

NÚMERO ESPECIAL | 2015
ISSN 2183-0940

REVISTA TMQ

TECHNIQUES, METHODOLOGIES AND QUALITY

NÚMERO ESPECIAL - ABORDAGENS LEAN

EDITOR CONVIDADO

VIRGÍLIO CRUZ MACHADO

Universidade Nova de Lisboa

EDITORES

ANTÓNIO RAMOS PIRES

Instituto Politécnico de Setúbal

MARGARIDA SARAIVA

Universidade de Évora

ÁLVARO ROSA

ISCTE-IUL



REDE DE
INVESTIGADORES
DA QUALIDADE



FICHA TÉCNICA:

Título: TMQ, Número Especial, 2015 – Abordagens Lean

ISSN: 2183-0940

APQ – Associação Portuguesa para a Qualidade

Pólo Tecnológico de Lisboa

Rua Carlos Alves N.3

1600-515 Lisboa

Tel. 214 996 210

Fax. 214 958 449

e-mail: tmq@apq.pt

www.apq.pt

TMQ – TECHNIQUES, METHODOLOGIES AND QUALITY

TMQ, Número Especial, 2015 – Abordagens Lean

ISSN: 2183-0940

Managing Editors: António Ramos Pires, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal
Margarida Saraiva, Universidade de Évora, Portugal
Álvaro Rosa, ISCTE-IUL, Portugal

Reviewers: António Ramos Pires, Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal
Margarida Saraiva, Universidade de Évora, Portugal
Álvaro Rosa, ISCTE-IUL, Portugal
Virgílio Cruz Machado, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Editorial Board: Álvaro Rosa, ISCTE-IUL
Luís Lourenço, Universidade da Beira Interior
Margarida Saraiva, Universidade de Évora
Patrícia Moura e Sá, Universidade de Coimbra
Paulo Sampaio, Universidade do Minho

AUTORES

Alexandra B. Tenera, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Ana Paula Barroso, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

António Mourão, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

César Gonçalves, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve

Cláudia Sarrico, ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa

Diana de Almeida, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Helena Carvalho, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Helena V. G. Navas, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

João Pedro Domingues, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

José Dias, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

José Requeijo, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Juan José Tarí, Department of Business Management, University of Alicante

Kelly Zanon De Bortoli Pisoni, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Santo Ângelo

Maria do Rosário Cabrita, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Mariano García-Fernández, Department of Business Management, University of Alicante

Marisa Monteiro, ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa

Miguel Carneiro, Portuguese Air Force

Pedro Salvada, Portuguese Air Force

Rui M.F. Dias, Equipar – A&I – Grupo Amorim

Sofia Quintaneiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), da Universidade Nova de Lisboa (UNL)

Virgílio Cruz Machado, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Virgínia Helena Machado, UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

The TMQ publication is a peer-reviewed and publicly available journal.

TMQ is available online at <http://publicacoes.apq.pt>. TMQ is a Registered Trademark of APQ – Associação Portuguesa para a Qualidade.

TMQ is also listed and available online in **Latindex** - Regional System of online Information for scientific research journals in the countries of Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal.

Disclaimer: APQ or its representatives are not responsible for any error(s), validity of data/conclusion(s) or copyright infringements in any article published in this journal. Author(s) is/are solely responsible for the entire contents of the paper published in the journal.

Índice

Editorial	12
------------------	----

Sistema Toyota de Produção: um ensaio teórico sobre a filosofia que está revolucionando as organizações

Kelly Zanon De Bortoli Pisoni

1. Introdução	15
2. Metodologia	15
3. Revisão de Literatura	16
3.1. Sistema Toyota de Produção	16
4. Análise crítica	21
5. Considerações finais	22

Reducing production costs by applying Lean Six Sigma Methodology: A case study

João Pedro Domingues//José Requeijo//Maria do Rosário Cabrita

1. Introduction	26
2. Lean Six-Sigma Benefits	28
3. DMAIC Methodology	29
4. Case Study	31
Define	31
Measure	34
Analyze	35
Improve	37
Control	41
5. Conclusions	42

Manutenção *Lean* - Seleção multicritério de indicadores de desempenho

César Gonçalves//José Dias//Virgílio Cruz-Machado

1. Introdução	48
2. Manutenção <i>Lean</i>	50

3. Seleção de Indicadores Chave de Desempenho	53
3.1. Metodologia Proposta	56
4. Caso de Estudo - Aeroporto	58
4.1. Análise de Resultados	60
5. Conclusões	61

The lean thinking application in aircraft maintenance

Pedro Salvada//Miguel Carneiro//António Mourão

1. Introduction	66
2. Getting Started with the "Lean Technics" in the Air Force	66
3. "Lean Technics"	70
3.1. Origins and Evolution	70
3.2. Value Stream Mapping	71
3.3. Rapid Improvement Events	71
3.4. A3-PDSA	72
3.5. 6S (5S+1)	74
3.6. Visual Management	74
3.7. Kanbans	75
3.8. Standard Working Instructions	76
4. Challenges and Results	76
4.1. F-16 Implementation	76
4.2. Epsilon Implementation	79
5. Conclusions	83

Lean Seis Sigma na melhoria contínua de um Sistema Logístico de Produção

Sofia Quintaneiro//Alexandra B. Tenera

1. Introdução	87
2. Modelo LSS para a melhoria contínua de um sistema logístico de produção	88
3. Implementação do modelo proposto	90
3.1. Fase I – Caracterização do estado atual: <i>Value Stream Mapping</i>	91
3.2. Fase II – Identificação de oportunidade de melhoria	93
3.3. Fase III – Proposta de melhorias	94
4. Conclusões do estudo	103

O impacto do *lean thinking* nos colaboradores dos serviços de saúde – aplicação ao atendimento permanente de um Hospital português

Marisa Monteiro//Cláudia Sarrico

1. Introdução	108
2. Revisão da literatura	109
2.1. Lean thinking	109
2.2. <i>Lean</i> nos serviços de saúde	113
2.3. <i>Lean</i> nos serviços de urgência	114
2.4. Os efeitos do <i>lean</i> nos colaboradores dos serviços de urgência	117
3. Metodologia	119
4. Recolha, tratamento e análise de dados	121
4.1. Projeto “O Cliente no Centro da Mudança”	121
4.2. Questões de pesquisa	122
5. Conclusões e investigação futura	133

Índice para avaliação do grau de implementação de práticas de gestão *Lean*

Diana de Almeida//Helena Carvalho//Virgínia Helena Machado//Ana Paula Barroso

1. Introdução	143
2. O paradigma <i>Lean</i>	144
2.1. Sistema de produção <i>Lean</i>	145
3. Metodologia de desenvolvimento de índices	148
4. Desenvolvimento do índice <i>Lean</i>	149
4.1. Base de dados	149
4.2. Análise de resultados	151
5. Conclusão	155

Systematic Innovation in a Lean Management Context

Helena V. G. Navas//V. Cruz Machado

1. Introduction	159
2. Innovation in Lean with TRIZ	160
3. TRIZ Plus Approach for Lean Philosophy	161
4. TRIZ's Substance-Field Analysis in Lean Environment	164
5. Conclusion	169

The influence of quality management on social practices

Juan José Tarí//Mariano García-Fernández

1. Introduction	172
2. Review of the literature	174
3. Methodology	177
3.1. Measures	178

4. Results	179
4.1. Research Question 1	179
4.2. Research Question 2	181
5. Conclusions	184

CORK + - Um Programa de Desenvolvimento de Equipas

Rui M.F. Dias

1. Introdução	193
2. Kaizen – Uma metodologia de Melhoria Contínua	196
3. Caso de Estudo – CORK + - Programa de Melhoria de Equipas	198
3.1. Apresentação da empresa	198
3.2. Kaizen na Amorim & Irmãos	199
3.3. CORK + - Programa de Desenvolvimento de Equipas	201
3.4. Alguns indicadores do programa Cork +	210
Conclusão	211

Editorial

ANTÓNIO RAMOS PIRES
antonio.pires@estsetubal.ips.pt

MARGARIDA SARAIVA
msaraiva@uevora.pt

ÁLVARO ROSA
alvaro.rosa@iscte.pt

Este número especial sobre as abordagens *Lean* é o pioneiro na vida da revista porque é o primeiro número com a coordenação de um Editor Convidado. Esperamos que brevemente outros números especiais possam também ser editados.

A envolvente competitiva apresenta muitas pressões para resultados impactantes de curto prazo. As abordagens *Lean* respondem a esta necessidade e expectativa da gestão das organizações.

Algumas das realizações mais identificadoras da qualidade em geral são por vezes identificadas apressadamente como burocráticas e com pouco valor acrescentado, o que cria também um clima favorável ao aparecimento de outras abordagens. Sem querermos aprofundar este tema, o movimento da qualidade necessita refletir sobre as novas realidades decorrentes da concorrência, da evolução técnica e científica e das mutações sociais e económicas a nível global.

A perspetiva multi e interdisciplinar adotada pela TMQ acolhe muito favoravelmente os contributos de novas e renovadas técnicas e abordagens que contribuem significativamente para uma nova visão e novo entendimento do movimento da qualidade.

Continuamos a esperar que 2016 traga alguns desenvolvimentos importantes em termos de revistas associadas. Acreditamos que o alojamento no mesmo *site* de outras revistas de carácter técnico e científico aumentará a visibilidade da revista TMQ.

Este número oferece importantes trabalhos de aplicação das metodologias *Lean*, desde a redução de custos na produção, na melhoria contínua da logística, na manutenção, em hospitais, até à melhoria das equipas, à sustentabilidade dos negócios e à inovação sistemática. Outros artigos abordam ainda o Sistema Toyota de Produção como precursor destas abordagens, aplicações no setor social da economia, e a avaliação do grau de implementação da gestão *Lean*.

O *site* que acolhe a TMQ continua a ser melhorado. Este mesmo *site* já disponibiliza todos os números da Revista Qualidade desde 2001, num total de 58 números, aumentando assim o conjunto da informação disponível, como já tínhamos anunciado.

O esforço de divulgação da TMQ no espaço latino-americano continua, o que se traduz no aumento da lista de divulgação que tem vindo a aumentar de forma significativa.

Renovamos os nossos votos para que esta iniciativa editorial contribua para um maior contacto entre os interessados/investigadores e os profissionais das áreas profissionais relacionadas, bem como para reforçar o suporte científica da qualidade e áreas afins.

Relembramos que o *site* continua aberto à publicação de Estudos, Relatórios de Projetos, bem como de Livros e Manuais Técnicos.

Para terminar, não poderíamos deixar de agradecer a todos os autores que tornaram possível este número. E um especial agradecimento ao Editor Convidado, responsável pela coordenação e revisão deste número.

Nota Final: Sendo a TMQ uma revista em formato digital, relembramos que os autores podem enviar os seus abstracts ou propostas de comunicação de forma permanente (ver instruções para publicação em <http://publicacoes.apq.pt>, não necessitando de esperar pelos Calls for Papers.

O Editor Coordenador

António Ramos Pires

Sistema Toyota de Produção: um ensaio teórico sobre a filosofia que está revolucionando as organizações

Kelly Zanon De Bortoli Pisoni

kellydebortoli@hotmail.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões –
URI Santo Ângelo

Resumo:

O objetivo principal do presente artigo é analisar a forma de atuação do Sistema Toyota de Produção e do Lean Thinking a partir da reunião de seus principais conceitos, que serão abordados no decorrer do trabalho. A Filosofia Lean sustenta suas estratégias de trabalho na melhoria dos processos em busca de uma maior produtividade nas operações industriais. Os princípios da Filosofia Lean, desenvolvidos no Sistema Toyota de Produção compreendem, em sua atuação, a redução máxima dos estoques de produtos e componentes e a constante busca pela melhoria contínua dos processos através da eliminação de desperdícios por toda a empresa. Essa filosofia de produção tem conquistado espaço nas empresas por todo o mundo ao longo dos últimos anos e hoje é utilizada por muitas indústrias que enxergam nela oportunidades de melhoria. A metodologia utilizada no presente artigo foi o ensaio teórico seguido de pesquisa bibliográfica. Pôde-se perceber, com o conteúdo explanado que a produção enxuta pode ser considerada como uma forma de agregar valor ao processo produtivo, uma vez que alinha as ações, realizando-as de maneira eficaz e sem interrupção, fazendo com que o processo seja conduzido a produzir cada vez mais com cada vez menos.

Palavras-chave: Lean Thinking, melhoria contínua, processos, Sistema Toyota de Produção

Abstract:

The main objective of this paper is to analyze the performance of the Toyota Production System and Lean Thinking from the meeting of its main concepts that will be discussed during the work. The Lean Philosophy sustains their work strategies on improving processes in pursuit of greater productivity in industrial operations. The principles of Lean Philosophy, developed the Toyota Production System include in its operations, the maximum reduction of inventories of products and components and the constant quest for continuous process improvement through the elimination of waste throughout the company. This production philosophy has become increasingly more in businesses all over the world over the past few years and is now used by many industries who see in it opportunities for

improvement. The methodology used in this article was followed by testing the theoretical literature. We could notice, with content explained that lean production can be regarded as a way of adding value to the production process, since aligns actions, performing them effectively and without interruption, causing the process to be conducted to produce ever more with ever less.

Keywords: Lean Thinking, continuous improvement, processes, Toyota Production System

1. Introdução

Reduzir custos operacionais, aumentar a produtividade e a qualidade de produtos e serviços são hoje os principais objetivos das organizações. Com o objetivo de promover a melhoria contínua em seus processos, as empresas estão buscando novas alternativas de gerenciamento de seus processos.

A Filosofia Lean, que tem como base as ferramentas e técnicas do Sistema de Produção Enxuta sustenta suas estratégias de trabalho na melhoria dos processos em busca de uma maior produtividade nas operações industriais.

Os princípios da Filosofia Lean, desenvolvidos no Sistema Toyota de Produção compreendem, em sua atuação, a redução máxima dos estoques de produtos e componentes e a constante busca pela melhoria contínua dos processos através da eliminação de desperdícios por toda a empresa. Essa filosofia de produção tem conquistado espaço nas empresas por todo o mundo ao longo dos últimos anos e hoje é utilizada por muitas indústrias que enxergam nela oportunidades de melhoria.

O presente trabalho trará uma abordagem conceitual e histórica do Sistema Toyota de Produção, bem como de suas principais ferramentas e técnicas, afim de ampliar os conhecimentos acerca do assunto.

O objetivo principal do presente artigo é analisar a forma de atuação do Sistema Toyota de Produção e do Lean Thinking a partir da reunião de seus principais conceitos, que serão abordados no decorrer do trabalho.

2. Metodologia

A metodologia utilizada no presente artigo foi o ensaio teórico, pois trata-se de uma apresentação de referenciais teóricos e interpretação acerca do tema abordado. De acordo

com Severino (2000), um ensaio teórico consiste na exposição lógico-reflexiva com ênfase na argumentação e interpretação pessoal.

Para Lakatos e Marconi (2011) o ensaio teórico apresenta argumentos favoráveis ou contraditórios a uma opinião. Inicialmente, enfoca-se um dado argumento e depois os fatos que possam prová-lo ou refutá-lo.

A metodologia também se desenvolve seguindo a linha da pesquisa bibliográfica de cunho exploratório e teórico, que busca instrumentos de análise em obras bibliográficas, bem como o entendimento a cerca do tema proporciona maior compreensão, resultando numa melhor avaliação de dados.

A pesquisa bibliográfica segundo Gil (2010), trata de pesquisa com base em material já publicado. Tradicionalmente, essa modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos.

Diante disso, autores considerados referência no tema abordado serviram como a base referencial deste trabalho.

3. Revisão de Literatura

3.1. Sistema Toyota de Produção

A Toyota Motor Corporation, baseada no conceito da Filosofia Enxuta, oferece um relevante exemplo de uma gestão bem sucedida. Há 50 anos, a Toyota tem continuamente melhorado a sua versão de gestão enxuta, colocando em prática o lema "Toyota Production System (TPS)", que a transformou em líder no mercado automotivo, frente às rivais DaimlerChrysler, Ford e General Motors (SHINGO, 1996).

Womack, Jones e Roos (1992) ressaltam que grandes mudanças do cenário mundial no setor industrial advêm das empresas automobilísticas. Os novos modelos de gestão da produção desenvolvidos e aplicados no Japão surgiram a partir de um conjunto de inovações que a Toyota vinha aplicando e testando desde a metade do século passado.

Com o sucesso alcançado nas indústrias automobilísticas do Japão, a Filosofia é divulgada e aplicada pelas indústrias do ocidente. Os resultados são visíveis e as empresas do ocidente sentem a necessidade de se tornarem mais competitivas. Com isso, passam a

adotar as práticas do Sistema Toyota de Produção. (PANIZZOLO, 1998 apud MACEDO e POSSAMAI, 2013).

O Sistema Toyota de Produção tem como proposta atingir o maior índice de produtividade, entregando somente o necessário ao mercado, no modelo solicitado e no tempo certo, eliminando assim estoques intermediários e produtos acabados (MONDEN, 1998 apud MACEDO e POSSAMAI, 2013).

Krafcik (1988) apud Macedo e Possamai (2013) denominou este novo sistema de produção como *Lean Production* (Produção Enxuta), com a finalidade de fazer frente ao único modelo existente então conhecido como produção em massa. Para Ohno (1988), este novo modelo teve origem na necessidade de sobrevivência do setor automobilístico de oferecer carros eficientes para um mercado pouco consumista comparado a outros países no final da segunda guerra mundial.

3.1.1 Lean Thinking (Mentalidade Enxuta)

De acordo com o Lean Institute Brasil, o termo “lean” surgiu no final da década de 80 em um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre a indústria automobilística mundial. A pesquisa revelou que a Toyota havia desenvolvido um novo e superior paradigma de gestão nas principais dimensões dos negócios (manufatura, desenvolvimento de produtos e relacionamento com os clientes e fornecedores).

Naquela época, a montadora não estava nem entre as dez maiores do mundo. Em 2009, a Toyota tornou-se a maior em volume de vendas, acumulando uma vitória atrás da outra ao longo dessas décadas, mostrando as vantagens e benefícios do sistema que desenvolveu. Contudo, esse conceito não se trata de um conceito exclusivo da Toyota, pois pode ser aplicado por empresas de qualquer negócio e em qualquer país ou região. Deve ser visto como um sistema de gestão para toda a empresa. (LEAN INSTITUTE BRASIL)

Lean Thinking (ou Mentalidade Enxuta) é uma filosofia e uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos da empresa. A gestão lean visa fornecer, de forma consistente, valor aos clientes com os custos mais baixos (PROPÓSITO), identificando e sustentando melhorias nos fluxos de valor primários e secundários (PROCESSOS), por meio do envolvimento das pessoas qualificadas, motivadas e com iniciativa (PESSOAS). O foco da implementação deve estar nas reais necessidades dos negócios e não na simples aplicação das ferramentas lean.

(LEAN INSTITUTE BRASIL)

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), John Krafcik chamou o sistema de enxuto em função da redução de tudo em relação à produção em massa: menos esforço dos funcionários, menos espaço para a fabricação, menos investimento em ferramentas, menos tempo em planejamento, estoques menores no local de fabricação, menos fornecedores, além da redução de defeitos, com uma maior variedade de produtos.

