fonte - inspeção de carácter preventivo que elimina a ocorrência de defeitos na origem e não apenas nos resultados; ii) utilização de

inspeção 100% em vez de inspeção por amostra; iii) redução do tempo decorrido entre a detecção do erro e a aplicação da ação corretiva; iv) reconhecer que os trabalhadores não são infalíveis - utilizando dispositivos poka-yokes.

“*Single-minute Exchange of Die*”, conhecido abreviadamente por SMED, trata-se de uma troca rápida entre ferramentas, o que permite que a máquina mude facilmente de produto aumentando a produtividade.

O SW - “*Standardized Work*”, em português Trabalho Padronizado, tem por objetivo a padronização das atividades de produção na qual a mesma operação deve ser realizada da mesma forma por todos os operários. Desta forma reduzem-se os defeitos de produção, estabilizando a mesma, assim como também se diminui a variabilidade dos processos, sendo considerada por Taiichi Ohno uma ferramenta fundamental para a melhoria contínua.

A metodologia “*Kanban*” baseia-se num sistema de gestão visual simples no qual se controlam os fluxos e as existências garantindo que se produz apenas o que é pedido pelo cliente no momento e quantidade requeridas. O resultado da utilização desta ferramenta passa pela redução do planeamento da produção e das estimativas associadas, pois apenas se vai produzir a pedido do cliente, evitando a acumulação de existências inutilizadas.

VSM, “*Value-Stream-Mapping*”, permite visualizar o percurso de um produto ao longo de todas as atividades desde o seu pedido até à sua entrega, que representam a cadeia de valor do produto. Através desta ferramenta é possível aprender a identificar as fontes de desperdício, ver e perceber o fluxo ao longo de todo o processo. Esta metodologia, segundo Nash e Poling (2008), divide-se em três sectores: i) fluxo do processo ou produção; ii) fluxo de informação ou comunicação; iii) tempos e distâncias dos transportes. Os mesmos autores identificam três etapas principais durante o VSM: o mapa do estado atual, para perceber como a cadeia de valor está a operar atualmente, identificando-se assim o desperdício e procedendo à resolução dos problemas na cadeia de valor; o mapa do estado futuro desejado, que representa a cadeia de valor no futuro após a implementação das melhorias; e o plano de implementação, aponta as etapas necessárias para alcançar o estado futuro, apresentando os prazos e os objetivos das mesmas. O VSM é mais do que uma ferramenta, é uma forma prática de ensinar o pensamento *Lean* e de como este se aplica a qualquer processo (Locher, 2008).

“*Heijunka*” resume-se a um método de produção no qual os produtos são distribuídos de forma sequencial seguindo a ordem de pedido do cliente, reduzindo o tempo de espera por parte dos equipamentos e dos colaboradores. A sua origem é japonesa e é a tradução para “programação nivelada”, a qual expressa os três objetivos deste processo, nivelar o volume de produção, nivelar os tipos de produtos e nivelar o tempo de produção. Através da realização destes objetivos, o sistema “*Heijunka*” consegue produzir peça a peça de acordo

com um tempo padrão previamente definido e nem mais nem menos do que a quantidade solicitada (Pinto, 2010).

Por seu turno, a ferramenta “*Kaizen*”, consiste na criação de um grupo de trabalho constituído por colaboradores de diferentes áreas da empresa de modo a conseguirem solucionar qualquer problema que possa surgir. A melhoria contínua é uma metodologia segundo a qual as pessoas trabalham em conjunto para melhorar o desempenho dos seus processos, aproximar o desempenho aos valores de referência e, continuamente, acompanhar e responder às necessidades e expectativas dos clientes (Pinto, 2010).

Um dos principais objetivos do pensamento *Lean* é o desenvolvimento de fluxo no ambiente produtivo, que se traduz pelo movimento dos materiais ao longo do sistema sem interrupções e de acordo com o pedido do cliente. A informação e os materiais adequados são entregues ao sistema de produção no momento, quantidade e local corretos. Para isso, o necessário seria um sistema “*one-piece-flow*” onde não existem inventários e os produtos são produzidos quando solicitados pelos clientes. Neste campo a Toyota conseguiu desenvolver células “*one-piece-flow*” que produzem por encomenda quando a mesma é necessária. Segundo Liker (2004), as vantagens na aplicação deste sistema passam por: i) produzir com qualidade, havendo inspeção por parte de cada colaborador impedindo o aparecimento de defeitos nos postos seguintes; ii) criar verdadeira flexibilidade, como o prazo de produção é menor, existe maior flexibilidade na resposta ao cliente; iii) aumentar a produtividade, calculando o valor do trabalho acrescentado e sabendo quantos colaboradores são necessários para uma determinada taxa de produção; iv) libertar espaço, as células são aproveitadas ao máximo sendo gasto muito pouco espaço com inventários; v) melhorar a segurança, a movimentação dos materiais é feita em pequenos lotes e assim tornam-se desnecessárias as empilhadoras que são grande causa dos acidentes; vi) melhorar a moral, os operadores conseguem ver o resultado do seu trabalho ficando com um sentimento de satisfação e dever cumprido; vii) reduzir custos de inventários, o capital é investido em qualquer outro lugar ao invés de ser aplicado em existências desnecessárias.

Ser *Lean* significa também fazer as coisas ao ritmo certo e o ritmo certo é estabelecido pela taxa de procura (consumo) do cliente (Pinto, 2010). O termo “*Takt-time*” é utilizado para designar o ritmo de pedidos dos clientes em relação a um determinado produto. O seu cálculo é feito através da divisão do tempo de operação pela quantidade pedida pelo cliente. O objetivo é uma produção constante de acordo com um tempo de ciclo planeado, o mais aproximado possível do “*takt-time*”. Esse tempo de ciclo não pode ser superior ao “*takt-time*” para evitarem atrasos nas entregas, e por outro lado, não pode ser muito inferior para que não haja desperdícios no processo. O “*takt-time*” pode ser usado para marcar o ritmo da produção e alertar os operadores sempre que estejam atrasados ou avançados (Liker, 2004).

Num sistema de operações *Lean*, cada sequência de trabalho só é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o autoriza. O sistema de fabrico é gerido por um sistema “*pull*” em que cada estação “puxa os materiais” da estação anterior na presença de um pedido da estação seguinte (Pinto, 2010). Num sistema “*pull*” (puxar) apenas é produzido o que o cliente pretende no momento e quantidade certa, diminuindo o desperdício com armazenamento, reparações e manuseamentos. O contrário deste método é o sistema “*push*” (empurrar), no qual a produção é baseada em estimativas de procura quer venham ou não a ser necessárias. As operações são realizadas “*just-in-case*”, o oposto de “*just-in-time*” praticado pelo sistema “*pull*”.

A ferramenta “*Jidoka*” possibilita que qualquer defeito seja detetado e resolvido no posto onde se deu a ocorrência. O objetivo é possibilitar que qualquer anomalia seja detetada quer pela máquina quer pelo operador, tendo autonomia para parar a produção procedendo à respetiva reparação. A autonomia (“*jidoka*”) consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processo sempre que for detetada qualquer anormalidade no mesmo (Ghinato, 1996), o que provoca uma concentração de esforços para identificar a causa-raiz do problema e eliminá-la, sem que aconteça a propagação do problema (Nogueira, 2007).

A gestão visual é um processo para apoiar o aumento da eficiência e eficácia das operações, tornando tudo mais visível, lógico e intuitivo. Torna os processos mais simples e menos dependentes de sistemas informáticos e procedimentos formais (Pinto, 2010). Formoso et al. (2002) identificam quatro formas básicas de implementação da gestão visual: i) uso de dispositivos visuais, como por exemplo placas de sinalização e segurança; ii) utilização da ferramenta 5’S; iii) seleção e divulgação de indicadores de desempenho; vi) remoção de obstáculos visuais que dificultem a comunicação entre operadores.

Outra das metodologias utilizadas na aplicação do *Lean* é o ciclo PDCA ou ciclo de *Deming* que também vem potenciar a melhoria contínua. Este método consiste em utilizar os ensinamentos de ciclos anteriores para melhorar os ciclos seguintes, estabelecendo objetivos (“*plan*”), conduzir a implementação (“*do*”), verificar o progresso (“*check*”) e tomar as ações corretivas se necessárias (“*act*”). De acordo com Pinto e Soares (2010), desenvolve-se em 4 fases: i) P (*plan*) - Planear, estabelece os objetivos necessários para alcançar os resultados consoante os requisitos do cliente; ii) D (*do*) - Executar, implementando os processos; iii) C (*Check*) - Verificar, controlar os processos segundo políticas, objetivos e requisitos para o produto; iv) A (*Act*) - Agir, executar ações de melhoria contínua dos processos, verificando se o sistema funciona e está atualizado e adequado. Este ciclo encontra-se diretamente relacionado com os cinco princípios *Lean* estabelecidos por Womack e Jones (2003), e que segundo Haque e James-Moore (2004) a primeira fase (“*plan*”) refere-se ao primeiro princípio *Lean* “especificar valor”, enquanto os princípios “identificar a cadeia de valor”, “otimizar o

fluxo” e “criar um sistema *pull*” se enquadram na segunda fase do ciclo, por último a “procura pela perfeição” está relacionada com as duas últimas fases, “*check*” e “*act*”.

O domínio destas ferramentas não garante o sucesso da implementação do pensamento *Lean*, dado que a essência desta filosofia de gestão não está nas soluções que preconiza mas sim em aspetos menos tangíveis, como a cultura empresarial, a liderança de pessoas e a gestão de processos (Pinto, 2009).

## Capítulo 3

---

### ***Lean* aplicado ao desenvolvimento de produtos**

### 3. A avaliação do índice *Lean* das organizações

A chave para o sucesso do desenvolvimento de um produto está na perseguição das mudanças importantes para o cliente, enquanto são minimizadas as alterações globais para reduzir o tempo de desenvolvimento, custo e riscos envolvidos devido a essas mudanças (Gautam and Singh, 2008). Para Clark e Fujimoto (1991) torna-se evidente a relação entre o *design* e o desenvolvimento de novos produtos (DNP) com o impacto significativo nos custos, qualidade, satisfação do cliente e vantagem competitiva nos mercados. Segundo Larman e Vodde (2009), o DNP não é produção, e pode ser arriscado fazer uma analogia entre os dois termos. Ao contrário da produção, o DNP é preenchido pela descoberta, pela mudança e pela incerteza. Um processo DNP eficiente é o fator chave de uma organização capaz de desenvolver e gerir inovação (Tan and Rasli, 2011).

Manter o cliente interessado nos seus produtos, é a melhor forma para uma empresa preservar o seu lugar no mercado. Uma melhoria de produto implica trazer novas características, tecnologia, um *design* atrativo e uma melhoria de qualidade para o mercado (Gautam and Singh, 2008). O DNP tornou-se num ponto fulcral da competitividade industrial, e para os gestores de todo o mundo, desenvolver melhores produtos em menos tempo e mais eficientes são os seus principais objetivos (Clark and Fujimoto, 1991). Na maioria dos casos, as alterações são feitas em produtos já existentes, o que requer um análise sobre o produto atual, descobrindo o que é necessário alterar e como alterar. Se por um lado forem realizadas demasiadas modificações que podem acarretar custos e tempos elevados, por outro lado, mudanças mínimas podem não ser suficientes para o cliente perceber a diferença entre as alterações dos produtos.

No estudo de Gautam e Singh (2008) foram analisadas as razões que levavam a uma alteração de produto, e foram apresentadas três categorias: i) inovação; ii) melhoria contínua; iii) alterações forçadas. Incorporar inovação num produto pode ser efetuado de diferentes formas, através das características físicas que geralmente refletem uma mudança no ciclo de vida do cliente, através do visual e do sentimento que provoca no consumidor, e através da tecnologia que pode ser necessária incorporar nos novos projetos. A melhoria contínua, outra das possíveis razões para a mudança, pode resultar num aperfeiçoamento do desempenho do produto, numa mudança para um *design* mais flexível e modular, assim como pode decorrer numa melhoria da qualidade. Relativamente à razão de proceder a alterações forçadas, pode dever-se à necessidade de introdução de novos componentes, novos requisitos pelo sistema ou pequenas alterações que não agregam valor ao produto mas que mesmo assim são exigidas.

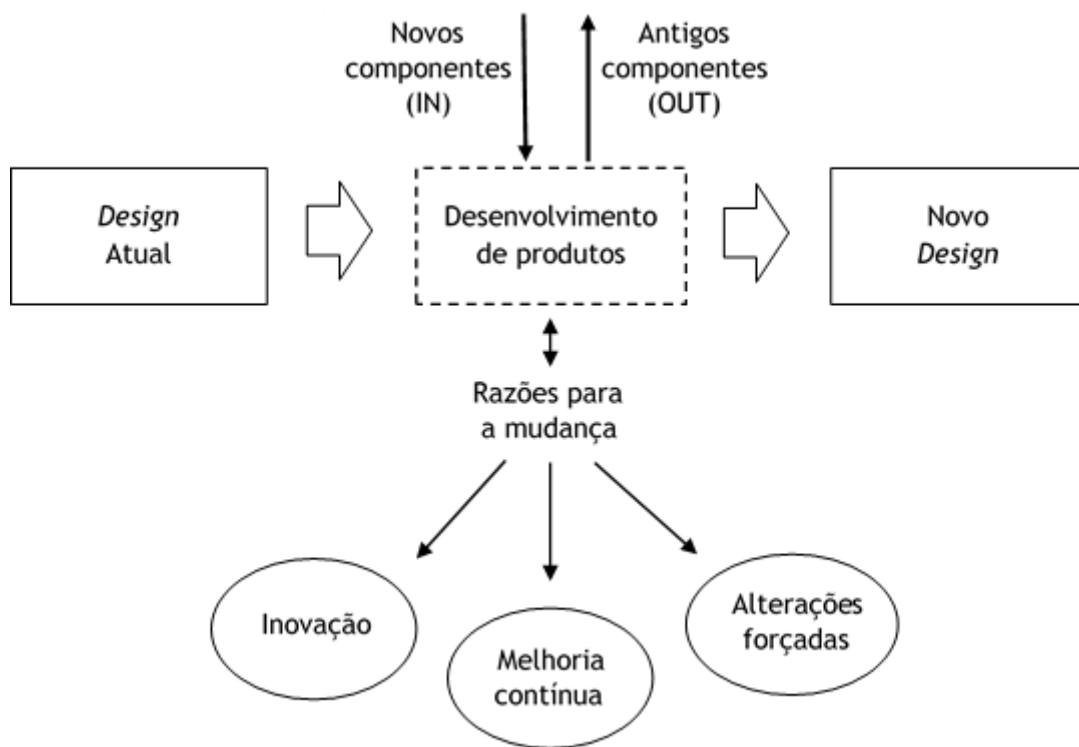


Fig. 3.1 - Razões para a alteração de produto  
 Fonte: Adaptado (Gautam and Singh, 2008)

Ainda no mesmo estudo, Gautam e Singh (2008) afirmam que o único objetivo de alterar um novo produto é torná-lo mais valioso para o cliente e aumentar o lucro da organização, aumentando ou mantendo a quota de mercado. Quando uma alteração não contribui para nenhum dos objetivos, não é considerada uma mudança com valor agregado e não deve ser continuada. Quanto maior for a percepção de valor pelo cliente, maior é o nível de satisfação do mesmo.

Embora exista uma grande abundância de literatura referente à produção *Lean*; o mesmo não pode ser dito sobre a aplicação do “*Lean Thinking*” à introdução de novos produtos (INP) ou ao desenvolvimento de novos produtos (Haque and James-Moore, 2004). Larman e Vodde (2009), no seu artigo *Lean Primer*, afirmam que a produção *Lean* moderna é diferente. Os pequenos lotes, filas e tempos de ciclo mais curtos refletem uma disciplina que foi criada para o comportamento variável em rede que é mais semelhante ao desenvolvimento de produtos do que à produção tradicional.

O desenvolvimento de um produto *Lean* (DPL) visa a eliminação de todo o tipo de perda durante o projeto dos componentes do produto, sendo que essa atividade considera fortemente os requisitos do processo produtivo (cliente interno) e do cliente final (Nogueira,

2007). Foca-se na criação de um conhecimento mais útil e em aprender melhor do que a concorrência (Larman and Vodde, 2009). No entanto, e para uma estratégia *Lean*, nem toda a aprendizagem e informação adquiridas se tornam proveitosas, justificando a distinção entre dois tipos de informação: i) informação de maior valor, na qual as escolhas são feitas segundo a incerteza do seu resultado pois proporcionam uma maior aprendizagem e na qual se testam conhecimentos ao longo de todo o processo ao invés de esperar pelo teste final do processo diminuindo assim a possibilidade de um procedimento fracassado; ii) informação de custo reduzido, na qual o foco reside numa frequente e constante integração em equipas de trabalho bem como numa aprendizagem com pessoas mais experientes.

Embora o foco do livro “The Machine That Changed The World” fosse a produção e os processos de montagem, já nesta obra, Womack, Jones e Roos abordavam o tema do desenvolvimento de um produto *Lean*. Para estes autores, o tema era baseado em quatro técnicas: um forte líder de projeto com controlo total sobre os recursos funcionais; trabalho de equipa; comunicação antecipada e controlada; e desenvolvimento simultâneo. Diversas organizações adotaram as referidas técnicas, particularmente o desenvolvimento simultâneo ou também conhecido como engenharia concorrente (EC), no entanto chegaram à conclusão que os objetivos apenas eram alcançados englobando as quatro técnicas em conjunto.

Engenharia concorrente traduz-se como uma abordagem sistemática na qual o objetivo é a integração do *design* e dos seus processos associados ao ciclo de vida do desenvolvimento de um produto, e não apenas à engenharia. A filosofia EC foca-se no desenvolvimento de mecanismos organizacionais para facilitar a integração das diferentes funções necessárias ao desenvolvimento e introdução de um produto no mercado (...) o foco está em melhorar a integração e colaboração, compressão dos processos e otimização. O paradigma presta menos atenção à identificação de “valor” e à eliminação de “desperdício”, duas das principais constituintes do *Lean* (Haque and James-Moore, 2004). Tan e Rasli (2011) assumem a EC como a promotora de equipas multifuncionais capazes de planear simultaneamente o produto, o processo e a sua produção. Khan et al (2011) assumem a EC como o principal facilitador do DPL, assumindo um modelo conceptual para o processo, como ilustrado na figura 3.2.

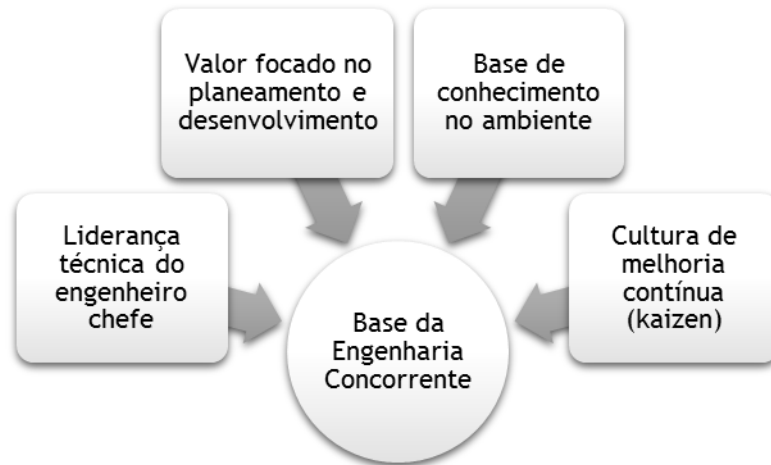


Fig. 3.2 - Modelo conceptual do DPL  
 Fonte: Adaptado (Khan et al., 2011)

Pode e deve ser feita uma comparação entre as duas filosofias, *Lean* e EC, que apesar dos objetivos divergirem, complementam-se entre si num processo de desenvolvimento de produto.

Por um lado, a EC centraliza-se na melhoria da integração de funções de desenvolvimento, através de mecanismos organizacionais e diversas ferramentas, aumentando a qualidade, reduzindo o custo e a entrega. A sua abordagem passa por demonstrar “o que fazer” e “porque fazer”, em vez do “como fazer” ou “em que contexto”.

O pensamento *Lean*, por outro lado, focado na eliminação do desperdício e no fluxo de valor, não fornece as necessidades para uma melhoria da INP, de acordo com a literatura existente, mas sim uma abordagem para a melhoria do processo e produção.

A tabela 3.1 esclarece as principais diferenças entre estas duas estratégias, enquanto na tabela 3.2 estão citadas algumas técnicas e ferramentas de aplicação da EC.

Engenharia Concorrente	Lean
<input type="checkbox"/> Carece de uma empresa com uma direção estratégica comum ou com afirmação de implementação;	<input type="checkbox"/> Iniciativa empresarial com um formato comum a todos os processos de negócio com o único objetivo estratégico de eliminar o desperdício e melhorar o fluxo de valor;
<input type="checkbox"/> Orientada para a melhoria do DNP, promovendo ferramentas especializadas;	<input type="checkbox"/> Aborda adequadamente as necessidades para um processo de INP;
<input type="checkbox"/> Carece de uma abordagem de ciclo de vida, foca-se em "o que fazer" em vez de "como fazer";	<input type="checkbox"/> Fornece uma abordagem de ciclo de vida, foca-se em "o que fazer" e também "como fazer", através dos cinco princípios da filosofia.
<input type="checkbox"/> Passível de diferentes interpretações e definições;	<input type="checkbox"/> Definição universal: valor e desperdício como principais fatores;
<input type="checkbox"/> O desperdício não é classificado nem contextualizado, a eliminação de resíduos é um subproduto das actividades desta filosofia;	<input type="checkbox"/> O desperdício é identificado, classificado e contextualizado dentro do fluxo de valor, e é eliminado;
<input type="checkbox"/> Promove o foco no cliente e na melhoria do fluxo de informação, mas não define explicitamente uma abordagem sistemática;	<input type="checkbox"/> Promove explicitamente: i) criação de fluxo de valor de acordo com os pedidos do cliente, ii) o fluxo só é verdadeiramente possível após a eliminação do desperdício, iii) o processo de criação de valor deve ser "puxado" a um ritmo definido pelo cliente;
<input type="checkbox"/> Promove a sobreposição de atividades e consequentemente, o fluxo de informações parciais com base nas necessidades do processo à jusante.	<input type="checkbox"/> Promove os conceitos de " <i>takt-time</i> ", " <i>single piece flow</i> " e o processo " <i>pacemaker</i> " <sup>a</sup> .

Tabela 3.1 - Comparação entre as filosofias EC e *Lean*  
 Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore,2004)

<sup>a</sup> Processo "*Pacemaker*": determina a taxa do fluxo de informação das atividades à jusante, e a taxa de pedido das atividades/processos a montante dela.