O que rege a abordagem Lean é o pensamento de que “é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos recursos... e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam” (Womack e Jones 1996, pág. 3).

O Lean Institute Brasil destaca que as práticas da Filosofia Lean envolvem a criação de fluxos contínuos e sistemas puxados - baseados na demanda real dos clientes - desde as matérias-primas até os produtos acabados - e o desenvolvimento de produtos que efetivamente sejam soluções do ponto de vista do cliente.

Ainda de acordo com o Lean Institute Brasil, os resultados obtidos normalmente implicam em um aumento da capacidade de oferecer os produtos que os clientes querem, na hora em que eles necessitam, aos preços que estão dispostos a pagar, com custos menores, qualidade superior e *lead times* (tempo requerido para um produto se movimentar por todas as etapas de um processo, desde o início até o fim) mais curtos, garantindo, assim, maior rentabilidade para o negócio.

Azevedo, Barros Neto e Nunes (2010, p. 5) apud Vasconcelos, Neto e Viana (2013) reafirmam que a produção enxuta consiste na “eliminação do desperdício em toda e qualquer área da produção, inclusive relações com clientes, desenho de produtos, rede de fornecedores e administração da fábrica”.

Meirelles (2007, p. 82), defende que o Sistema de Produção Enxuta afastou-se das características da organização do trabalho da produção em massa de Ford, “sendo em grande parte responsável pela disseminação do trabalho em equipe, da flexibilidade da força de trabalho e da aproximação do trabalhador operacional aos assuntos relacionados à gestão”.

De acordo com Ferreira (2004) o sistema de produção enxuta utiliza times de trabalhadores com habilidades variadas em todos os níveis da organização e usa máquinas altamente flexíveis e automatizadas para a produção de grandes volumes de produtos em

grandes variedades, com melhor aproveitamento dos recursos existentes, em quantidade suficiente,

Contudo, esse alto padrão de produção exige um programa constante de aperfeiçoamento dos processos para aumentar a eficiência e reduzir os custos com desperdícios, sejam estes de tempo, em materiais, força de trabalho ou financeiros (FERREIRA, 2004).

3.1.1.1 Princípios do Lean Thinking

De acordo com o Lean Institute Brasil, o Lean Thinking segue cinco princípios, que serão listados a seguir:

- 1) Valor: O ponto de partida para o Lean Thinking consiste em definir o que é Valor. Quem define o que é valor é o cliente. Para ele, a necessidade gera o valor, e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico, a fim de manter a empresa no negócio e aumentar seus lucros por meio da melhoria contínua dos processos, da redução de custos e da melhoria da qualidade.
- 2) Fluxo de valor: Significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: os que efetivamente geram valor; os que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade; e, por fim, os que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente. Apesar de continuamente olharem para sua cadeia produtiva, as empresas continuam a focalizar em reduções de custos não acompanhadas pelo exame da geração de valor. Geralmente as empresas vêem apenas números e indicadores no curto prazo, ignorando os processos reais de fornecedores e revendedores. As empresas devem olhar para todo o processo, desde a criação do produto até a venda final (aliás, inclusive, até o pós-venda).
- 3) Fluxo contínuo: A seguir, deve-se dar "fluidez" para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança de mentalidade. As pessoas devem deixar de lado a ideia que têm de produção por departamentos como a melhor alternativa. Constituir Fluxo Contínuo com as etapas restantes é uma tarefa difícil do processo, porém, a mais estimulante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Ter a capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente dá ao produto uma

"atualidade": a empresa pode atender a necessidade dos clientes quase que instantaneamente.

4) Produção Puxada: As empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovando estoques) através de descontos e promoções. O consumidor é quem passa a Puxar o Fluxo de Valor, reduzindo a necessidade de estoques e valorizando o produto. Sempre que não se consegue estabelecer o fluxo contínuo, conectam-se os processos através de sistemas puxados.

5) Perfeição: A perfeição deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. A busca pelo aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa em processos transparentes, em que todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de se criar valor.

3.1.1.2. Desperdícios

Reis e Figueiredo (1995) alertam para a importância da produção enxuta na otimização dos processos operacionais, quando dizem que os desperdícios oriundos da produção excessiva referem-se à fabricação de lotes em quantidade superior à demanda imediata que tem o mercado, não só formando estoques, mas camuflando as perdas com unidades defeituosas, atrasos e erros.

Ohno (1997) todavia, classifica, segundo a Filosofia Lean, os desperdícios em:

Superprodução: produção a mais da que o cliente absorve, gerando excesso que se transforma em custos. Pode ser a causa de muitos outros desperdícios.

Estoque: é a consequência da superprodução e gera aumento de Lead Time para a empresa. E quanto maior o Lead Time, maior o valor e dinheiro parado na forma de estoques; conseqüentemente, menos recursos para investimentos.

Transporte: gerado pela movimentação de peças, componentes, matéria-prima ou produtos acabados, seja dentro da fábrica ou entre fábricas.

Movimentação: refere-se à movimentação dos operadores quando não estão envolvidos em atividades que agregam valor ao produto, isto é, em atividades em que a matéria-prima não está sendo transformada em produto acabado.

Defeitos: os defeitos geram o retrabalho ou a perda da peça e isso aumenta os custos que não agregam valor ao cliente. O Lean busca fazer o certo na primeira vez.

Processos desnecessários: qualquer processo que não agrega valor ao cliente deve ser eliminado, pois utilizam recursos da empresa e não são revertidos em ganhos adicionais.

Espera: em função de dever utilizar todo o tempo do operador em atividades que agreguem valor, todo tempo gasto em espera é considerado desperdício e deve ser eliminado.

4. Análise crítica

Na busca por maior produtividade, menor custo e geração de vantagem competitiva no mercado de trabalho, as organizações constantemente estão à procura de novos modelos/sistemas de gestão que as auxiliem no alcance dos objetivos.

A gestão por meio de produção enxuta possui está alinhada com o perfil muitas vezes solicitado pelas empresas, seguindo as necessidades da produção e de projetos. Mudar a mentalidade, adotar princípios como a produção puxada, a redução dos lotes intermediários, diminuir todo e qualquer desperdício são ações que elevam a vantagem competitiva sobre a concorrência.

E a Mentalidade Enxuta oferece ferramentas que contribuem significativamente para o desenvolvimento da vantagem competitiva, pois estas ações permitem que as deficiências existentes no processo apareçam e sejam combatidas, com objetivo de serem eliminadas para que se atinja uma produção eficiente. Esta é a proposta do processo de melhoria contínua para o alcance das metas da organização.

E os princípios da Filosofia Lean, bem como o de melhoria contínua, podem e devem ser expandidos para as diferentes áreas da organização, pois quando as melhorias são direcionadas, elas podem interferir significativamente na qualidade da concepção gerada.

Permitir que toda a organização entenda o sistema e visualize as melhores formas de agregar valor é outro diferencial da mentalidade enxuta, pois tendo conhecimento de todo o processo as oportunidades de melhoria serão propostas pelos participantes da cadeia de processo.

5. Considerações finais

O objetivo principal do presente trabalho foi analisar a forma de atuação do Sistema Toyota de Produção a partir da reunião de seus principais conceitos, que foram abordados no decorrer do trabalho através de uma abordagem conceitual e histórica do Sistema de Produção e do Lean Thinking, bem como de suas principais ferramentas e técnicas, como forma de ampliação do conhecimento acerca do assunto.

Pôde-se perceber, com o conteúdo explanado que a produção enxuta pode ser considerada como uma forma de agregar valor ao processo produtivo, uma vez que alinha as ações, realizando-as de maneira eficaz e sem interrupção, fazendo com que o processo seja conduzido a produzir cada vez mais com cada vez menos. Esforço humano, equipamento, tempo, espaço, todos são diminuídos no processo.

E a Filosofia Lean mostra-se bastante versátil, pois pode ser aplicada em todas as áreas da empresa, desde vendas a compras, de recursos humanos a finanças, dando sempre maior prioridade aos setores onde houver maior desperdício, para que sejam oferecidas oportunidades de melhoria.

Enfim, a Mentalidade Enxuta do Lean aparece como uma excelente ferramenta de gestão, não somente para a manufatura, como para diferentes setores, como construção civil, alimentos, bancos tecnologia da informação... Basta a empresa estar disposta a seguir em seus processos alinhada às ferramentas e princípios da metodologia.

Referências Bibliográficas

- FERREIRA, F. *Análise da implantação de sistema de manufatura enxuta em uma empresa de Autopeças*. 2004. Dissertação de Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. São Paulo: Atlas, 7. ed. 2011.
- LEAN INSTITUTE BRASIL. Disponível em <http://www.lean.org.br>. Acesso em: 21 abril 2014.
- MACEDO, M.; POSSAMAI, E. *Impactos da implementação do Lean Manufacturing na obtenção de vantagem competitiva: um estudo de casos múltiplos*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Revista Gestão Industrial. Paraná, 2013.
- MEIRELLES, H. *O processo de capacitação para a Produção Enxuta: caracterização e estudo de caso na Volvo do Brasil*. 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção – Além da produção em larga escala*. Bookman, 1997.
- REIS, H.; FIGUEIREDO, K. *A redução de desperdícios na indústria*. Revista de Administração, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 39-49, 1995.
- SEVERINO, A J. *Metodologia do trabalho científico*. 21. ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Ed. Bookman, 1996.
- VASCONCELOS, D.; NETO, J.; VIANA, F. *Lean e Green: a contribuição da produção enxuta e da gestão ambiental para a redução de desperdícios*. XXXVII Encontro da Anpad. Rio de Janeiro, 2013.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A mentalidade enxuta nas empresas*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

Curriculum Vitae:

Kelly Zanon De Bortoli Pisoni é mestranda em Gestão Estratégica das Organizações pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI Santo Ângelo. Suas áreas de interesse são Gestão de Pessoas, Gestão de Organizações, Inovação e Qualidade de processos e produtos.

Reducing Production Costs by Applying Lean Six Sigma Methodology: A Case Study

João Pedro Domingues

j.domingues@campus.fct.unl.pt

UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty
of Science and Technology, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516
Caparica, Portugal

José Requeijo

jfgr@fct.unl.pt

UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty
of Science and Technology, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516
Caparica, Portugal

Maria do Rosário Cabrita

m.cabrita@fct.unl.pt

UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty
of Science and Technology, FCT, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516
Caparica, Portugal

Abstract

This study describes a procedure that applies Lean Six-Sigma approach to reduce production costs in a bolts manufacturing. The project was proposed by the product's customer, who suggests to improve some parameters of the processes associated with its manufacturing. The expectations and requirements are termed as the Voice of the Customer (VoC) focusing on the reduction of production costs. The bolts manufacturing has some particularities, such as the considerable lot-size and the high level of produced products. Some of the important Six Sigma and Lean tools were discussed which will be of help to a Six Sigma practitioner. The empirical study illustrates methods used to Define, Measure, Analyse, Improve and Control (DMAIC) approach of Six-Sigma. Detailing the practices of the five phases of the DMAIC, the Six-Sigma empirical study describes and studies the functions and the efficiency of the bolts manufacturing processes and the

same methodology can be extended to numerous other examples in the industry.

Keywords: Bolts manufacturing; DMAIC methodology; Lean Six Sigma; Voice of the Customer (VoC).

Resumo

Este estudo descreve a aplicação da metodologia *Lean Six-Sigma* orientada para a redução dos custos de produção na indústria de parafusos. O projeto foi proposto pelo cliente da empresa em estudo, que sugere a melhoria de alguns parâmetros dos processos associados à produção de parafusos. As expectativas e os requisitos do cliente são denominados a “Voz do Cliente” e concentram-se na redução dos custos de produção. A indústria de parafusos tem algumas particularidades, tais como a dimensão dos lotes e o elevado número de produtos produzidos. São discutidas algumas das ferramentas do *Lean Six-Sigma*, pretendendo-se, desta forma, ajudar o leitor a melhor compreender a sua aplicação no caso em estudo. A investigação ilustra os métodos utilizados para Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (DMAIC). Detalhando as práticas das cinco fases DMAIC, o estudo empírico descreve e estuda as funções e a eficiência dos processos da fabricação de parafusos, podendo esta mesma abordagem ser aplicada a outros exemplos na indústria.

Palavras-Chave: Indústria de parafusos; Metodologia DMAIC; Lean Six Sigma; Voz do Cliente (VoC).

1. Introduction

The implementation of the Lean Management paradigm in the manufacturing is a way that allows organizations to attain their objectives and, consequently, a better competitiveness in the market. This paradigm, along with the various methodologies associated with it, allows an organization to focus on rationalization of its resources and on the elimination of all activities that do not aggregate value to the product. Thereby, with the elimination of waste, it is possible to verify an increasing in the production flexibility, as well as in the product quality. The aim of Lean is to create simplified, efficient value-adding processes while sharing information. It can be assumed that the

implementation of Lean on the manufacturing systems allows a company to attend, in a competitive way, the demand of the clients, reducing at the same time the production costs. Most of the applications and case studies in this field are descriptions of how companies have adopted, created, and implemented lean principles in their organizations or industry.

Lean Manufacturing is a management philosophy derived mostly from the Toyota Production System (TPS). Lean Manufacturing uses less of everything compared with mass production. Lean manufacturing system works with the interconnected processes. Improvement in one area will improve the system as a whole. A widely accepted definition of lean manufacturing is the “systematic approach to identify and eliminate waste (non value-adding activities) through continuous improvement by flowing the product at the pull of the customer in the pursuit of perfection” (Brue and Howes, 2006). It focuses on reducing the business cycle time so as to become more responsive to customer demand, while using less resources and improving products and processes. These materialize in lower costs, increased productivity and highly profitable and flexible production capability, overall, an increased operational efficiency.

Lean Production is a production system that pretends to continuously reduce the time between the client order and the delivery, eliminating everything that adds unnecessary costs and time to the production of the products. Broadly speaking, Lean Production aims to increase the organization’s productivity, maximizing the output and minimizing the input, which does improving the efficiency and effectiveness of its processes (Bhasin and Burcher, 2006; Corbett, 2007).

Lean Six Sigma is the application of lean techniques to increase speed and reduce waste, while employing Six Sigma processes to improve quality and focus on the Voice of the Customer. Therefore, both, Lean and Six Sigma together are proven methodologies that increase efficiency, effectiveness, quality resulting in continuous improvement to increase the customer value.

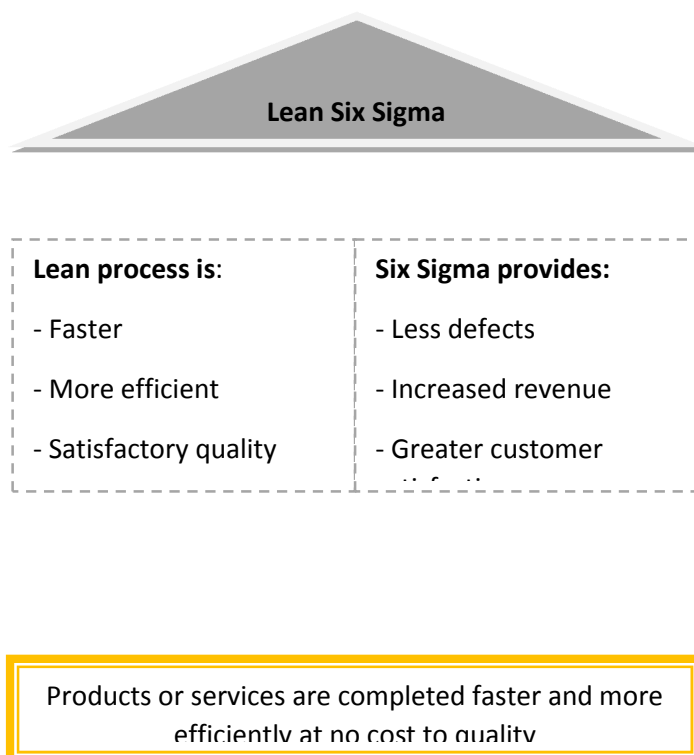
The purpose of this study is to explore the application of Lean Six Sigma tools aiming at the reduction of production costs in the bolts manufacturing, via the DMAIC methodology (Define- Measure-Analyze-Improve-Control). In addressing this objective each phase of the DMAIC cycle follows the principles proposed in the literature. Beyond the current section, the paper has been structured as follows: Section 2 introduces the

Lean Six-Sigma benefits; Section 3 explores the principles followed using the DMAIC methodology; Section 4 describes the application of case study in PSF company, and; Section 5 ends the article with the conclusion and managerial implications.

2. Lean Six-Sigma Benefits

Lean Six Sigma is a blend of two improvement methods: Lean and Six Sigma. Lean and Six Sigma complement each other. Lean accelerates Six Sigma, delivering greater results than what would typically be achieved by Lean or Six Sigma individually. Combining these two methods we build a comprehensive tool set to increase the speed and effectiveness of any process within your organization – resulting in increased revenue, reduced costs and improved collaboration. Organizations can utilize Lean Six Sigma to continuously improve their business processes (Aguezzoul and Nyoungue, 2012). Lean is a philosophy that reduces or eliminates unnecessary time, materials, and effort. Six-Sigma is a concept designed to improve the overall effectiveness by defining, measuring, analyzing, improving, and controlling processes. Lean Six Sigma allows organizations to reduce expenses and improve productivity, as defined in Figure 1.

Therefore, Lean Six Sigma refers to an analytical business process that enables companies to drastically improve their profitability by designing and monitoring everyday business activities in ways that minimize waste and resources. The prime directive is to continually seek out and eliminate waste and wasteful practices. Six-Sigma is a concept designed to improve the overall effectiveness by defining, measuring, analyzing, improving, and controlling processes (Kwak and Anbari, 2006).

Figure 1. The Benefits of Using Lean Six Sigma

Six-Sigma is a discipline with formal steps for improving process performance. The sequential steps are called The Six Sigma Improvement Model, or the Define, Measure, Analyze, Improve, and Control Methodology (DMAIC), developed in the following section.

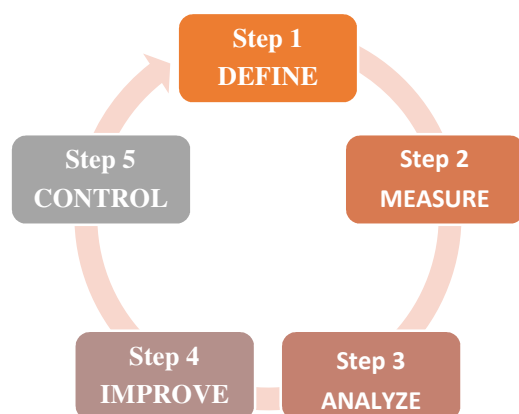
3. DMAIC Methodology

The first step to implement Lean Six-Sigma is to identify the critical elements of a process. Then team analyzes its capability and tries to stabilize it by reducing or eliminating variations. The basic transfer function is applied, which depends on the vital few factors. The foundation of Lean Six-Sigma is to look at products/services through the customer's eyes and determine how improvements can eliminate "waste".

The Lean Six Sigma process is broken down into five interconnected stages: Define, Measure, Analyse, Improve and Control (DMAIC), as depicted in Figure 2. The tools of Six Sigma and operational excellence are most often applied within the framework of DMAIC. As such, DMAIC is an integral part of a Six Sigma initiative. It is systematic and fact based and provides a rigorous framework of results-oriented project management.