Aplicação EC
Utilização do DFM
Utilização das ferramentas CAD <sup>2</sup> e CAE <sup>3</sup>
Utilização de técnicas de prototipagem no <i>design</i>
Utilização do FMAE <sup>4</sup> para identificar produtos de alto risco e características do processo
Validação e verificação de componentes, peças e tecnologias críticas em diferentes fases do DNP
Consideração pela habilidade da produção e pela capacidade do processo no <i>design</i> do produto
Simulação da produção do produto e do processo de suporte
Utilização do DOE <sup>5</sup> para reduzir procedimentos ao longo do processo de DNP

Tabela 3.2 - Técnicas e ferramentas de aplicação da EC  
 Fonte: Adaptado (Tan and Rasli, 2011)

### 3.1 Uma empresa *Lean*

De acordo com Panizzolo (1998) o modelo de produção *Lean* pode ser interpretado através de três níveis diferentes: i) a firma individual - refere-se à adoção de inovações no fabrico obtendo um fluxo de produção perfeitamente sincronizado em todas as áreas da empresa; ii) o impacto do modelo de produção *Lean* na relação entre empresa e clientes - alcançar uma perfeita correspondência entre a exigência de mercado e o fluxo de produção; iii) o papel desempenhado pelos fatores externos específicos de cada país - a presença de relações industriais inovadoras, a criação ou melhoria de redes de logística e de comunicação, o desenvolvimento da educação e formação profissional adequadas.

<sup>1</sup> DFM (Design for Manufacturability): concepção de produtos com vista a facilitar o processo de produção;

<sup>2</sup> CAD (Computer-aided Design): sistema informático de auxílio na concepção, alteração, análise e otimização de projeto;

<sup>3</sup> CAE (Computer-aided Engineering): programa informático de auxílio às tarefas de engenharia;

<sup>4</sup> FMEA (Failure Mode and Effect Analysis): técnica sistemática de análise de falhas e consequentes efeitos;

<sup>5</sup> DOE (Design of Experiments): concepção de qualquer atividade de informação sob controlo experimental.

Os princípios e práticas da produção *Lean* não devem ficar restritos ao sistema de produção (Karlsson and Åhlström, 1996), sendo essencial que sejam disseminados por todas as áreas da empresa, tais como vendas, distribuição, contabilidade e desenvolvimento de produto (Saurin e Ferreira, 2008). Para o sucesso na implementação do sistema de produção *Lean*, deve existir a preocupação nas intervenções na área de produção, nas ações tomadas noutras áreas da firma, bem como a relação com fornecedores e clientes.

O foco em fornecedores e clientes enfatiza uma visão estratégica da produção *Lean*, uma que se concentra nas redes externas da empresa (Panizzolo, 1998). De acordo com esta visão, diversos autores sugerem o uso do termo “Empresa *Lean*” em vez de produção *Lean*. Uma empresa *Lean* é definida como uma organização que usa conceitos e práticas *Lean* não só na função de produção mas em tudo o que é feito (Womack et al., 1990). O conceito é defendido por Karlsson e Åhlström (1996) como uma empresa que utiliza as melhores práticas em todas as áreas funcionais e na gestão de relações externas, dividindo-se em quatro partes distintas: i) desenvolvimento; ii) aquisição; iii) produção; vi) distribuição.

No estudo de Panizzolo (1998) são consideradas seis áreas funcionais numa empresa *Lean*: i) Processo e equipamento; ii) Planeamento e controlo da produção; iii) Recursos humanos; iv) Design do produto; v) Relação com fornecedores; vi) Relação com o cliente. Ainda no mesmo estudo, o autor apresenta uma tabela onde as mesmas áreas são caracterizadas através de um conjunto de práticas de suporte que serão mencionadas mais à frente neste trabalho.

De todas as áreas numa empresa, a área de desenvolvimento de produto costuma ser a que recebe menos atenção, sendo que nos últimos anos a preocupação com este processo tem aumentado devido ao facto do *design* desempenhar um papel crucial na satisfação das necessidades do cliente, e das escolhas feitas neste processo poderem afetar o custo, o tempo e os métodos de produção. Devido a esse fatores, as organizações que pretendam melhorar a satisfação do cliente e o desempenho do sistema de produção, são obrigadas a implementar inovações no processo de *design*. Oppenheim (2004) consegue fazer uma analogia entre o processo de produção e o desenvolvimento do produto, representada na tabela 3.3.

Atributo	Produção	Desenvolvimento de produto (DP)
Matéria-prima	Fornecimento de materiais (ex. metais, produtos químicos, etc.)	Conhecimento e experiência através do legado do DP; Conhecimentos recentes sobre engenharia e ciência; Requisitos contratuais e funcionais
Inventário	Matéria-prima; Produtos acabados	Banco de dados com todo o texto e modelos 3D, com acesso controlado a vários <i>stakeholders</i>
Princípios Lean	Especificar Valor	Qualidade de produto, custo e tempo de mercado; Satisfação dos <i>stakeholders</i>
	Identificar cadeia de valor	Estado atual e futuro; Mapas
	Otimizar o fluxo	Fluxo de materiais a jusante; Fluxo de informação a montante
	Sistema “pull”	JIT; Solicitação Kanban para o item seguinte
	Procura pela perfeição	Busca pela perfeição em todos os processos;
	Resultados Finais	Aceitação do produto por parte do cliente e do usuário
		Qualidade de produto; Redução dos custos e cronograma do DP; Satisfação dos <i>stakeholders</i>
		Seleção do tempo de tarefa e do cronograma; Separação da investigação para vários caminhos; Mapas de estado atuais e futuros; Análise do VSM dentro dos tempos definidos
		Fluxo constante de conhecimento do DP através de períodos de tempo específicos e eventos integrativos
		Uma tarefa a jusante define a entrega das tarefas fornecidas; Boa comunicação tanto na fonte como no destino
		Apenas uma oportunidade para “fazer bem “;
		Aceitação pelos <i>stakeholders</i> da produção; Conhecimento sobre “o quê”, “como”, e “com que esforço” se constrói

Tabela 3.3 - Analogia entre Produção e Desenvolvimento do Produto  
Fonte: Adaptado (Oppenheim, 2004)

### 3.2 O sistema de desenvolvimento do produto na Toyota

Embora a Toyota seja a fundadora da produção *Lean*, o seu processo de desenvolvimento de produto não parece seguir todos os princípios *Lean* com o mesmo critério de rigor que os seus processos de produção (Haque and James-Moore, 2004). Morgan e Liker (2006) assumem que, dentro da Toyota, a experiência no sistema de produção atua como um alicerce para a formação de toda a organização na apreensão de outras responsabilidades.

No processo de *design* na Toyota, é aplicado um conjunto de medidas de engenharia concorrente (EC) que requerem a conceção de diferentes alternativas para a mesma componente/produto. O desenvolvimento das várias opções é realizado em simultâneo, enquanto as mesmas passam por um processo de seleção e eliminação através da interseção de várias regiões, objetivando a melhor escolha final. Este procedimento revela uma grande quantidade de informação que foi gerada e posteriormente inutilizada, no entanto não é considerada como desperdício pois é assumida como conhecimento que posteriormente pode ser utilizado.

Uma das características que contribui para o sucesso da Toyota é o seu método organizacional que passa por englobar as diferentes áreas do processo no mesmo espaço de trabalho, o que contribui para uma partilha de conhecimento entre os intervenientes, ao longo dos projetos. Outro aspeto chave para o sucesso reside no facto de gerirem o desenvolvimento de produto como um sistema que engloba dois elementos essenciais, um engenheiro chefe encarregue essencialmente da liderança, e um engenheiro funcional que contribui com as suas elevadas competências.

Haque e James-Moore (2004) assinalam as principais características do desenvolvimento de produto na Toyota: i) não são colocadas equipas de desenvolvimento; ii) o pessoal não fica responsável apenas por um programa, com exceção do engenheiro chefe e da sua equipa; iii) não é comum a rotação de trabalho entre funções durante os primeiros 10-20 anos de serviço; iv) os métodos QFD<sup>6</sup> e “*Taguchi*”<sup>7</sup> são raramente utilizados; v) possuem a excelência na análise de valor e engenharia de valor, sem a utilização de recursos externos; vi) não existe nada de extraordinário nos seus sistemas CAD e CAE.

---

<sup>6</sup>QFD (Quality Function Deployment): método que transforma os pedidos do cliente num *design* de qualidade.

<sup>7</sup>“*Taguchi*”: métodos estatísticos desenvolvidos para a melhoria da qualidade dos produtos.

## 3.3 Princípios *Lean* para o desenvolvimento de produtos

### 3.3.1 Os cinco princípios *Lean* aplicados ao desenvolvimento de produtos

A aplicação dos cinco princípios *Lean*, defendidos por Womack e Jones (2003), na introdução de novos produtos, é uma área na qual ainda não existe conhecimento suficiente para se poder definir uma metodologia a seguir para a introdução de produtos *Lean*. Os cinco princípios *Lean* são interpretados segundo Oppenheim (2004), como um conjunto de recomendações detalhadas para um programa de desenvolvimento de produto, caracterizado pela disciplina, execução abrangente e flexível, e liderança.

#### 3.3.1.1 Especificar Valor

Especificar valor através da perspectiva do cliente final bem como dos “*stakeholders*” internos e externos em termos de produtos específicos, informação, e serviços com capacidades e aplicações específicas oferecidas a um custo e tempo próprio, é a definição referida por Haque e James-Moore (2004) para o primeiro dos cinco princípios *Lean*.

Caracterizando o referido princípio no contexto de um processo de INP, o cerne da atividade foca-se no *design*, desenvolvimento e engenharia tornando-se necessária a identificação do cliente bem como a relação entre cliente-fornecedor. Num sistema de produção, “valor” é todo o material e artefactos físicos produzidos, enquanto neste contexto se traduz na forma de dados, informação e conhecimento assumindo dois tipos de clientes, internos e externos. Como clientes internos são consideradas todas as funções dos processos ou atividades a jusante, enquanto por clientes externos são entendidos os fornecedores externos, o usuário final do produto, afetado pela atuação do *design*/engenharia. Podem ainda ser considerados seis clientes diretos nas atividades de *design*, desenvolvimento e engenharia, sendo eles a produção, vendas, fornecedores, autoridades, capacidades de engenharia e administração de empresas.

A integração de todas as funções relevantes em toda a empresa no início do processo de INP é efetuada através da utilização de equipas e sistemas de comunicação eficazes (Haque and James-Moore, 2004). Uma das chaves para o sucesso do processo de INP é o envolvimento do cliente no desenvolvimento da especificação do produto, para que todos os serviços integrantes do produto final sejam entregues com tempo e qualidade garantidos. Para essa informação ser entregue no tempo certo, é continuamente analisado o desempenho do cronograma de projeto.

Na seguinte tabela estão apresentadas as características do primeiro princípio *Lean*, especificar valor, quando aplicadas a um processo de INP, bem como as ferramentas que permitem a sua implementação.

Características do processo INP	Ferramentas
Identificação do cliente, mercado, produto e margens corretas	Estratégia de produto impulsionada por uma estratégia de negócios
	Compreensão a longo prazo do mercado e dos clientes
Identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho (resultados), qualidade, preço, prazos, ambições e opções	Estreita relação com os clientes
	Requisitos formalizados de sistemas e processos de engenharia, dos quais correm requisitos bem definidos e rastreáveis
	Gestão de requisitos e configuração
Entrega da informação certa na hora certa, e com um custo direcionado para os processos a jusante/cliente, onde podem ser quantificadas por forma, ajuste e função	Manifestantes
	Integração de todos os processos de INP, sistemas e pessoas
	Formalizar requisitos de engenharia e processos de gestão, sistemas e ferramentas, que permitem requisitos bem definidos e rastreáveis
	Ferramenta QFD
	<i>Design</i> aplicado a sistemas e componentes chave
	Ferramentas de <i>design</i> validadas
	Gestão de configuração
Entrega do produto certo na hora e preço certo para o cliente	Gestão do programa multifuncional: uma rede de atividades, com uma clara organização da estrutura
	Desenvolvimento de produto concorrente
	Processos de produtos comprovados
	Ferramentas de produtos validadas
Uma organização com pessoas adequadamente treinadas, equipadas e motivadas	Ferramentas de apoio logístico
	Processo de desenvolvimento de capacidade
	Processo de recompensa e motivação

Tabela 3.4 - Aplicação de “especificar valor” no processo INP  
Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

### 3.3.1.2 Identificar a cadeia de valor

A identificação da cadeia de valor de um processo de INP é feita através do desenvolvimento de um modelo hierárquico de identificação de atividades de valor agregado, objetivando a eliminação de processos sem valor através da análise do fluxo de valor. A gestão da cadeia de valor define, analisa, documenta, controla e melhora o processo de negócio tornando-os efetivos, eficientes e adaptáveis, contribuindo para a satisfação dos clientes e eliminação do desperdício dentro do processo.