At the definition step, a problem is identified and determined which aspect of a particular process is to be improved. At the measurement step, it is developed a baseline of how that system, process, or issue is functioning. At the analysis step, the root causes of the problem are analyzed, by using the data gathered during the measure phase. Step four is the improvement process. Changes are identified and implemented during this phase. The changes (or solutions) are designed to collectively improve the process. Changes may include the complete removal of some steps in a process or the introduction of tools to improve those that remain. Finally, control is the hand-off to the process owner who chartered the project.

Figure 2. DMAIC Methodology



The DMAIC cycle provides an organized sequence of actions that are used in the implementation of process improvements and problem solving. Following a structured method like this, it is avoided the creation of hasty conclusions and is ensured an adequate investigation for alternative solutions to a given problem. Through frequent and continuous revisions at each stage of the DMAIC cycle, organizational leaders can monitor and ensure the proper execution of each phase of the project to implement (Schroeder *et al.*, 2008).

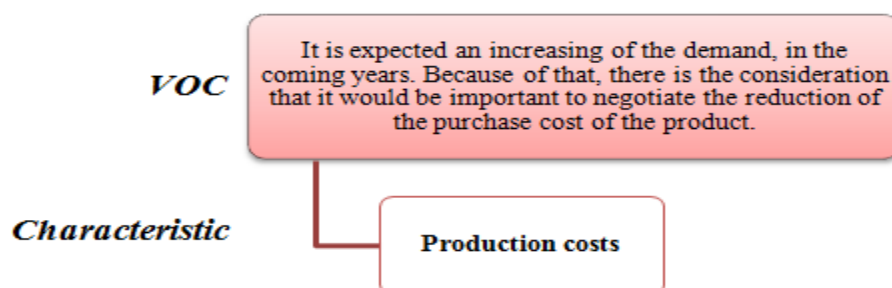
4. Case Study

The case study is developed in a Portuguese bolts manufacturing. For reasons of confidentiality, our company is named PSF. By adopting Six-Sigma method, PSF was able to understand fluctuations in a process, which allowed it to pinpoint the causes of the problem. This case study demonstrates that there is a need for manufacturing company to have a systematic methodology in carrying out the improvement processes through the Six-Sigma concept. A suitable process improvement methodology based on Six-Sigma is needed to ensure proper and systematic process flow to reach the improvement (Goffnett, 2004; Werkema, 2006; Schroeder *et al.*, 2008; Chakravorty, 2009). Therefore in order to show the applicability of the process improvement methodology, the methodology was adopted in a phase by phase approach as shown in Figure 2. Detail discussion of each phase is given as follow.

Define

Our study discusses the processes associated with a particular product (MSC screw), manufactured at the company PSF, whose production is standard but not continuous. The project was suggested by the product's customer, who felt the need to improve some parameters of the processes associated with its manufacturing. Therefore, in this case, the project definition was accomplished by the final customer, who is very important for the company PSF, representing a quite significant percentage of its sales (the product is the second most manufactured by the company PSF). Thus, this project has automatically become a priority and sponsored by the administration of both companies (company PSF and the client).

The needs and expectations of this product's customer have been established, which served as the basis for delineating the project goal. More specifically, the client requested to the PSF's administration the improvement of some parameters associated with the manufacture of this product, which are shown in Figure 3, that represents the tool Voice Of the Customer. The importance of this tool is considerable, since it consists in setting the data that represent the needs and expectations of customers and their perceptions regarding the products manufactured by the company (Chakravorty, 2009).

Figure 3: Voice Of the Customer

Based on the improvement requirements provided by the customer, it was possible to define the critical quality characteristics, represented in the tool Critical-To-Quality Tree in Figure 4. Such characteristics compose the metrics that should be monitored throughout the project in order to improve them.

Figure 4: Critical-To-Quality Tree

The characteristics to be improved, identifies has having direct influence on the production costs of the company consists of the production downtime and the stock level along the production flow. These two characteristics were defined because both have had a significant incidence in the company lately. Focusing on these two characteristics, improvements in the parameters requested by the customer were expected to be obtained.

Being defined the characteristics related to quality, the statement of the project is reported (Figure 5), based on what is intended to achieve with this project. This tool can be considered the identity card of the entire project (Chakravorty, 2009).

Figure 5: Project Charter

Name of the Project:			
Improvement of the effectiveness and efficiency of the processes associated with the MCS manufacturing.			
End date of the Project:		September 2013	
Mission of the Project:			
Global improvement of several parameters associated with the MCS manufacturing, aiming at the improvement of the effectiveness and efficiency of the practice of processes, through the implementation of Lean Six Sigma tools and methodologies.			
Scope of the project:			
It is intended to meet the customer's improvement requirements, for the costs of production, in order to attend the expected decrease in the purchase cost and increase in future demand.			
Description of the problem:			
The customer wants to improve the parameters of the MCS's manufacturing processes, in order to reduce production costs and, consequently, its purchase cost.			
Definition of goals:			
It is proposed the following target to be achieved by September 2013: • Reducing the level of stock in 10%.			
Historical of problems:			
Historical of the stock level – Annex B;			
Restrictions and assumptions:			
Impossibility of monitoring all phases of the DMAIC cycle (specifically the Control phase), due to the short timeline of the project. Implementations will be done on a small scale and in one particular product, so the improvements obtained do not involve global processes. The extrapolation of the improvements carried out shall be made in the future.			
Team of the Project:			
<u>Champion:</u>	• General Manager	<u>Black Belt:</u>	• 2 Technicians of continuous improvement
<u>Master Black Belt:</u>	• Production Manager	<u>Pivot element:</u>	• João Domingues
Preliminary schedule:			
Proposed date for completion of each phase: <i>Define</i> – 01/02/2013; <i>Measure</i> – 15/03/2013; <i>Analyze</i> – 30/04/2013; <i>Improve</i> – 31/07/2013; <i>Control</i> – 31/12/2013			

Measure

The Measure is the second step of the Six Sigma methodology. A base line measure is taken using actual data. This measure becomes the origin from which the team can gauge improvement. It is within the Measure phase that a project begins to take shape and much of the hands-on activity is performed. The goal of Measure phase is to establish a clear understanding of the current state of the process the company wants to improve.

At this phase it was developed a detailed study of the product MCS's production flow. For that, the Value Stream Map (VSM) is a very useful tool, which gathers all information for the execution of the tasks to be performed at this stage of the methodology (Rother and Shook, 2009). In the Annex 1, a simplified VSM is depicted where all the metrics identified at the Define stage are represented, as well as others that can be relevant for the project's scope. Theoretically, many authors consider that there is a lack of reliability of the existing data in the companies, so there is a need to verify this reliability. To accomplish this requirement, the company has an information system that aims the continuous update of the data, which entails the assumption that its collection is reliable and feasible.

The production flow in the VSM is detailed in the following steps:

- 1) Supply: The raw material used in the manufacturing of this product is bought to one supplier, being steel coils of 80 meters length. The delivery lead time of this raw material, since the placement of order, is about 8 weeks. However, the delivery frequency is usually 3 months. The coils are kept outside the factory, in a park specifically for that purpose.
- 2) Fabrication: Regarding the manufacturing process, a coil of raw material is previously subject to a treatment of pickling in order to remove inorganic impurities and rusting. Then, the coil is placed in stock and subsequently taken to a second workstation. Here, it is target of wiredrawing process to reduce its cross section, resulting in an increase in the material's length. After that, the material is continuously and autonomously cut, being introduced into the stamping machine, in which the part undergoes a plastic deformation in two stages. Finally, the part is subject to a process of threading, where it undergoes a process of deformation by combs. Each coil enables the production of about 200.000 bolts.
- 3) Heat treatment buffer: the part is taken to a intermediate output buffer to the heat treatment. This buffer is supplied by production teams and emptied by the team responsible for the heat treatment.

4) Heat treatment: at this stage, the part is introduced in quenching and tempering furnaces, which have a processing capacity of, respectively, 1.000 kg/h and 2.000 kg/h. The tempering is one of the processes used in the heat treatment of metals for increasing its hardness and endurance, through a high heating and a later fast cooling. The quenching is a heat treatment that aims the correction of flaws resulting from tempering, which is applied firstly because it can make the steel overly rigid and fragile and originates internal stress in the material.

5) Intermediate buffer: the part is placed in an intermediate buffer and it is not in its final shape yet. This buffer has as function supplying the team responsible for surface treatment, which is under subcontracting.

6) Surface treatment: at this phase, the part is shipped for the company responsible for this process, in which the part is target of zinc and nickel bathing.

7) Sorting and packaging: The part returns to a buffer in the factory and it is taken to the quality control. Here, the parts are unitarily verified and all the relevant measures are analyzed, which are specified by the customer. The control is made in an automated way, being just necessary to introduce the specifications in the software. The parts that verify a measure out of the specifications are replaced in the input of the machine, because it is possible the occurrence of a good part rejection. This kind of errors is due to the inadequate positioning of the product, when it is analyzed by the machine, resulting in a high rate of rework (in order of 30%). The good parts are automatically placed in packages, which are previously positioned in the machines for that purpose.

8) Final storage and shipping: the final product is placed in the warehouse, ready for shipping to the final customer. The lots are composed by 48.000 bolts and the deliveries are usually made twice a week, ranging the number of lots ordered. This stock is controlled by computer and the principles of a supermarket are followed, where there are established a minimum and a maximum level of stock. This implies that the sorting process supplies the supermarket depending on the existing stock of final products.

Analyze

The previous steps evidences that a desynchronized process exists in what concerns supplying raw material in the stamping machine, together with the occurrence of downtimes of the same machine. This finding was obtained through the analysis of data available on the company's computer system, where it is possible to determine the causes

of losses related to the availability of the machine. Therefore, the Table 1 was developed, in which are itemized the causes that led to the stopover of the stamping machine, throughout the year 2012, as well as the respective downtime.

It is noticed that the major cause related to machine stopovers is due to the lack of raw material, with a relative percentage of occurrence of about 29.5%, being on that failure that improvement actions will be taken. At the same time, it was recorded a high and unbalanced stock level, taking into account the existence of various types of raw materials, according to its composition.

Table 1: Detail of losses related to downtime of stamping machine (in hours)

Month	Lack of raw material	End of shift	Changeover time	Lack of tool	Exchange of consumables	Damage to tool	Others (% < 5%)
Jan-12	52,77	-	-	-	-	-	-
Feb-12	-	-	-	-	-	-	-
Mar-12	-	34,33	7,83	-	-	-	0,57
Apr-12	170,37	36,73	0,95	-	28,25	31,28	19,57
May-12	2,38	41,07	3,3	0,4	2,23	43,53	6,25
Jun-12	-	-	41,25	-	-	-	-
Jul-12	1,15	-	19,45	13,3	28,67	-	19,95
Aug-12	-	-	-	1,8	5,3	-	4,35
Sep-12	-	-	22,9	-	6,4	-	7,83
Oct-12	-	-	-	-	-	-	-
Nov-12	1,25	-	0,75	63,7	9,2	-	40,85
Dec-12	-	-	-	3,45	0,02	-	0,83
TOTAL	227,92	112,1	96,43	82,7	80,07	74,82	100,2
Percentag	29,5	14,51	12,48	10,7	10,36	9,68	12,97

To meet the goals outlined for this project, in particular the reduction of production costs, it is important to adopt measures to improve the production's synchronization and to avoid production stoppages, which only entail costs and no benefits. The main cause for the occurrence of these two problems is adjacent to the difficulty of communication among the worker responsible for the supply of stamping machines, the workers responsible for stamping and the workers responsible for pickling. Taking into account that the buffer of pickled material is located in a different building than the one where stamping process takes place, the communication between these two workstations and the supply are irregular and desynchronized. The failures associated with this section of the production flow, as well as their effects and their causes, are shown in Figure 6, which

sets forth the application of the tool Failure Modes and Effects Analysis (Stamatis, 2003). Based on these problems, the implementation of a system driven by two Kanban cards between these two workstations can be a viable solution to the problems found.

Figure 6: Failure modes and effects analysis for the coils supplying in stamping

					Product	☐			
<u>FMEA</u>		Possible failures			Process	☒			
Process	Function	Mode(s)	Effect(s)	Cause(s)	Current control	G	O	D	NP
Supplying of coils in the stamping machine	Raw material	Delay in supplying stamping	Production stopover	Communication failures	Inexistent	9	7	7	441
		High level of stock	Higher production costs	Lack of control in the existing stock level	Inexistent	5	7	7	245

Improve

One of the recent changes in the organization was the adoption of a pull system instead of push system, which was the base of the old production system. Currently, with this system yet to be totally implemented in the mindset of the entire organization, production is carried out on the basis of orders from customers, with a well-organized flow of information going through the whole production flow in the downstream direction. For the cementation of this type of production system, the use of Kanban is fundamental and therefore should be implemented (Cimorelli, 2006; Suzaki, 2010; Panneerslevam and Kumar, 2007). Taking into account the high level of stock registered, raw materials buffer and the occurrence of some desynchronization in its supply to the stamping machines, it was developed the implementation of a two Kanban cards system, linking the processes related to pickling and stamping with a supermarket regulating the production. Thus, the methodology consists on the following sequence of operations:

When an operator (named operator A) has only one coil of feedstock in the stamping machine, he should make a request for a new coil, by completing a transport Kanban and placing it on the Kanban board. An operator responsible for the transport of material in the factory (named operator B), which has a set route, collects the card filled out by the operator A, when he passes by the Kanban board. The operator B carries the collected card to the supermarket where the pickled material is, placing the card in another Kanban

board in the inlet section (this board has an input section and an output section) and removing the desired item from the supermarket, which is taken to the stamping machine that requested it. The operator responsible for the pickling (named operator C), depending on the material removed from the supermarket, initiates the processing of a coil with the same kind of material that the one that was removed, after the collecting the transport Kanban that, at that moment, was converted to a production Kanban. After pickling, the coil is replaced by the operator C in the supermarket. Theoretically, it is a supply system driven by two Kanban cards with different functions, but in practice, the system is coordinated by only one card that has different functions depending on its position.

The Kanban system used is associated with two colors - green and red. Each column of the Kanban boards corresponds to a different stamping machine. Each machine is programmed to take two coils of pickled material, with one being processed and another in the input buffer. When the coil in processing is fully processed, the coil at the input buffer comes to processing and it is issued a Kanban card to order a new pickled coil for placement in the input buffer. This Kanban card is placed in the column to the respective machine in the green zone. If the pickled coil that has been placed in processing is fully consumed without having reached a new coil to the input buffer, a new Kanban card is issued and placed in the red zone, meaning that the machine is stopped for lack of pickled material.

It is important to highlight, in the implementation of this system, the need to determine the route to be taken by the forklift in the supply of pickled materials. For this, it was calculated the consumption of raw materials by the stamping machines, considering the maximum possible cadence. In this case, the calculation was based on the following data, belonging to a machine that manufactures other product than the MCS, yet belonging to the same section of stamping machines where the Kanban system is being implemented:

- Maximum cadence of the machine: 160 parts / minute;
- Number of machines: 5 stamping machines;
- Maximum daily output: 160 parts / minute x 60 minutes x 16 hours = 153.600 parts / day;
- Number of parts per coil : 65.574 parts / coil;
- Number of coils needed per day: $\frac{153.600 \text{ parts / day}}{65574 \text{ parts / coil}} = 2,34 \text{ coils / day}$;
- Consumption time of one coil: $\frac{65.574 \text{ parts / coil}}{160 \text{ parts / minute}} = 6 \text{ hours and } 50 \text{ minutes}$;

- Maximum number of coils per day: $2,34 \text{ coils / day} \times 5 \text{ machines} = 12 \text{ coils / day}$;
- Working hours of the stacker = 8 hours / day
- Transport capacity of the forklift = 1 coil

Thus, the route of the stacker was set to check the Kanban board 40 in 40 minutes, so there is no risk of delay in supplies ($8 \text{ hours per day} / 12 \text{ coils per day} = 0,67 \text{ hours / coil}$).

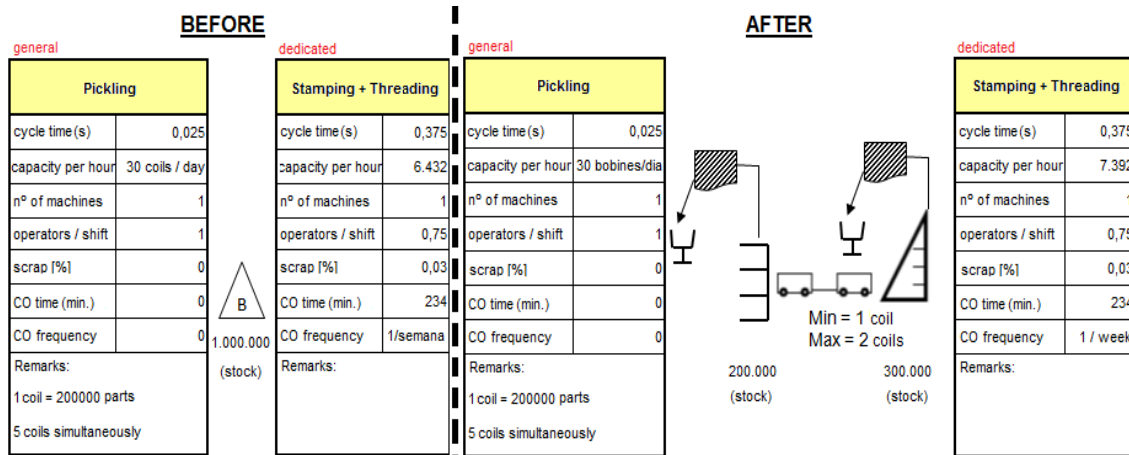
Besides the route, it is also necessary to calculate the value of stock that must exist in the supermarket, without having the risk of stock rupture or having an excessive amount of stock. To do this, it is necessary to take into account the daily consumption of each type of raw material, as well as the productive capacity of the pickling process, so that the production leveling can be assured. In this project, it is only intended the analysis of improvements in the MCS's production flow, which is manufactured in only one of the stamping machines and, as such, this study will focus on that product and on its type of material. For this, it was used the data of the company's information system, more specifically the values of weekly consumptions of pickled steel coils, recorded in 2012.

Regarding the product MCS stamping, being the machine's maximum cadence of 160 parts per minute and the possibility of manufacturing 200.000 parts from 1 coil, it is deductible that the maximum production in a normal working week (16 hours a day, 5 days a week) is 3,84 coils or 768,000 parts, in perfect operation conditions. It must be noted the weeks 20 and 28 where the consumption of pickled materials was, respectively, 5 and 4,43 coils. These values exceed the theoretical maximum due to the execution of overtime hours during those weeks, thus representing a special cause of variation.

Excluding the null values due to stops in the product's manufacturing, it is estimated that the average weekly consumption of coils in the stamping machine is 2,37. As such, having in consideration that there is always two coils in the stamping machine (one in processing and another in the input buffer), it is suggested the existence of one steel coil in the supermarket of this supply system, used to manufacture the product MCS. Analyzing the weekly consumption of the previous year, excluding the special causes mentioned above, it appears that only four times during the year the value of three coils consumed in a week was exceeded. With the implementation of the supermarket, even if there is the need to use more than three coils, the pickling process has sufficient production capacity to meet this need quickly and without any risk of stock rupture. In periods when the production of MCS is not performed, to avoid immobilization of stock, the pickled material for the

manufacture of this product may be used in the manufacture of other products with the same type of material, until there are forecasts of new production of MCS.

Figure 7. Improvement in parameters



With the implementation of this tool, it was possible to obtain the differences shown in Figure 7 and the following benefits:

- ✓ Improvement in transparency of processes and in the ease of its visual management, as well as in the system of communication between the workstations. There is a greater independence of each workstation, since they can manage their work depending on the level of material in the supermarket;
- ✓ Increased capacity delivery, with reduced possibility of production downtime due to lack of raw material in the stamping machine;
- ✓ Increased control in the amount of existing stock and a reduction of its level - an previous average of 1 million parts to current 500,000 parts - and of the respective storage space required;
- ✓ This supply system also contributes to increase the value of the stamping machine's availability, as it eliminates the possibility of stopping the machine for lack of raw material.

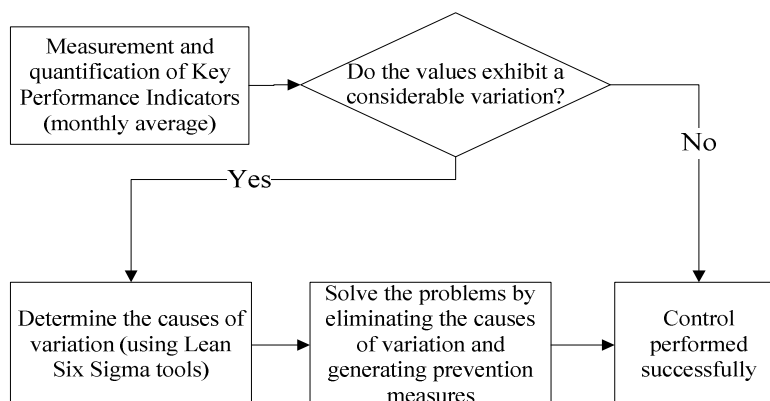
Control

This phase is the longest stage of the DMAIC cycle, which requires considerable levels of commitment and involvement by the team responsible for the project and for the workers. At this stage, it is required the implementation of control measures to the new parameters of the processes, ensuring that they continue to be practiced. As such, a continuous monitoring of the processes is necessary, incident on the observation of the performance of the production flow's new parameters.

In this case study, the implemented Kanban system requires a strong component of education and continuous training to pass on to the workers, so that they can learn and interiorize the new working methods. It is important to maintain control over the amount of stock between these processes, being that the main goal of the implemented improvement. Therefore, for the control of this improvement, it is only necessary to follow up the registration of the amounts of stock, which is quite affordable and trivial by consulting the computer system that the company provides. Thus, it is possible to control its evolution over time and, if there is any irregularity, to explore the possible causes of this decline and solve them.

To ensure the monitoring and maintenance of the improvements made, it is essential to regularly measure the parameters of the processes that have been improved, so the improved Key Performance Indicators must be monthly measured, by calculating the average of the measurements recorded in the company's computer system. When the measurement is made, it is suggested the application of the tasks shown in the diagram represented in Figure 8.

The last phase of the methodology used in this case study is of utmost importance and is vital to ensure the maintenance of the improvements made. Since this phase is a untimed step, because it only can be considered concluded when the new methods are totally intrinsic in the organization and when the improved metrics demonstrate a strong stability, it was not possible to follow up on this phase, for the purposes of this paper. However, the proposals related to the tasks that must be performed in the future ensure the correct execution of this phase.

Figure 8: Diagram representing the control tasks to be performed

5. Conclusions

This study emphasises the importance and the relevant impact that the implementation of Lean Six Sigma philosophy can have in improving the processes of a company. Thus, the implementation of this management paradigm is a way that aims at achieving considerable improvements in the effectiveness and efficiency of the processes carried out by an organization and it can be an important contribution to the company's growth and to establish a distinguished position in the market. It was also demonstrated that the DMAIC cycle is an organized and effective methodology for defining and implementing improvement opportunities, creating at the same time a global mentality of continuous improvement.

In this project, there were analyzed the main causes responsible for the downtime of the stamping machine. For that, the historical records of the machine's downtime in 2012 were analyzed, in which were identified the lack of raw materials as the main responsible for the production stoppages (representing 29.5% of total stoppage time in 2012). Simultaneously, it was found, by analyzing the VSM, a high average level of stock between the processes of pickling and stamping. The existence of a high level of stock and the occurrence of line stoppages due to lack of raw material can only be due to the occurrence of irregularities in communication between the two workstations. As such, it was implemented a Kanban supplying system driven by 2 cards, which allowed to solve all the problems identified. The application of this system resulted in a reduction of 50%

in the average stock level between the two workstations mentioned, as well as an increase of 10% in the level of availability of the stamping machine by eliminating the possibility of lack of material. This increase results in an increased average hourly production capacity of 15%.

It can be argued that the goals initially set for this project were completed successfully. With this project, the company was able to increase the production capacity of the stamping machine and reduce production costs, meeting customer requirements. By reducing the costs of production, it was possible to negotiate the purchase cost of the product MCS with the customer, implying benefits for both parties. In short, Table 3 summarizes the comparison between the main target of this project and the result obtained.

Table 3: Comparison between the main target of the project and the result obtained

Characteristic	Established goal	Result obtained
Stock level	- 10%	- 10,75%

Acknowledgement

We gratefully acknowledge the support given by UNIDEMI, R&D unit in Mechanical and Industrial Engineering in the Faculty of Science and Technology, FCT, New University of Lisbon, Portugal

References

- Costa, J. (1995). *Caracterização e constituição do Solo*. 5ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Aguezzoul, A. and Nyoungue, A. (2012). A preliminary analysis on Lean Six Sigma application in healthcare. 978-1-4577-2025- 3/12, IEEE.
- Bhasin, S. and Burcher, P. (2006): Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17 N° 1, pp. 56-72.
- Brue, G. and Howes, R. (2006). *Six Sigma*, McGraw-Hill, England.
- Chakravorty, S. (2009). Six Sigma programs: An implementation model. *International Journal of Production Economics*, Vol. 119, pp. 1-16.
- Cimorelli, S. (2006). *Kanban for the supply chain – Fundamental practices for manufacturing management*. Productivity Press, Inc. New York, United States of America.
- Corbett, S. (2007). Beyond manufacturing: the evolution of lean production. *The McKinsey Quarterly*, August.
- Goffnett, S. (2004). Understanding Six Sigma: Implications for Industry and Education. *Journal of Industrial Technology*, Vol. 20, N° 4, pp. 1-10.
- Kwak, Y.H. and Anbari, F.T. (2006). Benefits, obstacles and future of six sigma approach. *Technovation*, Vol. 26, pp. 708-15.
- Panneerselvam, R. and Kumar, C. (2007). Literature review of JIT-Kanban system” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 32, pp. 393-408.
- Rother, M. and Shook, J. (2009). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute, Inc. Cambridge, United Kingdom.
- Schroeder, R., Linderman, K., Liedtke, C. and Choo, A. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, Vol. 26, pp. 536-554.
- Stamatis, D. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. American Society of Quality, Inc. Milwaukee, United States of America.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. LeanOp, Inc. Mansores, Portugal.

Werkema, C. (2006). *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Werkema Editora, Inc. Belo Horizonte, Brasil.

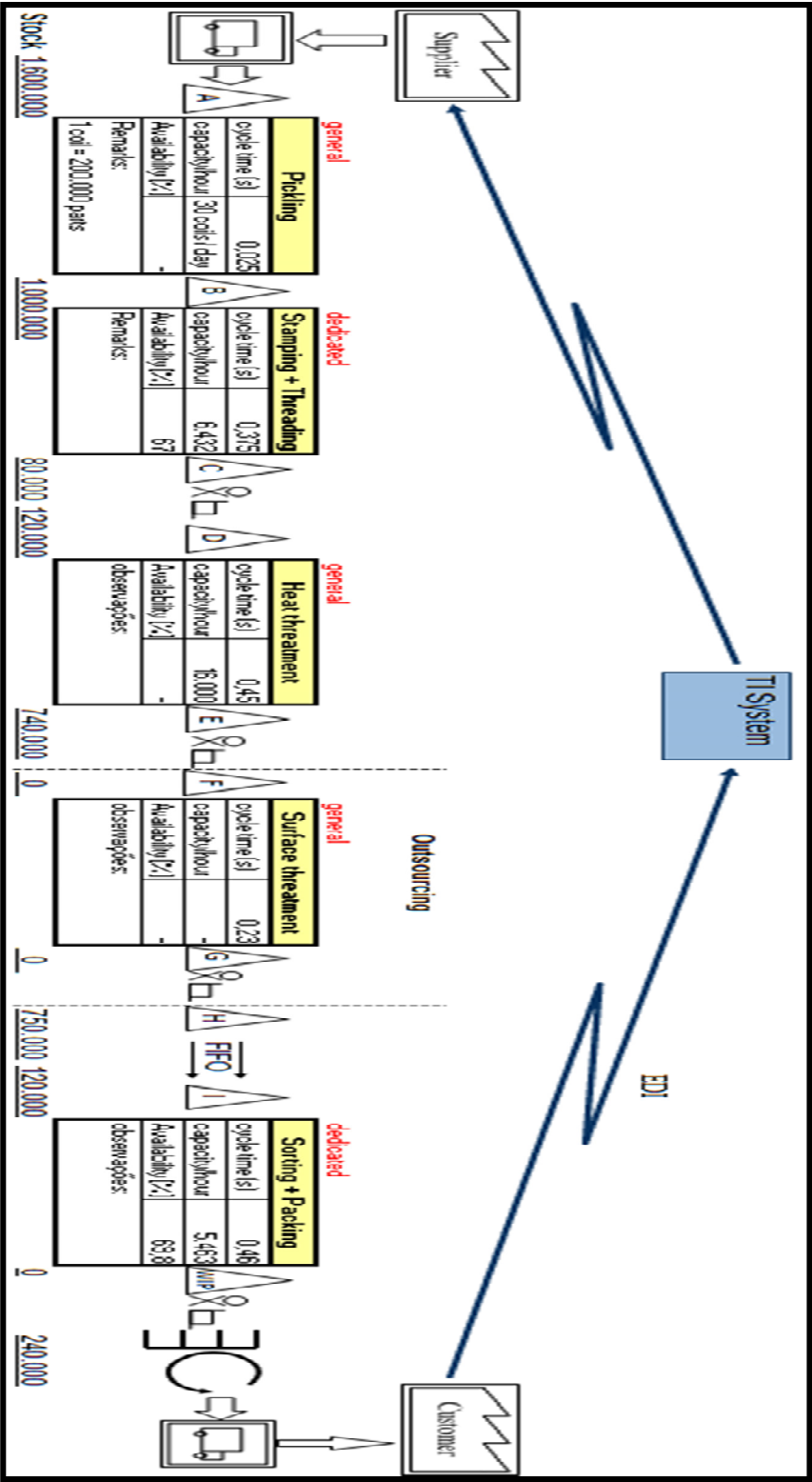
Authors Profiles:

João Pedro Domingues is master student of Industrial Engineering at the Faculty of Science and Technology of Universidade Nova de Lisboa.

José Requeijo is Assistant Professor at Department of Mechanical and Industrial Engineering (DEMI) of Faculty of Science and Technology from Universidade Nova de Lisboa. He is also researcher of UNIDEMI – Research and Development Unit of Mechanical and Industrial Engineering.

Maria do Rosário Cabrita holds a Ph.D. in Business Administration from ISEG, Lisbon Technical University. She is now Assistant Professor at Department of Mechanical and Industrial Engineering (DEMI) of Faculty of Science and Technology from Universidade Nova de Lisboa. She is also researcher of UNIDEMI – Research and Development Unit of Mechanical and Industrial Engineering. Her research interests are in the areas of Strategy, Innovation, Knowledge Management and Measuring Intangibles.

ANNEX 1 - Value Stream Mapping



Manutenção *Lean* - Seleção Multicritério de Indicadores de Desempenho

César Gonçalves

E-mail: cgoncal@ualg.pt

Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia, Universidade
do Algarve

José Dias

E-mail: jad@fct.unl.pt

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Virgílio Cruz-Machado

E-mail: vcm@fct.unl.pt

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Resumo:

O conceito *Lean* é atualmente aplicável e abrangente a distintos contextos dentro das organizações, nomeadamente, na manutenção. A manutenção *Lean* tem como objetivos a redução de desperdícios, a gestão eficiente de recursos, o aumento da disponibilidade dos ativos físicos, a otimização das atividades e custos da manutenção, a melhoria da qualidade e satisfação dos clientes e, sobretudo, a criação de valor para as organizações. Para analisar a eficiência do processo de manutenção, devem comparar-se os seus desempenhos reais com os desempenhos esperados. Neste âmbito, o artigo propõe uma metodologia para a seleção de indicadores chaves de desempenho (KPIs), relevantes para a manutenção. A metodologia desenvolvida baseia-se na utilização do ELECTRE III, o qual é um método de apoio multicritério à decisão (MCDA) para a ordenação de alternativas de acordo com a preferência do decisor, segundo diferentes pontos de vista. Para a validação da metodologia é apresentado um caso de estudo com a seleção de KPIs relevantes para medição dos desempenhos da manutenção no entendimento de aspetos do conceito *Lean*. Os resultados obtidos comprovaram a eficiência da metodologia. O ELECTRE III mostra ser um método ajustado para a

seleção de KPIs, permitindo diminuir a subjetividade inerente ao processo de decisão.

Palavras-chave: Manutenção *Lean*; KPI; MCDA; ELECTRE.

Abstract:

The Lean concept is currently applicable and comprehensive within the different organization contexts, including, in the maintenance. The Lean maintenance aims to reduce waste, the efficient management of resources, increased availability of physical assets, optimizing maintenance activities and costs, improving quality and customer satisfaction, and especially the creation of value for organizations. To analyze the efficiency of the maintenance process, the actual and expected performances should be compared. In this scope, the paper proposes a methodology for the selection of relevant key performance indicators (KPIs) to the maintenance. The methodology is based on the ELECTRE III, which is a Multiple Criteria Decision Aiding (MCDA) method for ranking of alternatives, according to the decision maker preferences in different points of view. To validate the methodology, a case study in the selection of relevant indicators to measure the maintenance performance in the understanding of Lean concept aspects is presented. The results proved the efficiency of the methodology. The ELECTRE III proves to be an adjusted method for selecting KPIs, reducing the subjectivity inherent in the decision process.

Keywords: Lean Maintenance; KPI; MCDA; ELECTRE.

1. Introdução

Pensar *Lean* (magro) é evitar desperdícios e criar valor. A filosofia *Lean* nasceu no seio do desenvolvimento da indústria automóvel no século passado. Atualmente é bastante abrangente e aplicável à generalidade das atividades empresariais.

O termo *Lean* aliado à indústria da produção, sugere a eliminação de desperdícios. A eliminação dos desperdícios proporciona a melhoria da qualidade e a diminuição de custos. O principal objetivo da filosofia *Lean* é a maximização da criação de valor através da redução de desperdícios, ou seja, criar mais valor com menos recursos.

A prática de produção *Lean Manufacturing* considera que todos os desperdícios são alvos a abater, pois não criam valor para o produto ou serviço que o cliente final estará disposto a pagar. Segundo uma abordagem *Lean*, é necessário conseguir “zero defeitos”, detetar a origem e a solução dos problemas, minimizar desperdícios, otimizar os recursos, eliminar todas as atividades que não têm valor agregado, reduzir custos, melhorar a qualidade, aumentar a produtividade, partilhar informação e eliminar os tempos improdutivos.

Porém, o conceito *Lean* pode estender-se noutros contextos que não sejam diretamente relacionados com a gestão da produção. Nomeadamente, *Lean Maintenance* é já uma abordagem conhecida no contexto da manutenção de ativos físicos, cuja filosofia se concentra também na redução de desperdícios, no sentido de diminuir os custos do processo produtivo (Yile *et al.*, 2008). A manutenção *Lean* procura, através da eliminação de desperdícios, acrescentar valor à gestão da manutenção (Baptista *et al.*, 2011). *Lean Maintenance* é, portanto, o conceito do pensamento *Lean* aplicado à gestão da manutenção.

A gestão da manutenção deve delinear a sua estratégia para atingir os objetivos de acordo com as necessidades reais do negócio e ativos físicos da organização. Para analisar a eficiência do processo de manutenção, devem comparar-se os desempenhos reais com os desempenhos esperados. As estratégias de manutenção, em coerência com as estratégias globais da empresa devem, portanto, traduzir-se em objetivos concretos. Para medir os desempenhos, a manutenção deve selecionar indicadores facilmente mensuráveis e que englobem os objetivos da manutenção.

Uma vez que a medição do desempenho da manutenção se torna um elemento essencial do pensamento estratégico, os gestores da manutenção necessitam de um bom controlo dos resultados desse desempenho nos processos de manutenção. Muchiri *et al.* (2011) e Gonçalves *et al.* (2014) defendem que isso pode ser alcançado através do desenvolvimento e implementação de uma estrutura de medição de desempenho definida rigorosamente, com indicadores relevantes, capazes de avaliar elementos importantes do desempenho da função de manutenção.

Gonçalves *et al.* (2014) referem que a medição do desempenho da manutenção é, de facto, um processo multidisciplinar tendo em atenção múltiplos aspetos das atividades da manutenção, e por essa razão, a seleção dos melhores indicadores de desempenho da manutenção é uma tarefa complexa, a qual pode ser formulada como um problema de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA – *Multiple Criteria Decision Aiding*).

Neste artigo é proposta uma metodologia com base em métodos MCDA para auxiliar os gestores da manutenção na seleção de indicadores chaves de desempenho (KPIs – *Key Performance Indicators*) relevantes para a manutenção. Entre os diversos métodos MCDA desenvolvidos até então, merecem destaque os métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*), em especial aqueles que se destinam a tratar de problemas de ordenação de alternativas. A metodologia proposta baseia-se na utilização do método ELECTRE III, o qual foi estabelecido para a resolução de problemas

de ordenação, ou seja, ordenar alternativas, da melhor para a pior, com a preferência do decisor segundo vários critérios.

O artigo descreve a metodologia desenvolvida e apresenta um caso de estudo para exemplificar a sua aplicabilidade. No caso de estudo, os autores utilizam a metodologia desenvolvida para a ordenação de um conjunto de KPIs, como alternativas possíveis, para medir o desempenho da gestão da manutenção de um aeroporto, na valência do conceito *Lean*.