Todo o processo na introdução de novos produtos deve ser definido a todos os níveis da hierarquia da organização e comunicada ao longo de todas as unidades de negócio. No que diz respeito à capacidade de aquisição e distribuição de fluxo de valor, o processo deve ser definido de tal forma que separe a invenção da aplicação.

Na implementação da filosofia *Lean*, o mapa do fluxo de valor é uma ferramenta de decisão estratégica, e que na introdução de produto é definida como um conjunto de tarefas que transformam a informação convertendo a mesma num *design* final. A função desempenhada pela informação num fluxo de valor no desenvolvimento de produto, é comparável à função dos materiais num fluxo de valor da produção. As atividades do desenvolvimento de produto transformam a informação, à medida que flui de uma atividade para outra. A informação em diversas formas converge para definir o *design* assim como diversas partes se reúnem para fazer um produto (Haque and James-Moore, 2004). Para uma completa análise do processo INP, outros mapas/modelos de análise devem ser incorporados com o objetivo de reunir todos os detalhes necessários ao mapa de fluxo de valor.

Para a identificação e eliminação do desperdício e diminuição das atividades sem valor agregado, Haque e James-Moore (2004) apresentam quatro ferramentas *Lean* que podem ser utilizadas na INP: i) 5C's - uma versão latinizada dos 5S com o quinto elemento aperfeiçoado para a cultura, ou seja, (1) desocupar, (2) configurar, (3) limpar e verificar, (4) conformidade, (5) costumes e práticas. A combinação destes procedimentos cria um melhor e mais fácil ambiente de trabalho com uma ordem lógica que é mantida diariamente através do conformismo, costume e prática; ii) Os sete desperdícios - os desperdícios TPS, já mencionados neste trabalho, caracterizam as áreas de atividades sem valor agregado ajudando à sua identificação pelas pessoas; iii) controlo visual - são utilizados marcadores para ajudar em verificações rápidas e são muito eficazes na identificação de potenciais áreas problemáticas; iv) padronização dos processos - usado para simplificar o ambiente de trabalho e o formato das operações.

Características do processo INP	Ferramentas
Processos em curso, que permitem a identificação dos fluxos de valor (atuais e futuros)	Desenvolvimento contínuo e revisão de processos que agregam valor aos clientes (internos e externos)
	Filosofia de gestão de processo ou fluxo de valor
Os fluxos de valor (processos e atividades) estão claramente definidos, localizados, padronizados e medidos	Aplicação das filosofias de gestão de processos e de gestão de fluxo de valor
	Aplicação do pensamento de sistemas de engenharia
	Utilização do processo de negócio ou do modelo de fluxo de valor apropriado bem como metodologias e ferramentas de análise
Os objetivos são alcançados com o mínimo de desperdício e de atividades sem valor, dentro do orçamento	Métodos de identificação de resíduos
	Ferramentas tais como a implantação de 5C, sete desperdícios e gestão visual
Utilização de ferramentas que simulam o desempenho do <i>design</i>	Ferramentas de simulação

Tabela 3.5 - Aplicação de “identificar a cadeia de valor” no processo INP  
Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

### 3.3.1.3 Otimizar o fluxo

O produto chave das atividades INP é a informação. Para implementar o princípio do “fluxo” na INP, uma organização deve ser capaz de controlar o fluxo de informação.

O objetivo deve incidir na redução dos atrasos, processo de informação em paralelo sempre que possível, adicionar continuamente informação de valor como atividades de progresso, e eliminar a informação sem valor agregado (Haque and James-Moore, 2004).

Características do processo INP	Ferramentas
Estrutura organizacional e de processo focada na melhoria da integração das funções de INP em vez de apenas funções de coordenação	Gestão de processos e fluxo de valor
	Engenharia simultânea em toda a empresa
	Sistema de fluxo de trabalho integrado com o sistema de gestão de projeto
Programa efetivo de planeamento e controlo	Programa de gestão de processo padronizado e formalizado
	Sistema de gestão de projetos <i>online</i> (gestão visual) que permite a visualização de todas as funções INP e o acesso à informação chave do programa
	Medição ou estimativa do valor ganho
Lotes não excessivos	Criar um critério de urgência
	Trabalho paralelo (EC)
Comunicação e fluxo de dados de informação multifuncional eficazes	Estrutura de divisão de trabalho
	Gestão de configuração
	Controlo formalizado de alterações de <i>design</i>
	Integração de CAD e CAM
	Gestão de dados do produto
Efetivo fluxo de tecnologia em projetos	Engenharia Concorrente
	Integração de equipas de trabalho
	Aquisição de tecnologia formal e processo de implantação

Tabela 3.6 - Aplicação de “Otimizar o fluxo” no processo INP  
Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

### 3.3.1.4 Criar um sistema “pull”

Na introdução de novos produtos o sistema “pull” torna-se tão ou mais importante que o mesmo sistema na implementação *Lean*. É necessária a criação de um plano no qual as atividades de INP, a sua carga de trabalho bem como os seus objetivos sejam baseados nas necessidades das atividades a jusante. A taxa de informação produzida é controlada e fundamentada pela necessidade do cliente, estando disponível e acessível sempre que necessário. Na tabela 3.7 são apresentadas as características necessárias num processo de INP de forma que o valor seja “puxado” pelo cliente.

Características do processo INP	Ferramentas
As atividades são conduzidas através de um plano de programa de estágio (incluindo plano de recursos, plano de comunicação, estruturas de divisão de trabalho e estrutura de divisão de organização), com base nas necessidades dos processos de transformação e dos clientes	Processo de gestão do programa definido multifuncional
	Sistema de gestão do programa online
	Sistema de fluxo de trabalho
	Forte integração de processos
	Engenheiros polivalentes
	Atividade “ <i>pacemaker</i> ”/identificação de processos, e conhecimento de “ <i>takt-time</i> ”
Os fornecedores são responsáveis pelo desenvolvimento de módulos completos, com especificações detalhadas. A empresa concentra-se na funcionalidade do produto, em vez de orientações detalhadas e medidas e características específicas.	Clareza do processo
	Equipas de produto integrados

Tabela 3.7 - Aplicação de “Criar um sistema “pull”” no processo INP  
Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

### 3.3.1.5 Procura pela perfeição

O objetivo passa pela contínua melhoria do fornecimento de valor, ao mesmo tempo que as diversas formas de desperdício são eliminadas, contribuindo para a criação de processos de excelência. A questão chave é a capacidade de continuar a identificar e eliminar desperdício através de um visível sistema de medidas quantitativas. É necessário ter os valores de

referência no lugar certo com base numa análise através das necessidades e capacidades (...) da organização e dos seus sistemas (Haque and James-Moore, 2004).

Características do processo INP	Ferramentas
Processo e infraestrutura organizacional dedicada à transformação <i>Lean</i> e de liderança que permite a revisão e melhoria contínua dos fluxos de valor, produtos e serviços da INP	Medição de desempenho
	Matrizes de avaliação de capacidade de maturidade
Utilização de ferramentas e técnicas que permitem a melhoria contínua sustentável	Compromisso tanto da gestão como dos colaboradores
	Resultados visíveis
	Utilização de ferramentas de avaliação e medidas de desempenho
	Ferramentas simples de gestão visual, tais como quadros de exibição

Tabela 3.8 - Aplicação da “Procura pela perfeição” no processo INP  
 Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

### 3.3.2 Princípios *Lean* específicos ao DP

Khan et al. (2011) afirmam que quando se tentam aplicar os princípios e mecanismos da produção ao DP, existe um conjunto de inconsistências: (i) o valor de saída não é um produto físico recebido pelo cliente, (ii) eliminar desperdício não identifica fraca qualidade; (iii) a ferramenta VSM é baseada na suposição de que já se possuem todos os passos requeridos de valor acrescentado no processo.

Ainda outra suposição colocada pelos mesmos autores é a de que os cinco princípios *Lean* são suficientes para o DP como também o foram para a produção, no entanto, Morgan e Liker (2006) desenvolveram 13 princípios específicos ao DP: (i) Estabelecer a definição de valor para o cliente fazendo a separação entre valor agregado e desperdício; (ii) Continuar o processo de *design* do produto, enquanto houver espaço no projeto para explorar completamente as soluções alternativas; (iii) Criar um fluxo nivelado do processo de desenvolvimento de produto; (iv) Utilizar uma padronização rigorosa para reduzir a

variabilidade, criando flexibilidade e resultados previsíveis; (v) Desenvolver um sistema com um engenheiro chefe para integrar o desenvolvimento de produto do início ao fim; (vi) Organização de trabalho para equilibrar a especialização integração multifuncional; (vii) Desenvolver a competência técnica imponente em todos os engenheiros; (viii) Integrar os fornecedores no sistema de desenvolvimento de produtos; (ix) Construir um sistema de aprendizagem e melhoria contínua; (x) Construir uma cultura para apoiar a excelência e melhoria incansável; (xi) Adaptar a tecnologia para atender às necessidades dos *stakeholders* e dos processos; (xii) Alinhar a organização através de uma comunicação simples e visual; (xiii) Utilizar ferramentas poderosas para a padronização e aprendizagem organizacional.

### 3.4 Desperdício na INP

Na investigação realizada por Haque e James-Moore (2004) através da aplicação dos sete tipos de desperdício do sistema de produção da Toyota, num contexto e processo de engenharia e introdução de produto, foi verificada a necessidade de uma adaptação das categorias existentes para englobar as especificações de um processo de INP. O estudo resultou no desenvolvimento de uma hierarquia de desperdícios que possibilita uma melhor gestão do processo de eliminação de resíduos-alvo. A hierarquia é dividida em três categorias principais, ao nível da estratégia, da organização e das operações, e está representada na tabela 3.9.

Também Ward (1998) se referiu sobre os desperdícios presentes no processo de desenvolvimento de produto, e salientou três principais: i) a dispersão - decorre de mudanças frequentes no modo de executar as atividades, gerando desperdício e perdendo conhecimento adquirido ao longo do processo; ii) a separação entre conhecimento, responsabilidade e autonomia de ação - existem gerentes com responsabilidades sem entenderem de projetos, bem como especialistas a determinarem parâmetros para os projetos mas que não os executam, e operadores de CAD que determinam as formas sem conhecerem a engenharia do produto; iii) o desperdício proveniente de decisões tomadas de forma precipitada - sem conhecimento suficiente dos dados relevantes e de testes adequados.

<b>Categoria</b>	<b>Desperdício</b>	<b>Tipologia</b>
<b>Estratégica</b>	Produção excessiva	Demasiados produtos; demasiados projetos
	Processos impróprios	Processos inapropriados, projetos errados, falha na identificação e gestão do risco do <i>design</i> , tecnologia adquirida mas não utilizada
	Informação com defeito	Pouca compreensão sobre necessidades dos clientes, falta de foco
	Falta de priorização comum em toda a empresa	-
<b>Organizacional</b>	Estrutura organizacional errada	Pouco foco no processo e visibilidade, documentação pouco clara
	Indivíduos inadequados	Fraco desenvolvimento de competências e formação, comportamento impróprio
	Falta de recursos	Falta de um número apropriado de recursos humanos
	Potencial humano inexplorado	Pouca utilização de pessoas, fraca representação das diferentes funções em equipas de projeto, falta de continuidade
	Processo da cadeia de fornecedores inadequados	Pouca gestão da cadeia de fornecedores, falta de conhecimento por parte da cadeia de fornecedores
<b>Operacional</b>	Engenharia excessiva (produção excessiva)	Especificação excessiva - conceção excessiva; falha na otimização do <i>design</i> ; demasiado tempo para os detalhes
	Documentação excessiva (inventário desnecessário)	Detalhes desnecessários; demasiados detalhes;
	Esperas	Espera pelo processo de informação; espera pela informação
	Processos impróprios	-
	Transferência de informação desnecessária	Intervenção manual desnecessária devido à falta de conectividade do sistema; informação transmitida a pessoas erradas; demasiadas interfaces de dados
	Sistemas inadequados	Muitos sistemas; Múltiplas fontes
	Uso inadequado de ferramentas/organização	-
	Falta de apreensão de conhecimento e reutilização	-

Tabela 3.9 - O desperdício no processo INP  
Fonte: Adaptado (Haque and James-Moore, 2004)

Outra menção ao tema é feita por Oppenheim (2004) que defende o sucesso do DPL através da capacidade de identificar e reduzir, ou até mesmo eliminar, o desperdício no processo de desenvolvimento do produto. O mesmo autor esquematizou a classificação do processo através de uma abordagem de quatro autores diferentes, como ilustrado na figura 3.3.

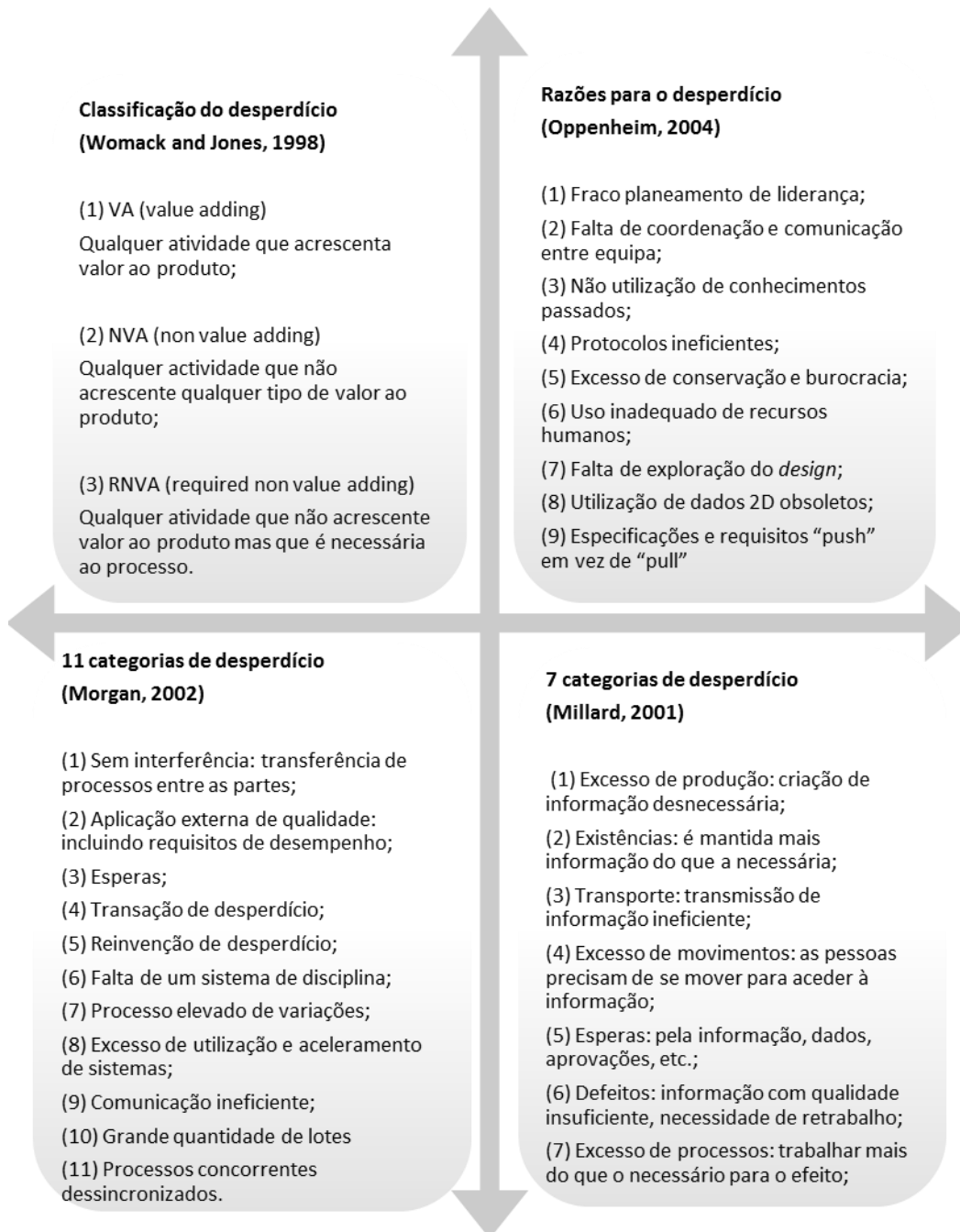


Fig. 3.3 - Caracterização do desperdício no DP  
Fonte: Adaptado (Oppenheim, 2004)

### 3.5 Índice de práticas de suporte ao DPL

O objetivo do DPL é reconhecido por Karlsson e Åhlström (1996) como a identificação dos fatores impeditivos e os fatores de suporte ao processo.

Como elementos de apoio são considerados os seguintes: (i) estreita colaboração com o cliente; (ii) engenheiros com boas competências; (iii) grande comprometimento e apoio por parte da gestão; (iv) reuniões regulares com representantes da administração de diferentes funções.

Os mesmos autores consideram a existência de cinco fatores que dificultam a implementação do DPL: (i) o foco na melhoria do departamento de investigação e desenvolvimento cria dificuldades ao alcance da integração interfuncional; (ii) a engenharia concorrente é paradoxal aos engenheiros individuais; (iii) a coordenação de um projeto *Lean* leva à criação de reuniões demoradas; (iv) os pedidos de especificações detalhadas dos projetos perturbam os projetos visionários; (v) a ambição de manter um relacionamento flexível com os fornecedores ao mesmo tempo que pretendem um conhecimento direto dos custos, obstrui um relacionamento saudável ao processo.

Apesar dos fatores que possam dificultar o processo, o sucesso alcançado pela filosofia *Lean* na área da produção, também pode ser conseguida na área do DP, no entanto, ainda não existe um modelo concreto a seguir. Para combater essa lacuna e de acordo com a bibliografia consultada, foram reunidas um conjunto de práticas e ferramentas *Lean* direcionadas ao DP que posteriormente serão selecionadas de acordo com o seu grau de aplicabilidade ao caso de estudo deste trabalho. A figura 3.4 esquematiza o procedimento referido.

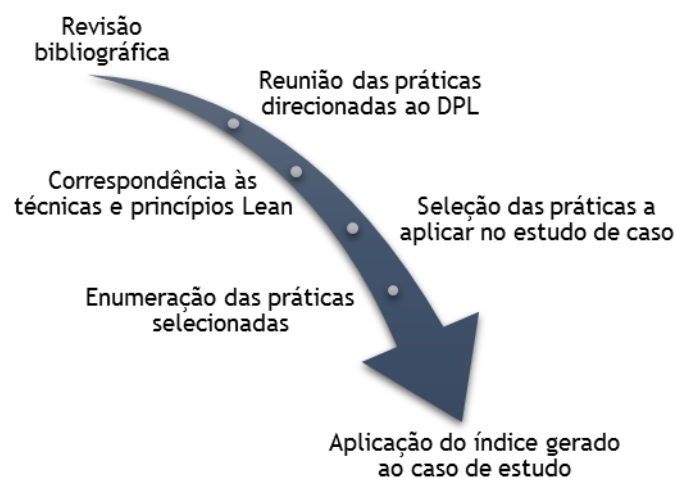


Fig. 3.4 - Esquematização do processo

### 3.5.1 Revisão das práticas existentes

Na tabela seguinte estão representadas as ferramentas e técnicas que auxiliam ao DPL, tendo por base a filosofia *Lean* e por essa mesma razão a criação de valor e eliminação de desperdício. O conjunto destas práticas foi conseguido através da investigação bibliográfica entre os mais referenciados autores, de forma a conseguir reunir todos os elementos consensualmente considerados como essenciais ao processo de DP. Devido ao estreito relacionamento deste processo com a produção *Lean*, cada uma das ferramentas é associada à técnica de produção e princípios *Lean* similares. Desta forma torna-se mais fácil a perceção da diferença entre as abordagens embora estejam intimamente relacionadas.

Práticas ao DPL	Princípios e ferramentas <i>Lean</i> correspondentes
Satisfação dos <i>stakeholders</i> (foco no cliente)	1º Princípio <i>Lean</i>
Redução do TPCT <sup>8</sup>	1º e 4º Princípios <i>Lean</i> ; <i>Takt-time</i> ; <i>SMED</i> ; <i>VSM</i>
Foco no valor (planear e desenvolver)	1º Princípio <i>Lean</i>
Ferramenta FTQ <sup>9</sup>	<i>TQM</i> ; <i>CQZD</i> <sup>10</sup> ; <i>Poka-yoke</i>
<i>Design</i> aplicado a sistemas e componentes chave	1º Princípio <i>Lean</i>
Envolvimento de fornecedores	1º Princípio <i>Lean</i>
Ferramenta QFD	1º Princípio <i>Lean</i> ; <i>TQM</i> ;
Ferramenta DFM	2º Princípio <i>Lean</i> ; <i>SMED</i> ;
Gestão visual (gestão de projetos online)	2º e 3º Princípios <i>Lean</i> ; <i>Kanban</i>
Ferramentas CAD e CAM	2º e 3º Princípios <i>Lean</i>
Simulação da produção e dos processos de suporte	2º Princípio <i>Lean</i> ; <i>SMED</i> ; <i>One-piece-flow</i>
Ferramenta DOE	2º e 3º Princípios <i>Lean</i> ; <i>5Whys</i> ; <i>CQZD</i>
Ferramenta FMEA	2º e 3º Princípios <i>Lean</i> ; <i>Poka-yoke</i> ; <i>CQZD</i>
Ferramenta <i>Pacemaker</i>	2º e 4º Princípios <i>Lean</i> ; <i>Kanban</i> ; <i>One-piece-flow</i>
Engenharia concorrente	3º Princípio <i>Lean</i> ; <i>Kaizen</i>
Divisão de trabalho	3º Princípio <i>Lean</i>
Redução taxa de WIP <sup>11</sup>	3º Princípio <i>Lean</i> ; <i>JIT</i> ; <i>Poka-yoke</i>