O artigo está organizado em cinco secções. Após esta introdução, a Secção 2 apresenta uma abordagem à Manutenção *Lean*, introduzindo o leitor no contexto e nas práticas deste conceito da manutenção. Na Secção 3 é apresentada a problemática da seleção de KPIs relevantes para a manutenção, focando a necessidade de estabelecer uma metodologia precisa para esse fim. Nesta secção é ainda proposta uma metodologia, cuja aplicação se demonstra, na Secção 4, a um caso de estudo para a seleção de KPIs relevantes no âmbito do conceito *Lean*. Finalmente, a Secção 5 é dedicada às conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. Manutenção *Lean*

O conceito *Lean* procura eliminar todas as formas de desperdício no processo de produção, incluindo desperdícios nas operações de manutenção (Smith e Hawkins, 2004). *Lean Maintenance* não é um conceito dependente de *Lean Manufacturing*, mas sim o resultado natural da aplicação dos princípios e soluções *Lean* à gestão da manutenção moderna, impulsionando e colocando novos desafios às organizações. Segundo Baptista *et al.*, (2011), a adoção de uma filosofia *Lean*, aplicada à gestão da manutenção, permite obter uma gestão dos recursos mais eficiente e reduzir desperdícios, tais como custos com pessoal, custos de materiais e ferramentas, custos de produção, entre outros. A redução dos desperdícios nas operações da manutenção dos ativos físicos apresenta-se como um grande contributo no sucesso das organizações. Porém, o gestor da manutenção deve preocupar-se também com a disponibilidade, fiabilidade e todos os aspetos que têm impacto com o desempenho dos equipamentos e a sua melhoria contínua.

Lean Maintenance é um termo relativamente recente, cujo conceito tem também como objetivo principal, aumentar a disponibilidade e a fiabilidade dos equipamentos de acordo com as necessidades requeridas, eliminando os custos da manutenção o quanto possível e no sentido de realizar valor com os ativos físicos. Gonçalves *et al.* (2013) referem que

a realização de valor normalmente envolve uma otimização dos custos, dos riscos, das oportunidades e dos benefícios de desempenho dos ativos. O emagrecimento da manutenção pode verificar-se através de uma redução das suas atividades ao essencialmente necessário, reduzindo os custos diretos e indiretos (Lampreia e Parreira, 2011).

Segundo Smith e Hawkins (2004), o TPM (*Total Productive Maintenance*) foi o fundador da manutenção *Lean*. Os objetivos do TPM incluem a eliminação de todos os acidentes, defeitos e paragens por avaria.

O TPM é uma ferramenta que tem como principal objetivo a manutenção dos equipamentos nas condições ideais, minimizando todos os desperdícios a eles associados sem redução da qualidade. As falhas dos equipamentos devem ser corrigidas para não gerarem desperdícios na produção. Com a implementação do TPM pretende-se a eliminação dos principais problemas, nomeadamente através da identificação dos equipamentos que originam perdas e problemas na produção. O TPM envolve a colaboração de todos os trabalhadores na resolução dos problemas para assegurar a melhoria contínua, de forma a atingir uma maior eficiência nos equipamentos. Uma das maiores diferenças entre o TPM e outros conceitos é a envolvimento dos operadores no processo de manutenção, considerando os operadores como o melhor monitor da condição dos equipamentos. De uma forma geral, o objetivo do TPM é aumentar a produção e, simultaneamente, aumentar nos colaboradores a moral e a satisfação no trabalho.

Com a manutenção *Lean*, pretende-se determinar a melhor atuação, eliminando acidentes, falhas, defeitos, paragens e custos, através de uma gestão proativa. O ideal de manutenção é que seja planeada para atuações preventivas, eliminando ao máximo as suas atuações não planeadas de manutenção corretiva. A gestão no modo reativo, com prevalência das atividades de manutenção corretiva, contribuem para o desperdício de material e de tempo, para a redução do ciclo de vida dos ativos e para a perda de produtividade ou qualidade de um serviço.

No processo de manutenção podem ser identificados vários tipos de desperdícios. A manutenção *Lean* deve realizar uma análise para identificar os potenciais desperdícios nos seus processos para que possam ser eliminados. A identificação dos desperdícios nas atividades do processo de manutenção possibilita a análise de soluções para eliminação ou que permitam a sua redução ao mínimo possível.

Lean é redução de desperdícios mas com satisfação do cliente, é dar primordial importância à qualidade, à melhoria contínua e à resolução de problemas. Mas, acima de tudo, a principal atenção são as pessoas. Ao contrário do que acontece nas organizações tradicionais, para as organizações *Lean*, as pessoas não são problemas, mas sim quem resolve os problemas (Smith e Hawkins, 2004).

Os trabalhadores devem confiar na empresa para se entregarem à melhoria e à possível eliminação das rotinas de trabalho que não criam valor. Uma regra fundamental nas empresas *Lean* é garantir que os trabalhadores não se tornarão desnecessários como resultado dos ganhos de eficiência e não serão despedidos (Smith e Hawkins, 2004). Pelo contrário, segundo o conceito *Lean* os trabalhadores devem receber formação e serem consciencializados dos custos da manutenção, perceber que cada investimento deve carecer de análise prévia, no sentido de não se cometerem gastos desnecessários e aumentar a produtividade com o mesmo número de pessoas.

McCarthy e Rich (2004) defendem que a combinação de um pensamento *Lean* com o TPM pode harmonizar princípios e técnicas para alterar velhos padrões de comportamento, tornando-os mais versáteis, flexíveis e com visão proactiva. A combinação dos dois conceitos (*Lean* e TPM) promove a participação dos trabalhadores, a aprendizagem, a inovação e a melhoria nas práticas correntes. Para McCarthy e Rich (2004) *Lean* e TPM garantem ainda o envolvimento de todos na alteração e inovação em termos de pensar sobre como o trabalho é conduzido, identificando desperdícios e os trabalhadores são as fontes de novas ideias, novas formas de trabalho e de melhoria sustentável.

A manutenção *Lean* é uma manutenção proativa, que faz o planeamento e a programação das atuações de modo otimizado, que recorre a práticas de TPM e que procura usar estratégias com objetivos na eliminação de desperdícios materiais, de tempo de atuação e de custos.

Smith e Hawkins (2004) referem que as organizações podem acelerar as suas melhorias com risco muito menor através da eliminação dos defeitos que criam trabalho a mais e impedem a eficiência da produção ou da prestação de um serviço. A otimização da manutenção poderá aumentar tanto o tempo de manutenção disponível para fazer novas melhorias, como irá reduzir os defeitos que causam paragens de produção, produtos e/ou serviços deficientes ou mesmo acidentes. Smith e Hawkins (2004) salientam que a redução de custos e a melhoria da produção são resultados imediatos do estabelecimento

de operações de manutenção *Lean* como o primeiro passo na transformação geral de uma empresa *Lean*.

McCarthy e Rich (2004) referem ainda que, numa aplicação do pensar *Lean* e práticas TPM, um dos principais aspetos deverá ser o sistema de medição que forneça visibilidade de perdas na gestão e necessidades de clientes não satisfeitas.

A manutenção *Lean* deve preocupar-se na entrega das suas atividades para a criação de valor, observando os processos, o planeamento e controlo das operações de manutenção, bem como outras atividades que podem realmente contribuir com valor ou com diminuição de desperdícios. Para tal, deve incutir-se nos trabalhadores da manutenção a constante necessidade de melhorar o desempenho, melhoria contínua dos processos, zero avarias, zero acidentes, zero paragens do serviço, redução de tempos, redução de custos e aumento sustentado da eficiência das operações. O valor a criar pela manutenção deve refletir-se na qualidade da produção, dos serviços prestados, na satisfação dos clientes e na imagem da organização. A manutenção *Lean* pode contribuir para as empresas se tornarem mais competitivas.

3. Seleção de Indicadores Chave de Desempenho

A medição de desempenho é um princípio fundamental da gestão e, tal como para outras funções, é importante na gestão da função manutenção (Muchiri *et al.*, 2011). Para Al-Najjar (2007), o desempenho da manutenção é claramente identificado como um componente crítico da competitividade das empresas. Portanto, a manutenção é vital para o desempenho sustentável de uma organização que dependa de ativos físicos para o sucesso do seu negócio.

As empresas devem esforçar-se para otimizar todas as suas atividades para obter níveis satisfatórios de produtividade, a fim de se manterem competitivas no mundo dos negócios. Os objetivos da manutenção são altamente relacionados com o contexto específico dos negócios, estratégias, processos e sistemas das empresas (Gonçalves *et al.*, 2014). Portanto, os gestores necessitam de informações sobre o desempenho da manutenção para o planeamento e controlo das atividades da manutenção.

Um indicador chave de desempenho (KPI – *Key Performance Indicator*) permite a quantificação de quão bem um negócio ou atividade atinge uma meta específica. Os KPIs medem os resultados das ações já tomadas ao final de um período ou atividade, isto é,

refletem resultados passados. A manutenção pode servir-se de um sistema de gestão de indicadores apropriados para medir o desempenho das suas atividades (Gonçalves *et al.*, 2014).

Um indicador de desempenho é definido pela norma europeia NP EN 15341 (2009), como uma característica medida de um fenómeno, de acordo com uma fórmula específica que avalia a sua evolução. Para selecionar KPIs relevantes, esta norma prescreve que o primeiro passo é definir os objetivos a serem alcançados, cujo requisito é identificar o modelo adequado de gestão da manutenção de forma a melhorar o desempenho global. O próximo passo será o de encontrar KPIs que permitam a medição de parâmetros ou aspetos relacionados com os objetivos definidos. A norma menciona que na seleção de KPIs relevantes, pode ser feita uma primeira abordagem, escolhendo de entre uma lista de indicadores existentes, aqueles que após análise, revelem ser de interesse para medir o desempenho da manutenção sobre os aspetos pretendidos. Outros KPIs podem ser desenvolvidos para a medição de aspetos específicos, permitindo a análise para a sua otimização (Wireman, 1998).

Um indicador relevante é um elemento-chave na tomada de decisão, o que significa que a sua avaliação e seus dados devem estar relacionados com o parâmetro de desempenho a ser medido e de acordo com o objetivo definido.

Independentemente do tipo de indicadores deve existir um procedimento para a sua identificação precisa, ou seja, um algoritmo para estabelecer um conjunto de indicadores que sejam representativos, em termos de valor explicativo, de um dado processo (Pacaiova *et al.*, 2013). O número de indicadores a utilizar deve ser limitado através da identificação das principais características ou fatores-chave (Kumar *et al.*, 2013a). Um elevado número de indicadores para medir cada aspeto da manutenção dificulta a compreensão dos fenómenos ocorridos.

Na literatura são fornecidas muitas abordagens na categorização de KPIs e propostas distintas estruturas para monitorizar e controlar as atividades da manutenção. No entanto, poucas publicações propõem metodologias para a seleção de KPIs relevantes. Muchiri *et al.* (2011) mencionam que a literatura propõe principalmente listas de KPIs, mas carece de abordagens metodológicas para selecioná-los. Surgem na literatura algumas abordagens aplicando métodos MCDA na seleção de KPIs relevantes para a gestão da manutenção.

Horenbeek e Pintelon (2014) apresentam o desenvolvimento de uma estrutura de medição de desempenho da manutenção, utilizando o método ANP (*Analytic Network Process*),

que é uma extensão do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para auxiliar o gestor da manutenção na seleção de KPIs relevantes. No entanto, estes métodos apresentam algumas limitações (Gonçalves *et al.*, 2014) e alguns autores apresentam críticas fundamentadas (Bana e Costa e Vansnick, 2008; Figueira *et al.*, 2013).

Gonçalves *et al.* (2014) apresentam uma nova abordagem na seleção de KPIs relevantes para a manutenção. Estes autores desenvolveram uma metodologia de decisão multicritério baseada no método ELECTRE I. A metodologia proposta, que envolve informações de preferência do gestor da manutenção, determina a ordenação de possíveis alternativas após as suas avaliações de acordo com critérios importantes. Num caso de estudo, os autores utilizaram a metodologia desenvolvida para selecionar KPIs para a manutenção. Com base nos resultados obtidos, Gonçalves *et al.* (2014) consideram que a metodologia desenvolvida auxilia os gestores da manutenção nas tarefas de seleção de KPIs de acordo com os objetivos e estratégias da manutenção. Os autores constataram que a metodologia torna o processo de decisão mais explícito e racional, para além de reduzir o nível de subjetividade com o qual o decisor reflete as suas preferências sobre KPIs relevantes para medir um determinado aspeto da manutenção.

Gonçalves *et al.* (2014) apontam vantagens do método ELECTRE relativamente ao método AHP e à sua extensão ANP. Nomeadamente, quando se pretende ordenar um elevado número de alternativas, para além de não apresentar limitações técnicas. Contudo, o ELECTRE I é um método simples concebido para a problemática da escolha. Gonçalves *et al.* (2014) recorreram à integração de uma análise complementar aos resultados do método ELECTRE I, através do cálculo dos valores líquidos de concordância e discordância para obterem a ordenação decrescente dos KPIs. Os autores estabelecem a ordem das alternativas, da melhor para a pior, através da ordenação decrescente dos valores líquidos de concordância. Os KPIs mais relevantes são selecionados se simultaneamente apresentam valores líquidos de discordância relativamente baixos. Caso contrário, os resultados podem afetar a convicção do gestor da manutenção, ou seja, nem sempre fornece resultados consistentes de forma a permitir a decisão convicta na seleção dos KPIs mais relevantes. Por outro lado, o método ELECTRE I não permite estabelecer limiares de discriminação, como forma de diminuir o grau de imprecisão, incerteza ou a má determinação do processo de decisão.

3.1. Metodologia Proposta

Para a seleção de KPIs relevantes para a manutenção, é proposta a inovação da metodologia apresentada por Gonçalves *et al.* (2014), com o recurso ao ELECTRE III, um método concebido especificamente para a ordenação de alternativas, segundo múltiplos critérios. Embora mais complexo, permite explorar melhor a preferência do decisor e atribuir mais credibilidade nas relações de prevalência entre as alternativas, e por consequência, ao processo de decisão.

O método ELECTRE III foi concebido para melhorar o método ELECTRE II (Roy, 1978) e tem sido aplicado numa ampla variedade de problemas. Nesta variante do método ELECTRE, Roy introduziu o conceito difuso (*fuzzy*) para determinar a ordenação de alternativas, permitindo a criação de pseudo-critérios. A abordagem difusa do ELECTRE III permite a inclusão das imprecisões e incertezas do processo de decisão, através da definição dos limiares de preferência e indiferença. Figueira *et al.* (2005) referem que neste método a relação de prevalência pode ser interpretada como uma relação difusa, estabelecida através de um índice de credibilidade, o qual permite credibilizar a afirmação de que uma alternativa prevalece sobre outra alternativa. Para além de expressar a importância relativa (pesos) dos critérios, o decisor terá de definir limiares para uma melhor discriminação mediante os desempenhos ou avaliações das alternativas. Os três limiares a declarar no modelo de pseudo-critérios podem ser definidos do seguinte modo:

- **Limiar de indiferença** – corresponde à maior diferença de desempenho entre duas alternativas, compatível com uma situação de indiferença;
- **Limiar de preferência** – corresponde à menor diferença de desempenho entre duas alternativas, a partir da qual o tomador de decisão define a sua preferência estrita pela alternativa que apresenta o melhor desempenho;
- **Limiar de veto** – é a mais pequena diferença de desempenho entre duas alternativas, a partir da qual o tomador de decisão considera que não é possível suportar a ideia que a pior de duas alternativas em consideração perante um critério, possa ser compreensivelmente considerada tão boa como a melhor, ainda que o seu desempenho em todos os outros critérios seja melhor.

Através da exploração das relações de prevalência difusa, o algoritmo deste método estabelece a ordenação das alternativas por ordem de preferência do decisor. Os

procedimentos do método ELECTRE III podem ser consultados em Dias *et al.* (2006), Figueira *et al.* (2005) e Figueira *et al.* (2013).

Na literatura, algumas abordagens mereceram especial atenção. Augusto *et al.* (2005) propõem uma abordagem multicritério, através da aplicação do método ELECTRE III, para a ordenação de setores económicos da economia portuguesa. Estes autores recorreram também ao *software* SRF para licitar os pesos dos critérios considerados. Liu e Zhang (2011) utilizam o método ELECTRE III para a seleção de fornecedores numa cadeia de abastecimento. Marzouk (2011) propõe o método ELECTRE III para a seleção de materiais de construção, equipamentos e sistemas para edifícios.

A metodologia proposta neste artigo segue a estrutura concetual da metodologia desenvolvida em Gonçalves *et al.* (2014), contudo, recorrendo ao ELECTRE III, como método MCDA para a ordenação das alternativas. Os procedimentos metodológicos são apresentados na Figura 1 de forma a elucidar sobre os passos necessários para a seleção de KPIs com evidência para a manutenção, numa organização.

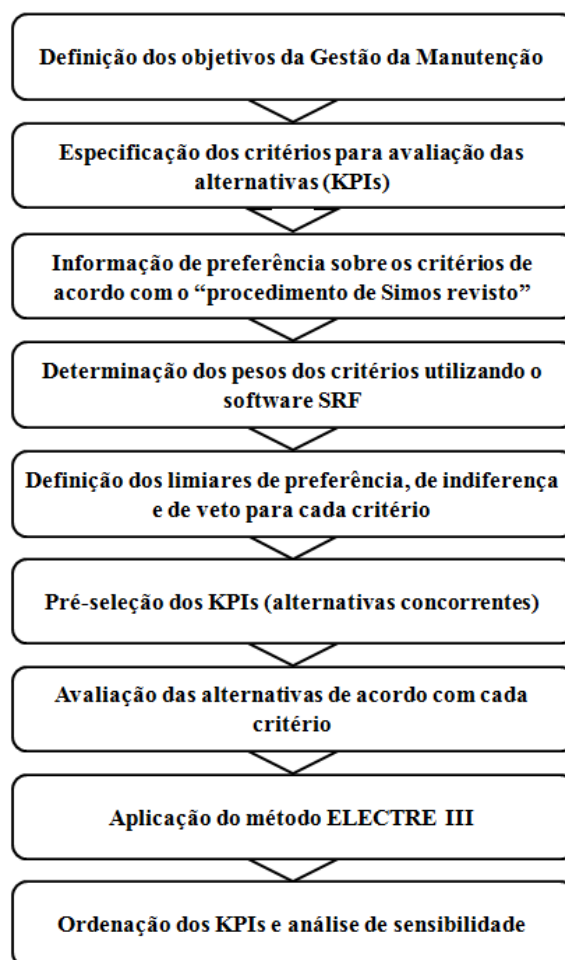


Figura 1 – Procedimentos da metodologia proposta

Para a aplicação do método ELECTRE III propõe-se o *software* ELECTRE III-IV (Dias *et al.*, 2006). Para a determinação dos pesos dos critérios é proposto o *software* SRF (Simos-Roy-Figueira), o qual é uma implementação do “procedimento de Simos revisto” (Figueira e Roy, 2002).

A computação dos métodos MCDA é hoje uma exigência face à complexidade dos métodos, à grande dimensão dos problemas, à quantidade de informação necessária para definir as preferências dos agentes na decisão, às análises de sensibilidade necessárias e, sobretudo, face à morosidade de resolver tais problemas sem esse auxílio. A utilização das ferramentas informáticas propostos permite que qualquer gestor da manutenção, mesmo não familiarizado com os procedimentos matemáticos dos métodos, possa obter a ordenação de um elevado número de KPIs, para a seleção daqueles que se revelem de maior importância, segundo a sua preferência.

4. Caso de Estudo - Aeroporto

Para exemplificar a aplicabilidade da metodologia proposta foi solicitada a colaboração de um experiente gestor da manutenção de um importante aeroporto internacional, com o propósito de selecionar um conjunto de KPIs relevantes para a medição dos desempenhos da manutenção relacionados com o conceito *Lean*.

Um aeroporto compreende uma estrutura de grande complexidade e variedade de equipamentos, sistemas e instalações. A gestão da manutenção da organização tem como objetivos garantir a eficiência e disponibilidade dos ativos físicos para a exploração do negócio, otimizar as atividades, os recursos materiais e humanos, responder com agilidade às incidências e proporcionar a melhoria contínua das instalações, tudo com uma gestão modelada para a redução de desperdícios e custos otimizados.

Para a avaliação dos KPIs foi definido um conjunto de cinco critérios, segundo os quais o decisor pode expressar, do seu ponto de vista, a importância que atribui a cada alternativa:

- **C1 - Relação do KPI com o conceito *Lean*:** o decisor expressa o quanto um KPI é importante para medir aspetos relacionados com o conceito de manutenção *Lean*;
- **C2 – Objetivos da Gestão da Manutenção:** o decisor avalia a importância do KPI para medir o desempenho da manutenção no cumprimento dos objetivos definidos em conformidade com os objetivos da empresa;

- **C3 - Influência do KPI na Estratégia Global da Manutenção:** o decisor avalia a importância do KPI quanto à influência do seu resultado no controle estratégico da manutenção num processo de melhoria contínua;
- **C4 - Predomínio do KPI na Gestão dos Ativos:** o decisor avalia a importância do KPI para medir e fornecer à gestão de topo da empresa a percepção do desempenho da manutenção dos ativos físicos, de acordo com as necessidades do negócio e que permitem manter a empresa competitiva;
- **C5 - Partilha de resultados:** o decisor avalia a importância do KPI relativamente ao seu interesse comum entre a manutenção e outros setores da empresa, colaboradores, clientes e/ou parceiros no negócio, em partilhar os resultados medidos pelo KPI, relativos a aspetos da manutenção.

Com o auxílio do *software* SRF, seguiram-se os “procedimentos de Simos revisto” e o gestor da manutenção expressou-se quanto às suas preferências na determinação dos pesos dos critérios.

Na definição dos limiares, para uma melhor discriminação das avaliações dos KPIs, seguiram-se as recomendações abordadas em Roy *et al.* (2014). Não foram atribuídos limiares de veto para que nenhuma variabilidade na avaliação dos KPIs inviabilizasse as respetivas seleções. Foram atribuídos limiares de indiferença e preferência aos critérios C1, C2 e C3 por serem considerados os mais importantes na decisão. Segundo o decisor, os restantes critérios envolvem-se num contexto mais global da cultura da organização, cuja avaliação reflete maior subjetividade e, por esse motivo, prescindiu-se das restrições através de limiares.

A Tabela 1 apresenta os valores gerados pelo *software* SRF para os pesos dos cinco critérios e os respetivos limiares de discriminação atribuídos.

Tabela 1 – Pesos e limiares de discriminação dos critérios

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5
Peso	0,3234	0,2134	0,2571	0,1253	0,0808
Limiar de Indiferença	1	1	1	-	-
Limiar de Preferência	2	2	2	-	-
Limiar de Veto	-	-	-	-	-

Foi pré-selecionado um conjunto de KPIs, cujas principais fontes foram a norma NP EN 15341 (2009) e literatura no âmbito da medição de desempenho da manutenção, sendo

que alguns KPIs foram desenvolvidos para este caso específico. A Tabela 2 apresenta a avaliação dos KPIs propostos como alternativas para a medição do desempenho da manutenção nos aspetos da manutenção *Lean* do aeroporto. O gestor da manutenção expressou a sua opinião sobre cada KPI, em relação a cada critério, através de uma escala *Likert* com nove níveis de intensidade de importância, seguindo o mesmo formato proposto em Gonçalves *et al.* (2014).

O método ELECTRE III foi aplicado com recurso ao *software* ELECTRE III-IV, o qual proporcionou a ordenação decrescente dos KPIs, também apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Avaliação dos KPIs propostos como alternativas

N	Descrição dos KPIs	Avaliação por Critérios					Ordenação
		C1	C2	C3	C4	C5	
1	Desvio real do orçamentado da manutenção	6	5	9	5	2	12
2	Rácio de custo manutenção/produção	8	3	8	8	3	11
3	Custo de manutenção por passageiro	5	8	8	8	6	6
4	Rácio de custo dos materiais de manutenção	3	7	5	3	1	19
5	Rácio de custo da manutenção corretiva/total	9	9	7	3	1	7
6	Rácio de custo da manutenção preventiva/total	3	5	9	3	1	3
7	Índice de manutenção preventiva	7	5	9	3	1	15
8	Índice de manutenção corretiva/preventiva	9	7	7	3	1	10
9	Índice de manutenção de melhoria	7	6	9	9	5	5
10	Índice de desempenho global da manutenção	9	8	9	5	1	3
11	Tempo médio de mão-de-obra por OT	5	8	7	3	1	17
12	Índice OTs solicitadas	5	5	9	8	2	14
13	Índice de OTs que excederam o tempo especificado ou previsto	8	9	5	4	7	9
14	Índice de OTs para retrabalho	9	7	8	3	4	4
15	Tempo médio de paragem para manutenção corretiva	7	9	4	2	5	13
16	Taxa de ocorrência de avaria proporcional ao ano	8	2	7	7	2	16
17	Nº de avarias por cada 1000 passageiros	7	7	8	8	5	2
18	Tempo médio de indisponibilidade operacional relacionado com manutenção	8	8	9	9	7	1
19	Índice de reclamações de clientes por causa imputada à manutenção	5	7	8	8	9	8

A metodologia proporcionou a ordenação das alternativas, da melhor para a pior, de acordo com a preferência do decisor e de forma racional. Os resultados permitem seleccionar os KPIs relevantes e de maior interesse para o gestor da manutenção no contexto do paradigma *Lean*.

4.1. Análise de Resultados

Verificou-se que os dez KPIs melhor classificados podem estabelecer uma medição razoável do desempenho da gestão da manutenção *Lean* na organização. A intenção é a de não sobrecarregar o responsável da manutenção com demasiada informação e que possa perturbar a sua compreensão na análise e perceção do desempenho da atividade da manutenção. Porém, poder-se-á recorrer a outros indicadores para analisar e clarificar fenómenos da atividade da manutenção que evidenciem a necessidade de um estudo mais abrangente.

A Tabela 3 lista os dez KPIs melhor classificados para a medição e análise do desempenho da gestão da manutenção segundo aspetos do conceito *Lean*, com interesse para o gestor da manutenção do aeroporto que estabeleceu as avaliações e toda a informação que envolveu o processo de decisão.

Tabela 3 – KPIs selecionados segundo o conceito *Lean*

Ordenação	N	Descrição dos KPIs
1	18	Tempo médio de indisponibilidade operacional relacionado com manutenção
2	17	Nº de avarias por cada 1000 passageiros
3	10	Índice de desempenho global da manutenção
4	14	Índice de OTs para retrabalho
5	9	Índice de manutenção de melhoria
6	3	Custo da manutenção por passageiro
7	5	Rácio de custo da manutenção corretiva/total
8	19	Índice de reclamações de clientes por causa imputada à manutenção
9	13	Índice de OTs que excederam o tempo especificado ou previsto
10	8	Índice de manutenção corretiva/preventiva

Com os KPIs selecionados são medidos aspetos essenciais relacionados com os principais objetivos da manutenção, tais como: o custo total da manutenção relacionado com o número de passageiros; a percentagem do custo da manutenção corretiva relativamente ao custo total; a proporção de horas de mão-de-obra consumidas em manutenção corretiva comparativamente ao número de horas de mão-de-obra empregues em manutenção preventiva; a percentagem de horas de mão-de-obra dedicadas à manutenção de melhoria; a taxa de ocupação do pessoal da manutenção; a percentagem de ordens de trabalho que excedem o tempo especificado para as tarefas da manutenção; a percentagem de ações de manutenção que necessitem de retrabalho; o número de avarias ocorridas relacionado com o número de passageiros; a indisponibilidade dos ativos físicos para a operação, relacionado com ações de manutenção; e a insatisfação dos clientes relacionada com causas imputadas à manutenção.

5. Conclusões

Com o conceito *Lean* pretende-se a otimização do processo de manutenção, com a redução de todos os tipos de desperdício, procurando a melhoria contínua e a criação de valor nas atividades que asseguram a disponibilidade dos ativos físicos das organizações, que se pretendem competitivas.

A metodologia proposta pretende ser uma ferramenta de apoio aos gestores da manutenção para a seleção de KPIs relevantes. A abordagem proposta neste artigo permitiu, num caso de estudo, seleccionar um conjunto de KPIs para a medição de aspetos importantes da gestão da manutenção num aeroporto, segundo o conceito *Lean*. O gestor da manutenção, que colaborou na presente exploração prática, reconhece que a metodologia é fácil de aplicar e que a ordenação dos KPIs gerada pelo método ELECTRE III reflete a sua preferência, permitindo seleccionar os KPIs mais relevantes para a interpretação de desempenhos obtidos nos principais aspetos da manutenção e no encaixe dos objetivos estabelecidos.

Face à sua especificidade para a ordenação de alternativas, ao facto de estabelecer relações de prevalência difusa e porque permite recorrer a limiares de discriminação dos desempenhos das alternativas, o ELECTRE III é um método aconselhável para a problemática abordada no caso de estudo apresentado. Este método permite a exploração das preferências do gestor da manutenção e atribui credibilidade às ordenações geradas. O gestor da manutenção pode no processo de decisão, sentir maior convicção para a seleção dos KPIs com melhor classificação. Além disso, os autores constataram que a metodologia permite reduzir o nível de subjetividade com o qual o decisor reflete as suas preferências sobre KPIs relevantes para medir um determinado aspeto da manutenção.

Na sequência do trabalho desenvolvido julga-se a aplicação da metodologia proposta pode constituir trabalho futuro na seleção de KPIs para outras categorias, para outros aspetos da manutenção ou em diferentes contextos organizacionais. O trabalho futuro pode consistir também em comparar os resultados obtidos neste estudo com os obtidos através da utilização de diferentes métodos de ordenação MCDA.

Referências Bibliográficas

- Al-Najjar, B., (2007). The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. *International Journal of Production Economics*, Vol.107, No. 1, pp. 260–273.
- Augusto, M., Figueira, J. e Lisboa, J., (2005). An application of multi-criteria approach to assessing the performance of Portugal's economic sectors – Methodology, analysis and implications. *European Business Review*, Vol. 17, No. 2, pp. 113-132.
- Bana e Costa, C. e Vansnick J. (2008). A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research*, Vol. 187, pp. 1422-1428
- Baptista, L., Dias, J. e Couto, L., (2011). *Lean Maintenance - Aplicabilidade em PME's*. 11º Congresso Nacional de Manutenção, Tomar, 5 e 6 de Maio de 2011, Tomar.
- Dias, J., Figueira, J. e Roy, B., (2006). *The Software ELECTRE III-IV, Methodology and User Manual (version 3.x)*. University Paris-Dauphine, France.
- Figueira, J., Greco, S., Roy, B. e Slowinski, R., (2013). An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Anal. 20, pp. 61–85.
- Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M., (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. *International Series in Operations Research and Management Science*, Vol. 78.
- Figueira, J. e Roy, B., (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research*., Vol. 139, No. 2, pp.317–326.
- Gonçalves, C, Dias, J. e Cruz-Machado, V. (2014). Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, Taylor & Francis. Publicado online: 10 setembro, <http://dx.doi.org/10.1080/17509653.2014.954280>
- Gonçalves, A., Ferreira, L., Cardoso, A., Carvalho, E., Dias, J.M. e Jordão, P., (2013). A Engenharia de Manutenção integrada numa política de “Physical Asset Management” ou Gestão de Ativos Físicos. *Revista Ingenium, II Série, n.º 137, Setembro/Outubro de 2013*, pp. 86-90.
- Horenbeek, A., e Pintelon, L., (2014). Development of a maintenance performance measurement framework – using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection. *Omega*, Vol. 42, No. 1, pp. 33-46.
- Yile, L., Xuehang, X., e Lei, Z., (2008). Lean Maintenance Framework and its Application in Clutch Maintenance. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, IEEE Computer Society, pp. 230-232, Doi: 10.1109/ICIII.2008.84
- Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenstrom, C. e Berges, L., (2013a). Maintenance performance metrics : a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 19, No. 3, pp. 233-277.

- Lampreia, S., & Parreira, R. (2011). Manutenção lean com aplicação técnicas qualidade na análise preditiva de fiabilidade. *Revista Manutenção*, 3º e 4º trimestre, nº110-111, pp. 58-60.
- Liu, P. e Zhang, X., (2011). Research on the supplier selection of a supply chain based on entropy weight and improved ELECTRE-III method. *International Journal of Production Research*, Vol. 49, No. 3, pp. 637-646.
- McCarthy, D. e Rich, N. (2004), *Lean TPM – A Blueprint for Change*. Oxford, England: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Marzouk, M., (2011). ELECTRE III model for value engineering applications. *Automation in Construction*, Vol. 20, pp. 596-600.
- Muchiri, P., Pintelon L., Gelders L. e Martin, H., (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, Vol. 131, No. 1, pp. 295-302.
- NP EN 15341, (2009). *Manutenção – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*. Versão portuguesa da EN 15341:2007. Instituto Português da Qualidade.
- Pacaiova, H., Nagyova, A., Namesanska, J. e Grencik, J., (2013). Systematic Approach in Maintenance Management Improvement. *International Journal of Strategic Engineering Asset Management*, Vol.1, No. 3, 228-237.
- Roy, B., Figueira, J., e Almeida-Dias, J. (2014). Discriminating thresholds as a tool to cope with imperfect knowledge in multiple criteria decision aiding : Theoretical results and practical issues. *Omega*, Vol.43, pp. 9-20.
- Roy, B., (1978). ELECTRE III: Un algorithme de methode de classements fonde sur une representation floue des préférences en presence de critères multiples. *Cahieres de CERO*, Vol. 20, No.1, pp. 3-24.
- Smith, R. e Hawkins, B. (2004), *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality and Increase Market Share*. Oxford, England: Elsevier Inc.
- Wireman, T., (1998). *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*. New York: Industrial Press, Inc.

The lean thinking application in aircraft maintenance

Pedro Salvada

E-mail: pasalvada@emfa.pt

Portuguese Air Force

Miguel Carneiro

E-mail: mbcarneiro@emfa.pt

Portuguese Air Force

António Mourão

E-mail: ajfm@fct.unl.pt

UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering
Faculty of Science and Technology, The New University of Lisbon

Abstract:

The Portuguese Air Force has been applying lean thinking in aircraft maintenance since the implementation of the F-16 MLU (Mid-Life-Upgrade) modernization program. The aim of this article is to present the work carried out with the purpose of reducing the immobilisation time due to the aircraft maintenance and the cost reduction associated with the support of weapon systems.

The achieved results prompted the development of the application of lean management to programmed maintenance activities for the F-16, Epsilon TB-30, C-130 and Alouette III fleets. The benefits achieved have been evident, not only at the decreasing of the process times and in the economy achieved in financial, material and human resources, but also in the management of stocks and in the organizational culture change which has taken place since its implementation.

The use of the seven-week rapid improvement event method based on the A3 methodology has been instrumental. Leadership actions, strategic alignment and communication throughout the chain of command, along with the involvement of those who have an active part, are crucial in producing the desired end result.

The interventions confirmed a reduction, between 30% and 60%, in the aircraft immobilization time, leading to an increase in the availability of aircraft and a reduction in the operating costs.

Keywords: Aeronautics, Kaizen, Lean Management, Maintenance.

1. Introduction

In order to accomplish its assigned mission in Portugal, as well as to answer the increasing demands and requirements of NATO missions, the Portuguese Air Force (PoAF) has implemented a project aimed at increasing the maintainability of its weapons systems, as well as maximizing monetization processes work and reducing support costs. Many of these studies have led to academic studies (Botas, 2008; Ferreira, 2009; Cruz, 2010; Ribeiro, 2011) in addition to the ones referenced throughout this article.

Accordingly, in October 2007, innovative work was first implemented for the methodologies of the last phase of the F-16 / MLU modification program, called Dock 4 (Air Base no. 5, Monte Real), of which we highlight the "Lean Technics".

The achieved results boosted the expansion of the methodology into other areas of aircraft maintenance in the F-16 fleet, as well as, in the C-130, Alouette III and Epsilon TB-30 fleets. This resulted in reductions of around 50% in aircraft downtime and the consequent reduction in the weapon system support cost.

This recognition was clear as mentioned in the speech of General Chief of Staff for the Air Force, during the celebration of the 60th anniversary of the Air Force:

"... The success of this process, flows naturally from the quality of people, their adaptability and voluntary membership, which resulted in impressive results, deserving of the recognition for their effort."

During this lean journey, it was noticed that the application of this management philosophy, known among us as "Lean Technics", included more than just techniques and tools. It also included values, beliefs and habits needed to promote a cultural change. Thus, the name is not significant, what matters is the contribution to the operational excellence and ongoing commitment to continuous improvement.

2. Getting Started with the "Lean Technics" in the Air Force

Due to the initial difficulties, the F-16 modernization program which should have an output of one aircraft every two months, did not reach its desired pace in the first four years of production.

Economically more valuable, compared with the acquisition of a new weapon system, this program consisted on the introduction in the aircraft of the structural and technological improvements implemented by the USAF (United States Air Force) and the other European Air Forces (EPAF - European Participating Air Forces). This would allow for the increase in the operational capabilities and the extension of the period of operation of the F-16 weapons system, as well as, to provide cutting edge equipment capable of responding effectively to the new challenges.

After several attempts to catch up, the implementation of the "Lean Technics" was instrumental for improving the work processes, which involved many entities, namely the maintenance team, engineering, middle management, program management and, also, the participation of experts from the USAF for the continuous improvement of the program. This initiative was made possible through the implementation of rapid improvement events or kaizen¹ events, identifying a number of areas and tasks that could be optimized in order to reduce the takt time² of the process, to achieve a production of at least six aircraft per year (in the first five years of production, delivery never exceeded two aircraft).