<b>Equipas de trabalho multifuncionais</b>	3º e 4º Princípios <i>Lean</i> ; <i>Kaizen</i>
<b>Trabalho padronizado e simultâneo</b>	3º Princípio <i>Lean</i>
<b>Simplificação e organização dos produtos e processos</b>	3º Princípio <i>Lean</i> ; <i>5S</i> ; <i>SW</i> ; <i>Heijunka</i>
<b>Boa comunicação entre equipas</b>	4º Princípio <i>Lean</i>
<b>Supervisão por engenheiros mais experientes</b>	4º Princípio <i>Lean</i> ; <i>Poka-yoke</i> ; <i>Kaizen</i>
<b>Liderança técnica dos engenheiros chefes</b>	4º Princípio <i>Lean</i>
<b>Matrizes de avaliação de capacidades</b>	5º Princípio <i>Lean</i>
<b>Redução dos PPM's<sup>12</sup></b>	5º Princípio <i>Lean</i> ; <i>Poka-yoke</i> ; <i>TPM</i> ; <i>CQZD</i>
<b>Cultura de melhoria contínua</b>	<i>Kaizen</i>
<b>Método Taguchi</b>	<i>CQZD</i> ; <i>Kaizen</i>
<b>Ferramenta PDCA e LAMDA<sup>13</sup></b>	Ciclo <i>Deming</i> ; <i>5Why's</i>
<b>Validação e verificação de componentes, peças e tecnologias em diferentes fases do DNP</b>	<i>TPM</i> ; <i>JIT</i> ; <i>VSM</i>
<b>Uniformização e formalização dos métodos e procedimentos</b>	<i>SW</i> ; <i>Heijunka</i>
<b>Resolução de problemas antecipadamente</b>	<i>TPM</i> ; <i>5Why's</i> ; <i>CQZD</i>

Tabela 3.10 - Práticas de aplicação ao DPL

<sup>8</sup> TPCT: tempo total de ciclo de um produto;

<sup>9</sup> FTQ (First Time Quality): as peças são fabricadas corretamente logo na primeira tentativa, sem necessidade de inspeção, retrabalho ou substituição;

<sup>10</sup> CQZD (Controlo da Qualidade Zero Defeitos): método capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação e controlo das suas causas;

<sup>11</sup> WIP (Work in Progress): qualquer atividade parcialmente terminada que se encontra em diferentes fases do processo;

<sup>12</sup> PPM's: produtos rejeitados/devolvidos por milhão;

<sup>13</sup> LAMDA: método que consiste em olhar, perguntar, modelar, discutir e agir.

### 3.5.2 Seleção das práticas a aplicar ao estudo de caso

Da análise da tabela das práticas de aplicação ao DPL, apresentada anteriormente, torna-se necessário fazer uma seleção das que irão ser aplicadas ao caso de estudo no capítulo seguinte. O processo vai consistir na análise de um produto isoladamente do seu processo de produção e ambiente industrial, razões que levaram à escolha das técnicas selecionadas. Para simplificar o discurso, a cada uma das práticas apresentadas é atribuída uma letra que não representam necessariamente a ordem de aplicação das ferramentas.

Enumeração	Práticas a aplicar
A	Satisfação dos <i>stakeholders</i>
B	Redução do TPCT
C	Ferramenta FTQ
D	Envolvimento de fornecedores
E	Ferramenta DFM
F	Ferramentas CAD e CAM
G	Simulação da produção e dos processos de suporte
H	Ferramenta DOE
I	Engenharia concorrente
J	Divisão de trabalho
K	Equipas de trabalho multifuncionais
L	Boa comunicação entre equipas
M	Supervisão por engenheiros mais experientes
N	Ferramenta PDCA e LAMDA
O	Validação e verificação de componentes, peças e tecnologias em diferentes fases do DNP
P	Trabalho padronizado e simultâneo
Q	<i>Design</i> aplicado a sistemas e componentes chave
R	Simplificação e organização dos produtos e processos

Tabela 3.11 - Índice de práticas *Lean* à aplicação no estudo de caso

## Capítulo 4

---

### Estudo de Caso

## 4. Estudo de Caso

### 4.1. Introdução

O presente capítulo pretende fazer uma análise ao desenvolvimento de uma componente, integrada num sistema de captação de energia solar térmica, patenteado por uma empresa localizada no interior do país que se dedica à investigação e desenvolvimento de projetos. Trata-se de uma componente plástica com um desempenho de funções mecânicas que requer características específicas para o correto cumprimento da sua função.

Uma Start-Up *Lean* pratica desenvolvimento ágil, com origem na indústria de software, significa um trabalho realizado lado a lado com o desenvolvimento do cliente. Ao contrário dos longos anos em que os típicos ciclos de desenvolvimento de produtos pressupunham o conhecimento dos problemas dos clientes e as suas necessidades, o desenvolvimento ágil elimina tempo e recursos desperdiçados pelo desenvolvimento do produto de forma iterativa e incremental (Blank, 2013).

O objetivo deste caso de estudo passa por efetuar uma análise ao produto no seu estado atual e com os requisitos colocados pela organização efetuar as modificações necessárias com o objetivo de eliminar qualquer informação/característica que não agregue valor à função desempenhada pela peça. Essas alterações serão postas em prática tendo por base as ferramentas *Lean* adequadas ao desenvolvimento de produto, enunciadas no capítulo anterior.

### 4.2. Análise do produto atual

Trata-se de um tubo de proteção à exposição solar que roda sobre si mesmo através de um mecanismo de rotação e sensores de temperatura. De acordo com as suas dimensões, são necessárias quatro componentes iguais encaixadas entre si, para formar um tubo completo (1700mm) para um painel. Esse encaixe é feito através de ranhuras presentes no anel localizado na parte inferior do tubo, enquanto na parte superior do mesmo, existe outro anel onde para além das ranhuras também se encontram umas cavidades em todo o seu contorno que vão permitir a ligação ao mecanismo de rotação. As imagens seguintes ilustram a componente e as suas vistas em detalhe.

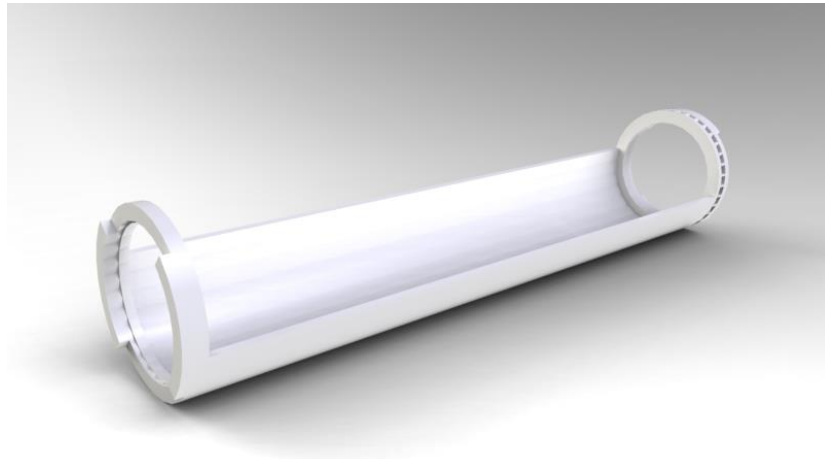


Fig. 4.1 - Vista de perspectiva do produto

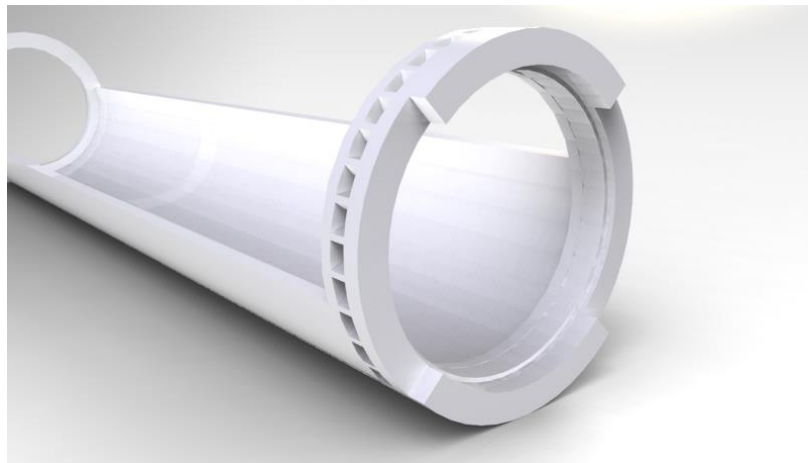


Fig. 4.2 - Vista de detalhe do anel superior

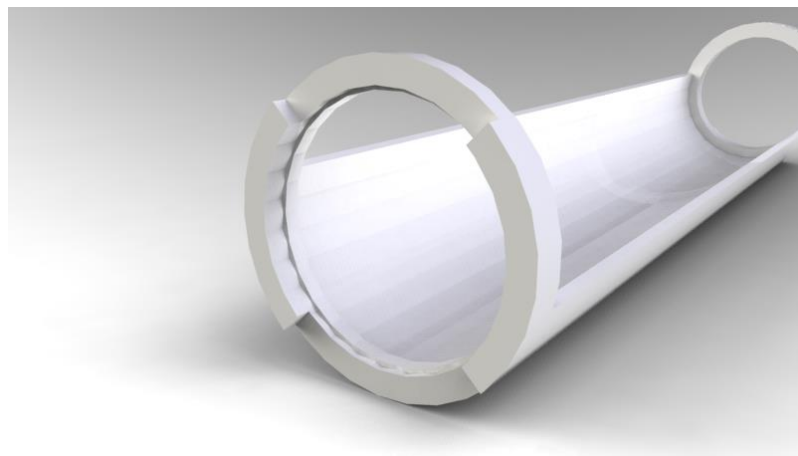


Fig. 4.3 - Vista de detalhe do anel inferior

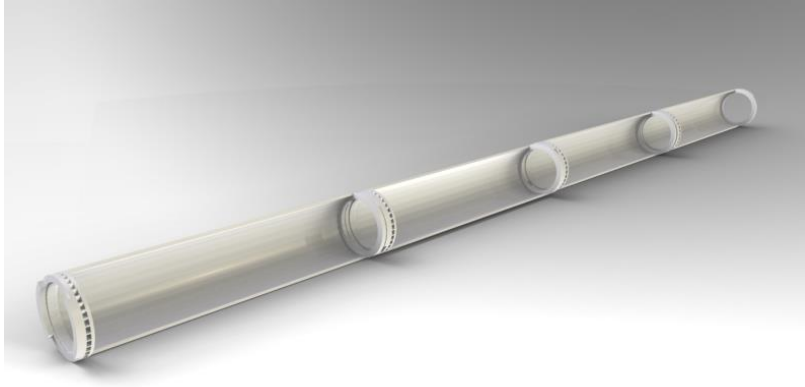


Fig. 4.4 - Encaixe dos 4 módulos

### 4.3. Aplicação do índice de práticas desenvolvido

Como citado no subcapítulo 4.2, foi selecionada uma lista de técnicas *Lean* para aplicação ao produto anteriormente descrito. Durante o processo de desenvolvimento de produto, foram efetuadas algumas modificações que vieram alterar por completo a configuração inicial do tubo de proteção. Todas essas alterações tiveram por base a utilização das práticas selecionadas para o efeito (tabela 3.11), com o objetivo de aumentar a qualidade e o valor do produto, ao mesmo tempo que eram retiradas todas as ações que se mostraram desnecessárias ao processo e que por isso se consideravam desperdício. É importante salientar a importância da cooperação e da ajuda obtida por parte dos colaboradores da empresa no decorrer de todo o processo, o que provou que as práticas J, L e M já se encontravam implementadas na organização, e por conseqüente também em todas as ações executadas durante este estudo.

#### 4.3.1 Alteração de material

Na concepção deste tipo de produtos, a escolha do material a utilizar torna-se um fator decisivo no desempenho da função requerida, nesta situação o ideal seria um material plástico devido à sua leveza e durabilidade. A escolha inicial era o plástico ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) para a realização de um protótipo inicial para efeitos de visualização da peça. No entanto após a análise das características do material, constatou-se que não seria a melhor escolha para o fabrico dos tubos devido ao facto da sua temperatura de fusão ser muito baixa tendo em conta a exposição solar a que o material iria estar sujeito que poderia

ascender aos 100°C. Por essa razão procedeu-se à realização de uma pesquisa de materiais para satisfazerem os requisitos exigidos à situação (prática A).

As principais características a ter em consideração na pesquisa do material a ser utilizado seriam as temperaturas de fusão e as resistências tanto mecânicas como térmicas, devido à função dos tubos de proteção solar. Depois de analisadas várias possibilidades, e do contato com fornecedores do ramo, a escolha final recaiu no plástico PEAD (*Polietileno de Alta Densidade*) devido não só à sua elevada temperatura de fusão mas também às restantes características que permitem uma ótima condição de trabalho com o material. No quadro seguinte são apresentadas algumas características e a diferença entre a escolha inicial (ABS) e o material definitivo para construção (PEAD).

Características	ABS	PEAD
Temperatura máxima de operação	60°C	100°C
Temperatura de fusão	105°C	130°C a 135°C
Resistência ao impacto	Média	Alta
Resistência à radiação	Baixa	Alta

Tabela 4.1 - Quadro comparativo dos plásticos ABS e PEAD

Durante todo o processo de escolha do material foi clara a aplicação de práticas *Lean* direcionadas ao DP, como é o caso da prática A de forma a satisfazer os requisitos de material exigidos à sua função, a prática D quando foi efetuado o contacto com fornecedores para validarem a viabilidade da escolha final, e também foi aplicada a ferramenta DFM (prática E) tendo em conta que todo o processo de escolha teve por base o pensamento na produção do componente.

#### 4.3.2 Alteração de configuração

Após uma breve análise à configuração da peça inicial, constatou-se que a sua extrema complexidade era desnecessária havendo a possibilidade de dificuldades acrescidas nos processos de produção. Tornou-se necessária a simplificação do *design* do tubo de proteção (prática R) com o objetivo de facilitar a produção (prática E). Enquanto na primeira configuração do produto eram necessários quatro módulos do mesmo para formar um tubo de proteção completo para aplicação num painel, depois das alterações necessárias, a quantidade foi reduzida apenas para um tubo completo.

Depois de estudadas algumas possibilidades, o conceito do produto foi alterado para um tubo de proteção constituído por três peças individuais, cada uma com uma função específica, para que no fim de aglomeradas, pudessem garantir a eficiência do produto final. As diferentes peças constituintes do tubo consistem numa calha, num anel superior e num anel inferior, que serão designados por componente X, Y e Z respetivamente.

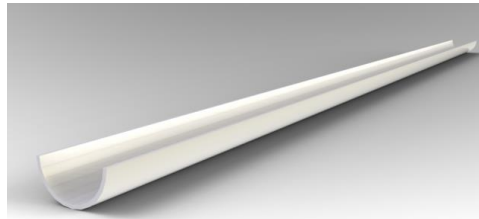


Fig. 4.5 - Componente X

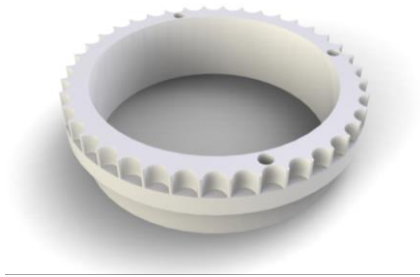


Fig. 4.6 - Componente Y



Fig. 4.7 - Componente Z

O material para a construção de qualquer uma das componentes, é adquirido na forma de tubos de dimensão *standard* diminuindo assim os custos de transformação de material (prática P). Este procedimento foi possível através da cooperação de uma equipa multifuncional que garantia a viabilidade do projeto (prática K).

#### 4.3.2.1 Componente X

A função desta componente é fornecer a proteção das radiações solares a um tubo interior através de mecanismos de rotação e sensores de temperatura, mencionados mais à frente. A aquisição de um tubo de dimensão *standard* dá origem a duas componentes X, basta para isso dividir o tubo longitudinalmente (prática C).

Neste caso deixam de ser necessários quatro módulos da peça inicial para formar um tubo completo, apenas sendo utilizada uma unidade da componente X. É essencial verificar o comprimento do material a adquirir e validar o mesmo com a dimensão exigida (prática O).

#### 4.3.2.2 Componente Y

A componente Y funciona como mecanismo de rotação do tubo, que depois de acionado, roda em torno de si mesmo, e que aglomerado à componente X a faz girar também fazendo então a proteção necessária. É posicionado um anel no início de cada tubo de proteção, por isso apenas é necessário um exemplar por cada tubo completo.

O movimento de rotação é conseguido através das rodas dentadas presentes na superfície da componente. Depois de simular o processo de rotação com a ajuda de programas informáticos (práticas F e G), verificou-se que a configuração inicial não seria viável devido a erros na configuração dos dentes mecânicos. Foram estudadas novas formas de conceção juntamente com elementos de outras áreas funcionais (prática H e K). Seguiram-se sucessivas simulações em CAD para perceção do funcionamento em ambiente real, de forma a garantir o sucesso do mecanismo. A supervisão por parte de um engenheiro experiente na área garantiu a viabilidade da configuração final da componente Y (prática M).

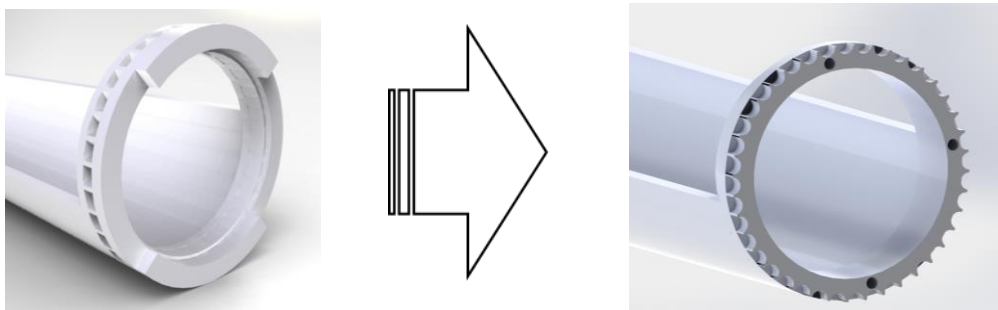


Fig. 4.8 - Ilustração da alteração da Componente Y

As ranhuras presentes no primeiro modelo da peça, deixam de fazer sentido visto já não existir a necessidade de encaixe de vários módulos para formar um tubo completo. Todas estas alterações foram executadas num processo simultâneo de *design* e engenharia (prática I).

#### 4.3.2.3 Componente Z

Esta componente opera como reforço de todo o comprimento da componente X, evitando assim que a mesma se deforme sejam quais forem as condições de operação. São dispostos três exemplares ao longo do tubo, com a mesma distância entre si.

Como o tubo de proteção já não é constituído por quatro módulos de encaixe, foi necessário criar uma solução que mantivesse a resistência ao longo de todo o comprimento do produto. Para além da simplicidade da componente (prática R), as intervenções de manutenção tornam-se menos regulares devido à substituição das ranhuras por peças aparafusadas (prática B). São necessários três exemplares da componente Z, equidistantes ao longo de cada tubo, o que requer qualidade na execução (prática C).

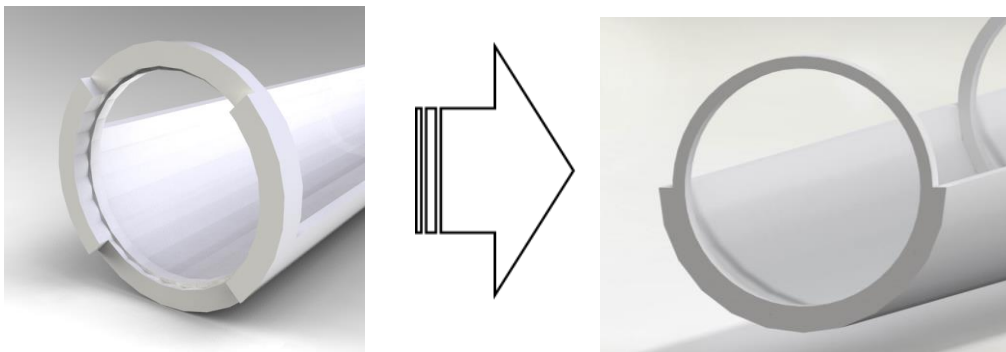


Fig. 4.9 - Ilustração da alteração da Componente Z

Apesar das componentes Z serem aparafusadas à componente X, é indispensável a verificação e se necessária a correção, das componentes em diferentes fases do processo (prática O).

#### 4.3.3 Alteração da posição de sensores

A função de um sensor de posição é fornecer a informação sobre o posicionamento do tubo de proteção, conseguindo assim controlar a funcionalidade do mesmo. Para a correta deteção do sensor, é necessário a colocação de três ímãs próprios na superfície da componente Y.

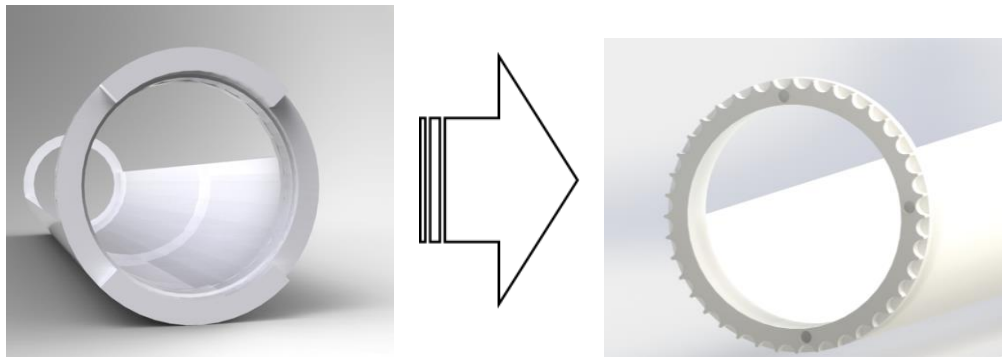


Fig. 4.10 - Ilustração da posição dos sensores na componente Y

Na peça concebida inicialmente, ainda não tinha sido possível a colocação desses mesmos dispositivos devido a erros de configuração. Com as alterações efetuadas ao produto (prática E), essa opção já se torna possível, sendo um elemento chave da componente (prática Q).

#### 4.3.4 Alteração do processo de fabrico

O processo de fabrico inicialmente pensado seria por injeção em molde metálico, devido à configuração da peça e da sua montagem ser feita por módulos de encaixe. No entanto ainda não existia nenhuma ideia criada acerca da estrutura do molde, o que se tinha revelado uma tarefa difícil. Devido à divisão da conceção do produto por três componentes distintas, o processo de fabrico tornou-se uma tarefa mais fácil de conceber. As possibilidades recaíam sobre injeção em molde ou processo de maquinação.

Na altura da investigação, o objetivo da organização era o fabrico de um projeto-piloto do sistema, tornando-se mais vantajoso, economicamente, o processo de maquinação de peças. Esta conclusão pode ser esclarecida através da compreensão da figura 4.11 na qual é possível verificar que para o processo de injeção em molde ser economicamente viável deveria existir a produção de uma considerável quantidade de componentes.