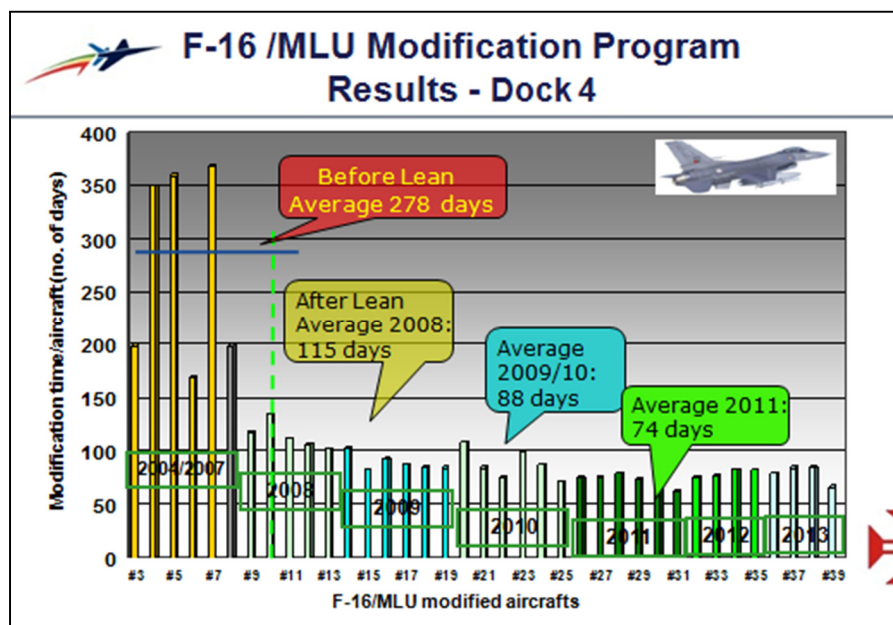
As a major improvement, the fixed dock type of maintenance moved to flow maintenance, and there was the implementation of four work cells, takt time of 50 days, levelling the workload in each cell, reviewing the entire planning with dismemberment of the work cards³, reviewing the sequence of the modification process, standardizing working instructions, normal workspace tool (6S), daily preparation and delivering the material on the dock and introducing visual management boards (Leite, 2010). All these factors have lead to a strategic alignment between the top management and the production teams. This alignment combined with leadership, communication and utilization of human potential enabled for an increase in productivity of over 60% in a year, which consistently remained in the last five years of the program and efficiently allowed, with the same human resources, for the accomplishment of the goals (see Figure 1).

¹ Kaizen – Japanese word meaning "change for the better".

² Takt Time – German word meaning "pace" or "step" defined by the client that results from dividing the available production time by the customer needs.

³ Work card - Document where maintenance actions are recommended divided into Basic Cards (eg.: scheduled inspections), Additional Cards (eg.: fulfillment of a technical nature) Deriving Cards (eg.: repairs or replacements not scheduled).

Figure 1 – F-16/MLU modification program results (Dock 4)

Source: DMSA⁴ (adapted)

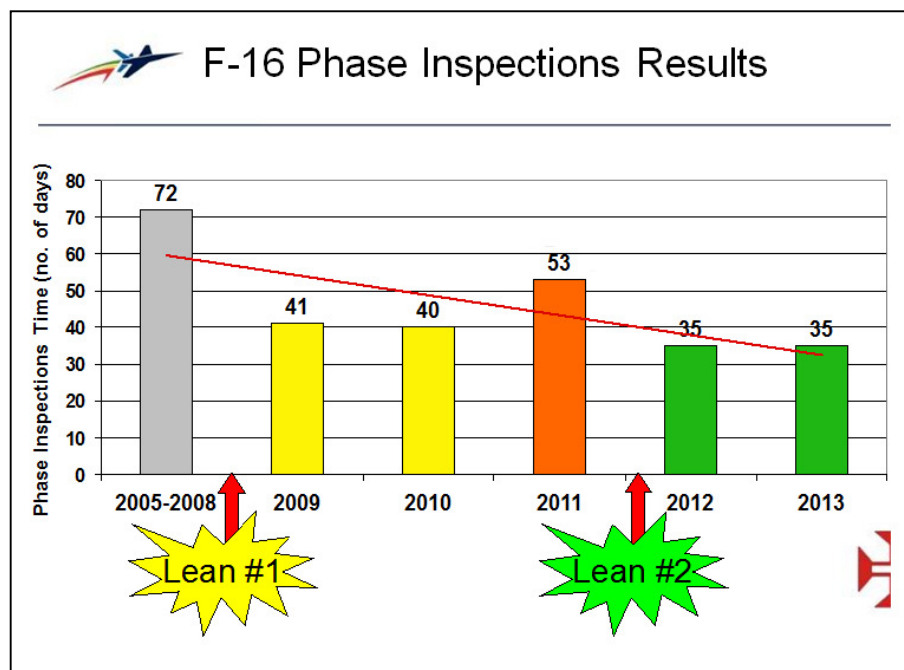
The achieved results of this modification program, contrasting with difficulties in other maintenance areas (due to the high variability of downtime and the difficult management in allocating resources for the execution of tasks) resulted in the use of the lean philosophy to the F-16 scheduled maintenance, particularly the Phase Inspections, which occur every 300 Flight Hours (FH).

The average downtime in these inspections was 72 days, the works were carried out in a fixed dock, the work-in-progress (WIP) ranged between four and five aircrafts and the shortage of human and material resources made it impossible to run all this simultaneously. The change resulted in having a maximum of two aircraft in WIP and decreasing the downtime for 35 days, resulting in an over 50% reduction (2010).

A second operation of the same type happened in late 2011, which allowed for the consolidation and improvement of the results, stabilizing the average inspection times on 35 days (see Figure 2).

⁴ DMSA – Weapons Systems Maintenance Direction.

Figure 2 – Average Time of F-16 Phase Inspections



Source: DMSA (adapted)

The success of these interventions can be credited to the careful mapping of the value chain; the creation of a future state aligned with the takt time, the creation of balancing standard workloads and the correct assignment of priorities. The resulting alignment of all sub-processes and the implementation of visual management tools allowed us to identify process problems and quickly act to solve them.

Due to the encouraging results in the F-16 fleet, this experience was tried in other fleets. Among other lean thinking applications in the Air Force aircraft maintenance, the following results are highlighted:

- Helicopter Alouette III Intermediate Maintenance, 40% reduction in downtime (2008-2009);
- C-130 Intermediate Maintenance, a decrease of 40%, with limited support (2009);
- Epsilon TB-30 Intermediate Maintenance, an average 29% reduction in 250HV and 500HV inspections; Overhaul Maintenance (IRAN⁵), average reduction of 33% (PoAF) and 56% (outsourcing) in downtime and about 60% cost reduction of (in detail in section 4.2 of this article).

⁵ IRAN - Inspect and Repair As Necessary.

3. “Lean Technics”

3.1. Origins and Evolution

The lean management philosophy is based on the TPS (Toyota Production System) and seeks to create a culture based on respect for people and continuous improvement, by adding value through the relentless pursuit of waste. For scientific problem solving with the PDSA - Plan, Do, Study, Act; methodology was a fundamental tool for organization learning.

The lean thinking goes beyond a "roadmap" to implement changes, being considered as a strategy for operations restructuring at the processes level (Silva, 2014), which contributes to the transformation of attitude and corporate culture / organizational. It is an operating process to simplify the way that material and information are managed, being a way of thinking and thus acting.

It was based on the study presented by Womack et al. (1990), in the book "The Machine That Changed the World" that the USAF joint efforts, in 1993, with the Massachusetts Institute of Technology (MIT), in a partnership that aimed to study the TPS model and its implementation to the military aeronautics.

The lean management transformation and implementation process is fundamentally based on respect for people, the leadership and “buy-in⁶” skills, process flow optimization and it is focused on continuous improvement, with the goal of creating value through the elimination waste.

The eight typified wastes in the aircraft maintenance industry have been consistent over the improvement processes developed in the different weapons systems: over processing (inherently bureaucratic); inventory; transportation (aircraft / equipment); standby time; movement (people); defects (error correction); overproduction (over maintenance); non-use of human potential.

In order to eliminate these wastes, some main lean tools have been used: value stream mapping, rapid improvement events or kaizen, A3-PDSA, 6S (5S + 1), visual management, kanban, standard work.

⁶ Buy-in - Ability to promote the people's acceptance and commitment to a particular goal.

3.2. Value Stream Mapping

One of the most important tools in the implementation of lean process methodology consists of mapping the value chain (see Figure 3), used to map the flow of processes. There are three phases: current situation identification, drawing the ideal situation and mapping the future situation (generated from the analysis of the first and from a set of inputs from vision created with the second). This leads to the creation of a planning action plan that leads to the implementation of the future situation and consequent process improvement.

Figure 3 – Value stream mapping



3.3. Rapid Improvement Events

The rapid improvement event methodology (see Figure 4) is one of the most powerful lean solutions that allow us to create, in a short time, an enhancer mechanism for radical changes in the organization's current processes and activities; being generators of quick and significant results, creating an environment of optimism, confidence, enthusiasm and satisfaction among participants (see Figure 5). It also allows us to create the new desired situation by successive advances.

Figure 4 – Seven-week rapid improvement events methodology

Rapid Improvement Event (seven-week model) Three weeks preparation: topics, teams, goals	
Day 1: Current state study	
Day 2: Major changes - future state	
Day 3: Testing and refining	
Day 4: Standard work (new standard)	
Day 5: Presentation (results)	
3 weeks follow up: problems resolution	

Figure 5 – Rapid improvement event in Air Base no. 5



3.4. A3-PDSA

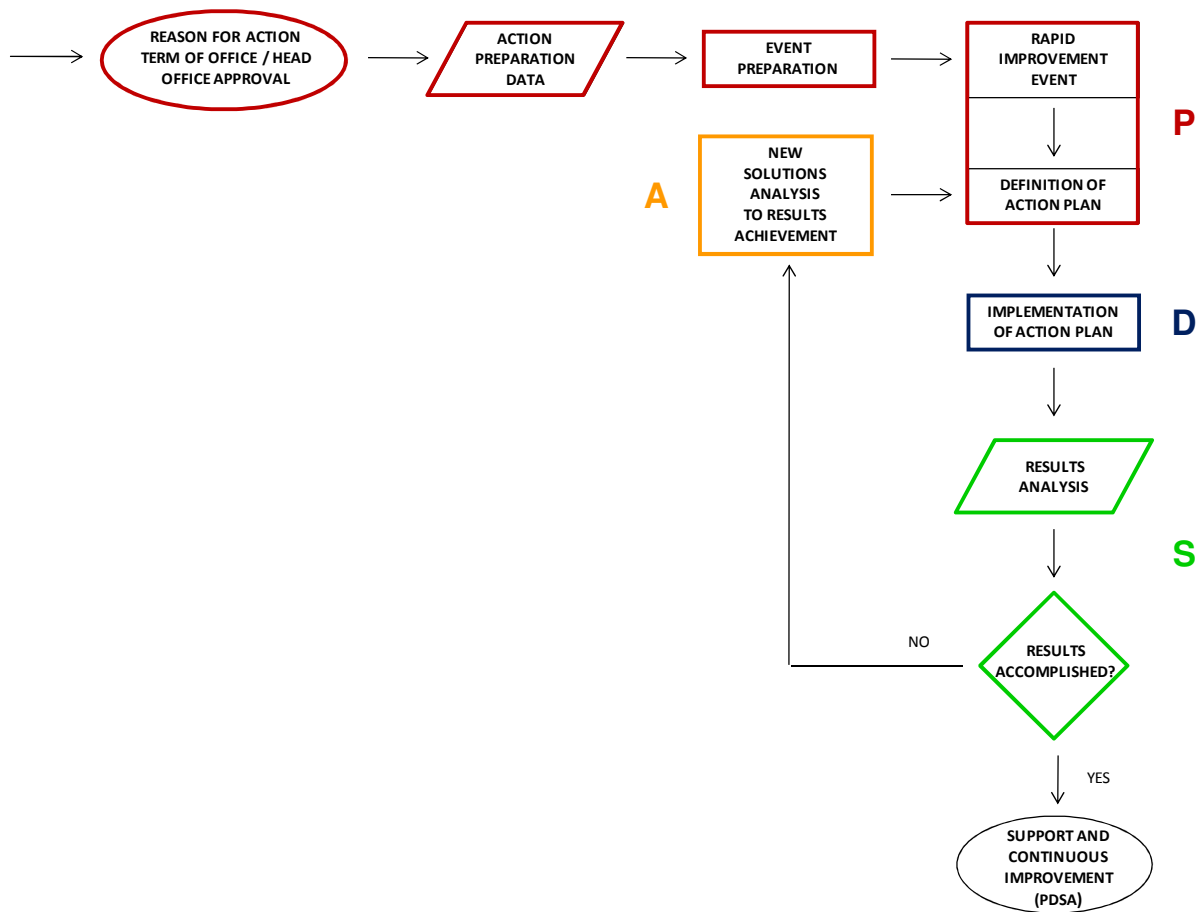
The A3⁷ – PDSA (Plan Do, Study, Act) methodology is based on the Deming cycle (Plan, Do, Check, Act), the main action of the continuous improvement philosophy. It is, almost worldwide, oriented to problem solving, with application directed at identifying the causes, while pursuing the best solution (see Figure 6).

⁷ A3 – Its name arises from the use of an A3 sheet for placement information.

Figure 6 – Example of an A3 lean maintenance implementation process in 250FH and 500FH inspections in the Epsilon fleet