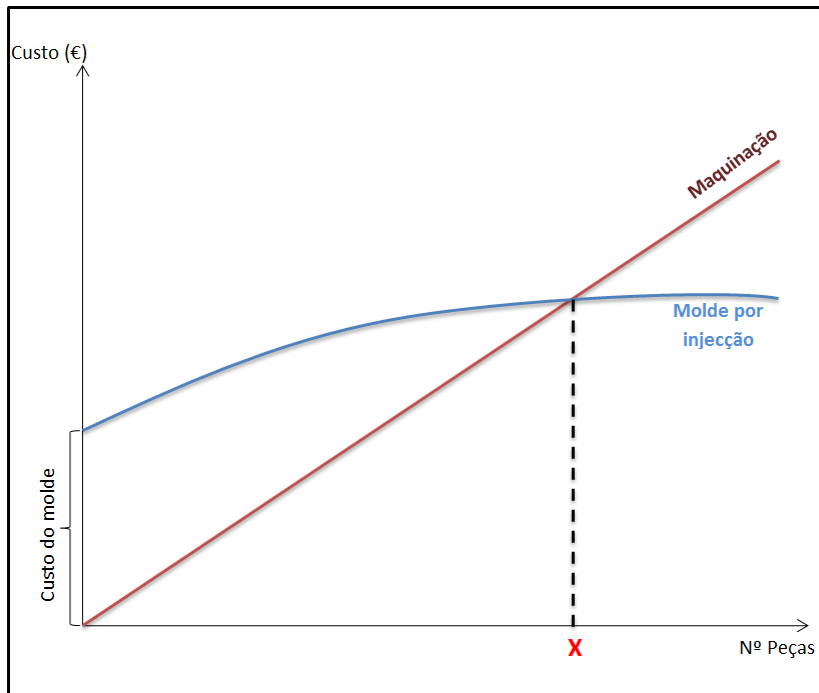


Fig. 4.11 - Gráfico de comparação entre processos de fabrico

Com a escolha pelo processo de maquinação, o tempo total de fabrico das peças é reduzido (prática B) muito devido ao facto de apenas a componente Y necessitar desse processo. As três componentes constituintes do tubo de proteção são originadas a partir da aquisição de tubos *standard* que apenas necessitam de ser cortados nas medidas adequadas (práticas D e P). Depois desse processo, apenas a componente Y necessita de intervenções de maquinaria, para o fabrico das entradas para as rodas dentadas (prática E).

#### 4.4. Análise de resultados

A aplicação de práticas *Lean* específicas ao DP torna-se numa ferramenta de grande importância, podendo chegar a alterar por completo um produto, como foi verificado neste capítulo. Na tabela 4.2 é apresentada uma síntese das alterações efetuadas ao produto bem como as práticas inerentes a essas mesmas alterações.

Tipo de alteração	Alterações efetuadas	Práticas utilizadas
Material	De ABS para PEAD	A; D; E
Configuração	Componentes X, Y e Z	B; C; E; F; G; H; I; K; M; O; P; R
Sensores de posição	Colocação de três ímanes	E; Q
Processo de fabrico	De Molde por injeção para Maquinação	B; D; E; P

Tabela 4.2 - Síntese das alterações ao estudo de caso

O objetivo da aplicação das práticas *Lean* neste caso de estudo baseava-se na eliminação de todas as atividades e/ou informações que não agregassem qualquer tipo de valor ao produto. Por outro lado, existiram alterações que vieram aumentar a qualidade do projeto, de acordo com a função que iria desempenhar em ambiente real. Embora o processo analisado se centre no DP, qualquer intervenção estava intimamente ligada ao processo de produção a que iria ser sujeito. Por essa razão, diversos autores defendem a aplicação de práticas *Lean* desde a conceção até à produção.

Neste caso de estudo, o produto final assume uma configuração completamente diferente daquela que tinha sido concebida apenas por intuição e senso comum. Na figura 4.12 está representada a evolução do produto durante o todo processo.

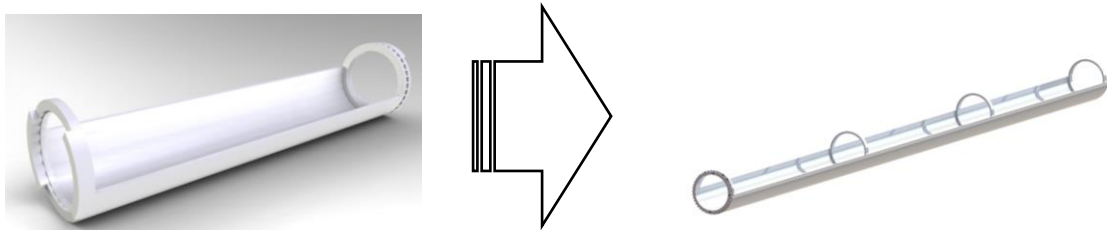


Fig. 4.12 - Ilustração da alteração do produto



## **CAPÍTULO 5**

---

### **Conclusões**

## 5. Conclusões

O objetivo de comprovar a aplicabilidade do pensamento *Lean* no desenvolvimento de produtos foi alcançado. Através da pesquisa bibliográfica foi possível verificar que o assunto ainda não está completamente referenciado e que a informação existente não especifica qualquer ferramenta de aplicação a estes processos. No entanto, e com base na mesma investigação, foi desenvolvido um índice de práticas *Lean* específicas ao processo de DP.

O índice desenvolvido neste trabalho cumpriu o objetivo de se mostrar adequado na ajuda ao processo de DP, e de possível aplicação em qualquer uma das fases do mesmo. Para comprovar essa mesma situação, foi apresentado um caso de estudo que consistia na aplicação do índice de práticas *Lean* no desenvolvimento de uma componente integrada num sistema de captação de energia solar térmica.

O estudo de caso apresentado permitiu verificar a aplicação do processo durante as várias fases de desenvolvimento, e a eliminação de atividades que não agregavam qualquer tipo de valor ao produto. Sendo apresentadas todas as modificações efetuadas à componente em estudo, foi possível concluir-se a alteração, quase na totalidade, da configuração do produto final, bem como a melhoria no desempenho da sua função.

Uma das limitações que foram encontradas na realização deste trabalho foi a escassez de informação dedicada a este tema específico, havendo por outro lado uma grande quantidade de conhecimento relativamente ao processo de produção *Lean*. Este aspeto veio dificultar e até restringir a base de fomentação ao desenvolvimento do índice proposto.

Como trabalho futuro propõe-se a melhoria do índice desenvolvido possibilitando o constante aumento de qualidade dos produtos, e a contínua eliminação das atividades/informações sem valor agregado ao mesmo.

## Referências bibliográficas

Blank, S. (2013). Why the LEan Start-Up Changes Everything. Harvard Business Review: Turn a Great Idea into a Great Business, May, P.65-73.

Braglia, M., Carmignani, G., and Zammori, F. (2006). A new value stream mapping approach for complex production systems. International journal of production research 44, 3929-3952.

Chase-Jacos-Aquilano (2005). Operations Management for Competitive Advantage, 11th edition. The McGraw-Hill Companies, 470-495.

Chen, L., and Meng, B. (2010). The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production System. International Journal of Business and Management 5, P203.

Clark, K. B., and Fujimoto, T. (1991). Product development performance. Library of congresso cataloging-in-publication data, Cap.1, P. 1- 17.

Collis, J. e Hussey, R. (2009) Business Research: a practical guide for undergraduate and postgraduate students. 3rd ed, Capter 1, Palgrave Macmillan.pp. 03-17.

Cottyn, J., et al. (2011). A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. International Journal of Production Research, 49:14, 4397-4413.

Doolen, T. L., and Hacker, M. E. (2005). A review of Lean assessment in organizations: Na exploratoy study of Lean practices by electronics manufacturers. Journal of manufacturing systems, Vol.24, No.1.

Formoso, C. T., et al. (2007). An exploratory study of the applicability of process transparency in construction sites. Journal of Construction Research, Vol.3, No.1.

Gautam, N., and Singh, N. (2008). Lean product development: Maximizing the customer perceived value through design change (redesign). Int. J. Production Economics 114, 313-332.

Ghinato, P. (1996). Sistema Toyota de produção: mais do que siplesmente just-in-time. Division of Systems Science, P.169-189.

Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª Edição, São Paulo, Atlas.

Haque, B. & James-Moore M. (2004). Applying lean thinking to new product introduction. *Journal of Engineering Design*,15:1, P.1-20.

Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, Vol.27, P.233-249.

Holweg, M. (2007). The geneology of Lean production. *Jornal of operations management* 25: 420-437.

Houshmand, M. and Jamshidnezhad, B. (2006). Na extended modelo of design process of lean production systems by means of process variables. *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol.16, P.1-16.

Karlsson, C. and Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.16, No.2, P.24-41.

Karlsson, C. and Åhlström, P. (1996). The difficult path to Lean product development. *J. Prod. Innov. Manag.*

Khan, M. S. et al. (2011). Towads lean product nad process development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.

Larman, C., and Vodde, B. (2009). *Lean Primer*. Version 1.5.

Liker, J. K. (2004). *The Toyota way*. McGraw-Hill.

Lixia, C., and Bo, M. (2010). Research on the five-stage method for Chinese enterprises to implement lean production (IEEE).

Lorenzo, I. A. e Martins, R. A. (2006). Discussão sobre a medição de desempenho na Lean construction. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil. Acedido em 14 de Agosto de 2013, em: [http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/505.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf).

Locher, D. A. (2008). *Value stream mapping for Lean development - A how-to guide for streamlining time to market*. CRC Press- Taylor e Francis Groupe.

Melton, T. (2005). THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): 662-673

Mohanty, R., Yadav, O., and Jain, R. (2007). Implementation of lean manufacturing principles in auto industry. *Vilakshan-XIMB Journal of Management*, 1-32.

Morgan, J. M. and Liker, J. K. (2006). The Toyota product development system: integrating people, process and technology. Productivity Press, New York.

Nash, M. A. and Poling, S. R. (2008). Mapping the total value stream - A comprehensive guide for production and transactional processes. CRC Press - Taylor e Francis Groupe.

Nogueira, M. G. S. (2007). Proposta de método para avaliação de desempenho de praticas da produção enxuta - ADPPE. Dissertação de mestrado em Engenharia da Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Oppenheim, B. W. (2004). Lean Product Development Flow. Systems Engineering, Vol.7, No.4, P.352-376.

Panizzolo, R. (1998). Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management. Int. J. Production Economics, Vol.55, P.233-240.

Picchi, F. A. (2003). Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Vol.3, No.1, P.7-23.

Pinto, J. P. (2009). Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras. 2ª Edição, Lidel.

Pinto, A. e Soares, I. (2010). Sistemas de gestão da qualidade - guia para a sua implementação. Edições Sílabo. Lisboa.

Saurin, T. A. and Ferreira, C. F. (2008). Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. Gest. Prod., São Paulo, Vol.15, No.3, P.449-462.

Shahin, A. and Janatyan, N. (2010). Group Technology (GT) and Lean Production: A conceptual model for Enhancing Productivity. International Business Research, Vol.3, P.105.

Silva, E. L., e Menezes, E. M. (2005). Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4ª Edição, UFSC, Florianópolis.

Simmons, L., Holt, R., Dennis, G., and Walden, C. (2010). Lean Implementation in a Low Volume Manufacturing Environment: a Case Study.

Smith, R., and Hawkins, B. (2004). Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share. Elsevier Butterworth-Heibemann.

Spear, S., and Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. Harvard Business Review, 98.

Suzaki, K. (2010). Gestão de operações Lean - metodologias kaizen para a melhoria contínua. Lean Op. Mansores.

Tan, O. K., and Rasli, A. (2011). Prediction of New Product Development (NPD) Performance in Research and Development (R&D) Company. IPEDR, Vol.19, P.192-200.

Ward, A. (1998). Another look at how Toyota integrates product development. Harvard business review, Vol.76, No.4, Jul-Aug, P.36-50.

Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster. Sydney.

Womack, J. P., Jones, D. T. e Ross, D. (2007). The machine that changed the world - How Lean production revolutionized the global car wars. Simon & Schuster. Sydney.

Yin, R. K. (2003). Estudo de caso: Planejamento e métodos. 2ª Edição, Bookman, São Paulo.