 Título: Implementação Lean Insp. P1 e P2 Epsilon Responsável do Processo: <u>TCor Santos</u> Equipa do evento: TCor Pedro Santos, C-cap Martins, Cap Freitas, Ten Pires, Ten Pedreira, Ten Carneiro, Ten Campos, Alil Silvestre, Alil Mendes, SCH Abreu, Sg Guerra, Sg Bandeira, Sg Remédios, LCor Pedro, LCor Vicente, Sg Miralles, Sg Sarmento, LCor Correia, LCor Gomes.		CMOT/Diretor/Chefe: <u>CMOT BAI/CMISA</u> Mostrou lean management: <u>TCor Salvado</u> Data de Início: <u>05/03/12</u> Data Atual: <u>23/04/13</u> Data de Fim: _____	
1. Razão da Ação Conteúdo: Dar continuidade à implementação da filosofia Lean nas Atções de Manutenção Programadas P1 e P2, visando a optimização das sequências de trabalho, a eliminação dos tempos de inactividade. Enunciado: Necessidade de identificar, optimizar e avaliar a melhor sequência de trabalho das inspeções de voo P1 (250FH) e P2 (500FH) da aeronave Epsilon, usando a metodologia lean. Âmbito e Fronteiras: - Inspeções: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P38, P39, P40, P41, P42, P43, P44, P45, P46, P47, P48, P49, P50, P51, P52, P53, P54, P55, P56, P57, P58, P59, P60, P61, P62, P63, P64, P65, P66, P67, P68, P69, P70, P71, P72, P73, P74, P75, P76, P77, P78, P79, P80, P81, P82, P83, P84, P85, P86, P87, P88, P89, P90, P91, P92, P93, P94, P95, P96, P97, P98, P99, P100, P101, P102, P103, P104, P105, P106, P107, P108, P109, P110, P111, P112, P113, P114, P115, P116, P117, P118, P119, P120, P121, P122, P123, P124, P125, P126, P127, P128, P129, P130, P131, P132, P133, P134, P135, P136, P137, P138, P139, P140, P141, P142, P143, P144, P145, P146, P147, P148, P149, P150, P151, P152, P153, P154, P155, P156, P157, P158, P159, P160, P161, P162, P163, P164, P165, P166, P167, P168, P169, P170, P171, P172, P173, P174, P175, P176, P177, P178, P179, P180, P181, P182, P183, P184, P185, P186, P187, P188, P189, P190, P191, P192, P193, P194, P195, P196, P197, P198, P199, P200, P201, P202, P203, P204, P205, P206, P207, P208, P209, P210, P211, P212, P213, P214, P215, P216, P217, P218, P219, P220, P221, P222, P223, P224, P225, P226, P227, P228, P229, P230, P231, P232, P233, P234, P235, P236, P237, P238, P239, P240, P241, P242, P243, P244, P245, P246, P247, P248, P249, P250, P251, P252, P253, P254, P255, P256, P257, P258, P259, P260, P261, P262, P263, P264, P265, P266, P267, P268, P269, P270, P271, P272, P273, P274, P275, P276, P277, P278, P279, P280, P281, P282, P283, P284, P285, P286, P287, P288, P289, P290, P291, P292, P293, P294, P295, P296, P297, P298, P299, P300, P301, P302, P303, P304, P305, P306, P307, P308, P309, P310, P311, P312, P313, P314, P315, P316, P317, P318, P319, P320, P321, P322, P323, P324, P325, P326, P327, P328, P329, P330, P331, P332, P333, P334, P335, P336, P337, P338, P339, P340, P341, P342, P343, P344, P345, P346, P347, P348, P349, P350, P351, P352, P353, P354, P355, P356, P357, P358, P359, P360, P361, P362, P363, P364, P365, P366, P367, P368, P369, P370, P371, P372, P373, P374, P375, P376, P377, P378, P379, P380, P381, P382, P383, P384, P385, P386, P387, P388, P389, P390, P391, P392, P393, P394, P395, P396, P397, P398, P399, P400, P401, P402, P403, P404, P405, P406, P407, P408, P409, P410, P411, P412, P413, P414, P415, P416, P417, P418, P419, P420, P421, P422, P423, P424, P425, P426, P427, P428, P429, P430, P431, P432, P433, P434, P435, P436, P437, P438, P439, P440, P441, P442, P443, P444, P445, P446, P447, P448, P449, P450, P451, P452, P453, P454, P455, P456, P457, P458, P459, P460, P461, P462, P463, P464, P465, P466, P467, P468, P469, P470, P471, P472, P473, P474, P475, P476, P477, P478, P479, P480, P481, P482, P483, P484, P485, P486, P487, P488, P489, P490, P491, P492, P493, P494, P495, P496, P497, P498, P499, P500, P501, P502, P503, P504, P505, P506, P507, P508, P509, P510, P511, P512, P513, P514, P515, P516, P517, P518, P519, P520, P521, P522, P523, P524, P525, P526, P527, P528, P529, P530, P531, P532, P533, P534, P535, P536, P537, P538, P539, P540, P541, P542, P543, P544, P545, P546, P547, P548, P549, P550, P551, P552, P553, P554, P555, P556, P557, P558, P559, P560, P561, P562, P563, P564, P565, P566, P567, P568, P569, P570, P571, P572, P573, P574, P575, P576, P577, P578, P579, P580, P581, P582, P583, P584, P585, P586, P587, P588, P589, P590, P591, P592, P593, P594, P595, P596, P597, P598, P599, P600, P601, P602, P603, P604, P605, P606, P607, P608, P609, P610, P611, P612, P613, P614, P615, P616, P617, P618, P619, P620, P621, P622, P623, P624, P625, P626, P627, P628, P629, P630, P631, P632, P633, P634, P635, P636, P637, P638, P639, P640, P641, P642, P643, P644, P645, P646, P647, P648, P649, P650, P651, P652, P653, P654, P655, P656, P657, P658, P659, P660, P661, P662, P663, P664, P665, P666, P667, P668, P669, P670, P671, P672, P673, P674, P675, P676, P677, P678, P679, P680, P681, P682, P683, P684, P685, P686, P687, P688, P689, P690, P691, P692, P693, P694, P695, P696, P697, P698, P699, P700, P701, P702, P703, P704, P705, P706, P707, P708, P709, P710, P711, P712, P713, P714, P715, P716, P717, P718, P719, P720, P721, P722, P723, P724, P725, P726, P727, P728, P729, P730, P731, P732, P733, P734, P735, P736, P737, P738, P739, P740, P741, P742, P743, P744, P745, P746, P747, P748, P749, P750, P751, P752, P753, P754, P755, P756, P757, P758, P759, P760, P761, P762, P763, P764, P765, P766, P767, P768, P769, P770, P771, P772, P773, P774, P775, P776, P777, P778, P779, P780, P781, P782, P783, P784, P785, P786, P787, P788, P789, P790, P791, P792, P793, P794, P795, P796, P797, P798, P799, P800, P801, P802, P803, P804, P805, P806, P807, P808, P809, P810, P811, P812, P813, P814, P815, P816, P817, P818, P819, P820, P821, P822, P823, P824, P825, P826, P827, P828, P829, P830, P831, P832, P833, P834, P835, P836, P837, P838, P839, P840, P841, P842, P843, P844, P845, P846, P847, P848, P849, P850, P851, P852, P853, P854, P855, P856, P857, P858, P859, P860, P861, P862, P863, P864, P865, P866, P867, P868, P869, P870, P871, P872, P873, P874, P875, P876, P877, P878, P879, P880, P881, P882, P883, P884, P885, P886, P887, P888, P889, P890, P891, P892, P893, P894, P895, P896, P897, P898, P899, P900, P901, P902, P903, P904, P905, P906, P907, P908, P909, P910, P911, P912, P913, P914, P915, P916, P917, P918, P919, P920, P921, P922, P923, P924, P925, P926, P927, P928, P929, P930, P931, P932, P933, P934, P935, P936, P937, P938, P939, P940, P941, P942, P943, P944, P945, P946, P947, P948, P949, P950, P951, P952, P953, P954, P955, P956, P957, P958, P959, P960, P961, P962, P963, P964, P965, P966, P967, P968, P969, P970, P971, P972, P973, P974, P975, P976, P977, P978, P979, P980, P981, P982, P983, P984, P985, P986, P987, P988, P989, P990, P991, P992, P993, P994, P995, P996, P997, P998, P999, P1000, P1001, P1002, P1003, P1004, P1005, P1006, P1007, P1008, P1009, P1010, P1011, P1012, P1013, P1014, P1015, P1016, P1017, P1018, P1019, P1020, P1021, P1022, P1023, P1024, P1025, P1026, P1027, P1028, P1029, P1030, P1031, P1032, P1033, P1034, P1035, P1036, P1037, P1038, P1039, P1040, P1041, P1042, P1043, P1044, P1045, P1046, P1047, P1048, P1049, P1050, P1051, P1052, P1053, P1054, P1055, P1056, P1057, P1058, P1059, P1060, P1061, P1062, P1063, P1064, P1065, P1066, P1067, P1068, P1069, P1070, P1071, P1072, P1073, P1074, P1075, P1076, P1077, P1078, P1079, P1080, P1081, P1082, P1083, P1084, P1085, P1086, P1087, P1088, P1089, P1090, P1091, P1092, P1093, P1094, P1095, P1096, P1097, P1098, P1099, P1100, P1101, P1102, P1103, P1104, P1105, P1106, P1107, P1108, P1109, P1110, P1111, P1112, P1113, P1114, P1115, P1116, P1117, P1118, P1119, P1120, P1121, P1122, P1123, P1124, P1125, P1126, P1127, P1128, P1129, P1130, P1131, P1132, P1133, P1134, P1135, P1136, P1137, P1138, P1139, P1140, P1141, P1142, P1143, P1144, P1145, P1146, P1147, P1148, P1149, P1150, P1151, P1152, P1153, P1154, P1155, P1156, P1157, P1158, P1159, P1160, P1161, P1162, P1163, P1164, P1165, P1166, P1167, P1168, P1169, P1170, P1171, P1172, P1173, P1174, P1175, P1176, P1177, P1178, P1179, P1180, P1181, P1182, P1183, P1184, P1185, P1186, P1187, P1188, P1189, P1190, P1191, P1192, P1193, P1194, P1195, P1196, P1197, P1198, P1199, P1200, P1201, P1202, P1203, P1204, P1205, P1206, P1207, P1208, P1209, P1210, P1211, P1212, P1213, P1214, P1215, P1216, P1217, P1218, P1219, P1220, P1221, P1222, P1223, P1224, P1225, P1226, P1227, P1228, P1229, P1230, P1231, P1232, P1233, P1234, P1235, P1236, P1237, P1238, P1239, P1240, P1241, P1242, P1243, P1244, P1245, P1246, P1247, P1248, P1249, P1250, P1251, P1252, P1253, P1254, P1255, P1256, P1257, P1258, P1259, P1260, P1261, P1262, P1263, P1264, P1265, P1266, P1267, P1268, P1269, P1270, P1271, P1272, P1273, P1274, P1275, P1276, P1277, P1278, P1279, P1280, P1281, P1282, P1283, P1284, P1285, P1286, P1287, P1288, P1289, P1290, P1291, P1292, P1293, P1294, P1295, P1296, P1297, P1298, P1299, P1300, P1301, P1302, P1303, P1304, P1305, P1306, P1307, P1308, P1309, P1310, P1311, P1312, P1313, P1314, P1315, P1316, P1317, P1318, P1319, P1320, P1321, P1322, P1323, P1324, P1325, P1326, P1327, P1328, P1329, P1330, P1331, P1332, P1333, P1334, P1335, P1336, P1337, P1338, P1339, P1340, P1341, P1342, P1343, P1344, P1345, P1346, P1347, P1348, P1349, P1350, P1351, P1352, P1353, P1354, P1355, P1356, P1357, P1358, P1359, P1360, P1361, P1362, P1363, P1364, P1365, P1366, P1367, P1368, P1369, P1370, P1371, P1372, P1373, P1374, P1375, P1376, P1377, P1378, P1379, P1380, P1381, P1382, P1383, P1384, P1385, P1386, P1387, P1388, P1389, P1390, P1391, P1392, P1393, P1394, P1395, P1396, P1397, P1398, P1399, P1400, P1401, P1402, P1403, P1404, P1405, P1406, P1407, P1408, P1409, P1410, P1411, P1412, P1413, P1414, P1415, P1416, P1417, P1418, P1419, P1420, P1421, P1422, P1423, P1424, P1425, P1426, P1427, P1428, P1429, P1430, P1431, P1432, P1433, P1434, P1435, P1436, P1437, P1438, P1439, P1440, P1441, P1442, P1443, P1444, P1445, P1446, P1447, P1448, P1449, P1450, P1451, P1452, P1453, P1454, P1455, P1456, P1457, P1458, P1459, P1460, P1461, P1462, P1463, P1464, P1465, P1466, P1467, P1468, P1469, P1470, P1471, P1472, P1473, P1474, P1475, P1476, P1477, P1478, P1479, P1480, P1481, P1482, P1483, P1484, P1485, P1486, P1487, P1488, P1489, P1490, P1491, P1492, P1493, P1494, P1495, P1496, P1497, P1498, P1499, P1500, P1501, P1502, P1503, P1504, P1505, P1506, P1507, P1508, P1509, P1510, P1511, P1512, P1513, P1514, P1515, P1516, P1517, P1518, P1519, P1520, P1521, P1522, P1523, P1524, P1525, P1526, P1527, P1528, P1529, P1530, P1531, P1532, P1533, P1534, P1535, P1536, P1537, P1538, P1539, P1540, P1541, P1542, P1543, P1544, P1545, P1546, P1547, P1548, P1549, P1550, P1551, P1552, P1553, P1554, P1555, P1556, P1557, P1558, P1559, P1560, P1561, P1562, P1563, P1564, P1565, P1566, P1567, P1568, P1569, P1570, P1571, P1572, P1573, P1574, P1575, P1576, P1577, P1578, P1579, P1580, P1581, P1582, P1583, P1584, P1585, P1586, P1587, P1588, P1589, P1590, P1591, P1592, P1593, P1594, P1595, P1596, P1597, P1598, P1599, P1600, P1601, P1602, P1603, P1604, P1605, P1606, P1607, P1608, P1609, P1610, P1611, P1612, P1613, P1614, P1615, P1616, P1617, P1618, P1619, P1620, P1621, P1622, P1623, P1624, P1625, P1626, P1627, P1628, P1629, P1630, P1631, P1632, P1633, P1634, P1635, P1636, P1637, P1638, P1639, P1640, P1641, P1642, P1643, P1644, P1645, P1646, P1647, P1648, P1649, P1650, P1651, P1652, P1653, P1654, P1655, P1656, P1657, P1658, P1659, P1660, P1661, P1662, P1663, P1664, P1665, P1666, P1667, P1668, P1669, P1670, P1671, P1672, P1673, P1674, P1675, P1676, P1677, P1678, P1679, P1680, P1681, P1682, P1683, P1684, P1685, P1686, P1687, P1688, P1689, P1690, P1691, P1692, P1693, P1694, P1695, P1696, P1697, P1698, P1699, P1700, P1701, P1702, P1703, P1704, P1705, P1706, P1707, P1708, P1709, P1710, P1711, P1712, P1713, P1714, P1715, P1716, P1717, P1718, P1719, P1720, P1721, P1722, P1723, P1724, P1725, P1726, P1727, P1728, P1729, P1730, P1731, P1732, P1733, P1734, P1735, P1736, P1737, P1738, P1739, P1740, P1741, P1742, P1743, P1744, P1745, P1746, P1747, P1748, P1749, P1750, P1751, P1752, P1753, P1754, P1755, P1756, P1757, P1758, P1759, P1760, P1761, P1762, P1763, P1764, P1765, P1766, P1767, P1768, P1769, P1770, P1771, P1772, P1773, P1774, P1775, P1776, P1777, P1778, P1779, P1780, P1781, P1782, P1783, P1784, P1785, P1786, P1787, P1788, P1789, P1790, P1791, P1792, P1793, P1794, P1795, P1796, P1797, P1798, P1799, P1800, P1801, P1802, P1803, P1804, P1805, P1806, P1807, P1808, P1809, P1810, P1811, P1812, P1813, P1814, P1815, P1816, P1817, P1818, P1819, P1820, P1821, P1822, P1823, P1824, P1825, P1826, P1827, P1828, P1829, P1830, P1831, P1832, P1833, P1834, P1835, P1836, P1837, P1838, P1839, P1840, P1841, P1842, P1843, P1844, P1845, P1846, P1847, P1848, P1849, P1850, P1851, P1852, P1853, P1854, P1855, P1856, P1857, P1858, P1859, P1860, P1861, P1862, P1863, P1864, P1865, P1866, P1867, P1868, P1869, P1870, P1871, P1872, P1873, P1874, P1875, P1876, P1877, P1878, P1879, P1880, P1881, P1882, P1883, P1884, P1885, P1886, P1887, P1888, P1889, P1890, P1891, P1892, P1893, P1894, P1895, P1896, P1897, P1898, P1899, P1900, P1901, P1902, P1903, P1904, P1905, P1906, P1907, P1908, P1909, P1910, P1911, P1912, P1913, P1914, P1915, P1916, P1917, P1918, P1919, P1920, P1921, P1922, P1923, P1924, P1925, P1926, P1927, P1928, P1929, P1930, P1931, P1932, P1933, P1934, P1935, P1936, P1937, P1938, P1939, P1940, P1941, P1942, P1943, P1944, P1945, P1946, P1947, P1948, P1949, P1950, P1951, P1952, P1953, P1954, P1955, P1956, P1957, P1958, P1959, P1960, P1961, P1962, P1963, P1964, P1965, P1966, P1967, P1968, P1969, P1970, P1971, P1972, P1973, P1974, P1975, P1976, P1977, P1978, P1979, P1980, P1981, P1982, P1983, P1984, P1985, P1986, P1987, P1988, P1989, P1990, P1991, P1992, P1993, P1994, P1995, P1996, P1997, P1998, P1999, P2000, P2001, P2002, P2003, P2004, P2005, P2006, P2007, P2008, P2009, P2010, P2011, P2012, P2013, P2014, P2015, P2016, P2017, P2018, P2019, P2020, P2021, P2022, P2023, P2024, P2025, P2026, P2027, P2028, P2029, P2030, P2031, P2032, P2033, P2034, P2035, P2036, P2037, P2038, P2039, P2040, P2041, P2042, P2043, P2044, P2045, P2046, P2047, P2048, P2049, P2050, P2051, P2052, P2053, P2054, P2055, P2056, P2057, P2058, P2059, P2060, P2061, P2062, P2063, P2064, P2065, P2066, P2067, P2068, P2069, P2070, P2071, P2072, P2073, P2074, P2075, P2076, P2077, P2078, P2079, P2080, P2081, P2082, P2083, P2084, P2085, P2086, P2087, P2088, P2089, P2090, P2091, P2092, P2093, P2094, P2095, P2096, P2097, P2098, P2099, P2100, P2101, P2102, P2103, P2104, P2105, P2106, P2107, P2108, P2109, P2110, P2111, P2112, P2113, P2114, P2115, P2116, P2117, P2118, P2119, P2120, P2121, P2122, P2123, P2124, P2125, P2126, P2127, P2128, P2129, P2130, P2131, P2132, P2133, P2134, P2135, P2136, P2137, P2138, P2139,			

Figure 7 – Lean process implementation flow diagram



3.5. 6S (5S+1)

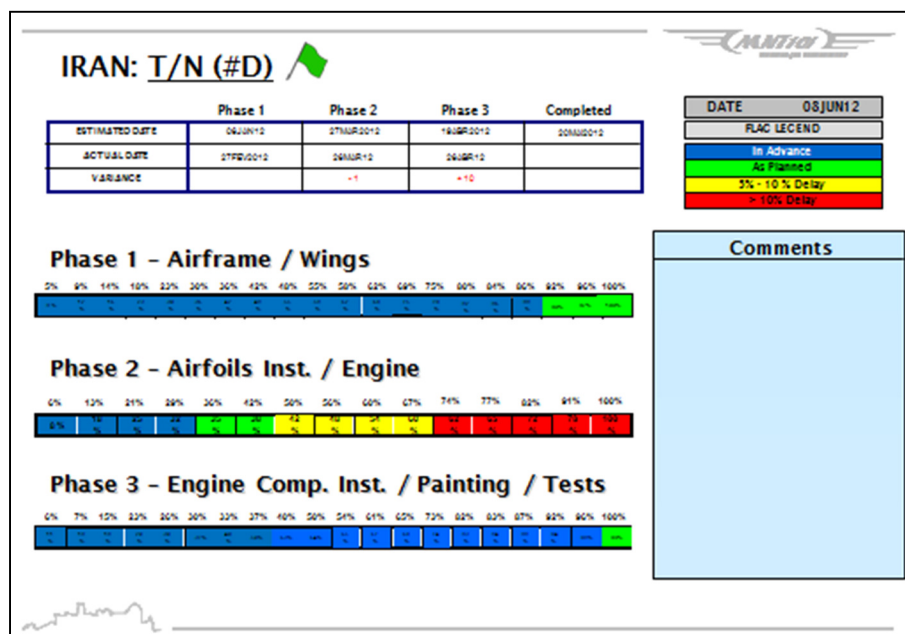
The 6S is a workplace management and organization method widely accepted and easy to perform, which features quick and visible results, perceptible by all. It immediately translates the visible face of ongoing organizational transformation. In addition to reassuring stakeholders, it motivates even the most sceptical ones, making everybody believe that the adoption of a more active role in the process may lead to increased discipline, greater accuracy and more efficient working methods.

3.6. Visual Management

The visual management tools are considered as communication tools that allow, in real time, for a quick decision by analysing and monitoring the performance metrics, amplifying the transparency of the process. This, inherently, increases the trust between

the various levels of management, serving as a mitigating element to the resistance to change and an aggregator of all the team to achieve the desired objectives (see Figure 8).

Figure 8 – Epsilon fleet, overhaul visual management tool



Source: MNT101⁸ (adapted)

While referring to active or passive information, this tool controls the active, exposed in the frames of visual management, making it possible to know the status of each process in five seconds and, in this way, to have a rapid decision making process. The information, recorded in the information systems, while considered passive, requires effort and time to be accessed.

3.7. Kanbans

Kanban is a Japanese word, meaning card or signal, which represents the beginning of a need for replacement material. Ensuring the pull operation system components through visual management have very successfully been used as a facilitator and a communicator element, between maintenance and the logistics areas.

⁸ MNT101 – Squadron 101 Maintenance.

3.8. Standard Working Instructions

Process standardization is one of the most relevant lean thinking characteristics, aimed at performing tasks in the same way, in the same working sequence, by all stakeholders; using the same tools and knowledge to intervene in unpredictable situations, increasing efficiency of the process, with repetition benefits.

4. Challenges and Results

Maintenance and logistics play a key role in resource and service distribution. They aim to keep the aircraft in top condition, to ensure airworthiness and capability for immediate response at the lowest cost. Maintenance should be organized in order to allow the aircraft to be in non-operating conditions for the shortest possible time. This is incidentally, one of the main challenges of any weapons system logistic chain.

4.1. F-16 Implementation

The success and improvement achieved through the implementation of tools and concepts of lean management philosophy, in the F-16 aircraft modification and in the Phase Inspections, led to its application to other areas of maintenance, particularly in procedures of: regeneration of Augmentor engine module potential (Gouveia, 2010) (see Figure 9); Inlet Fan Module mounting (Correia, 2012); Mechanical, Hydraulic and Motor Systems (Bajouco, 2011) and Avionics (Carvalho, 2011) Supply Chains Optimization.

Figure 9 – Examples of improvements in the Augmentor engine module potential regeneration



Source: (Gouveia, 2010)

Other studies were made with the objective of improving the supply chain and repair material fluidity, and to optimize the sorties generation of this weapon system, including training, operational planning and front line maintenance.

4.1.1. Lean Logistics

A lean management methodology implementation project was developed to: improve the supply chain and repair material efficiency and effectiveness, ensuring its delivery at the right time; seek a financial benefit of € 1.5 million a year; halve the time between requesting the material and its satisfaction.

Initially, there was an excessive inventory with a low stock rotation, an acquisition material process based on historical and inaccurate forecasts, information gaps and long transportation times were found.

The big challenge was to change from a traditional logistics concept to a lean logistics one, shifting the paradigm. The main differences between these two systems are summarized in Figure 10.

Figure 10 – Traditional Logistics vs. Lean Logistics

TRADITIONAL LOGISTICS	LEAN LOGISTICS
Characteristics	
High inventory	Minor inventory
Slow	Fast
Uncertainty in transportation	Reliable delivery
Repair in batches	Optimum repair flow
Static process	Continuous improvement
High cost	Minor investment
Main Process	
High capital investment	Lean maintenance in 2 levels
High stock in peacetime	Minor dedicated stocks
High availability of parts	Oriented mission support
Principals	
High inventory determines the infrastructure	Innovation simplifies the infrastructure

The change or transition from the current to the desired future state was achieved through various rapid improvement events which implied a direct relationship "supplier - Air Base" with intermediate passage elimination, namely: the central warehouse of the Portuguese Air Force, via delegation and decentralization of tasks; intermediate bench redundancies and stock elimination; main warehouse reorganization by needs frequency; creation of kanbans with material for the "Top 20" of the unannounced failures in the

dedicated maintenance docks. During this process, outside support was crucial ("Lean Sensei - based on SBS - Simpler Business System").

The main results, as shown in Figure 11, represent the resulting significant improvements. As a result, the material is acquired according to the actual demands, resulting in simpler processes, inventory cost reduction and faster material delivery.

Figure 11 – F-16 lean logistics implementation results

F-16 Logistics Chain Improvement	
- May 2010 – Vision and value stream mapping - June to December 2010 – One kaizen event per month	
Results	
- 10 kanbans implemented (80% procurement) - Staff involved - 44% reduction - Inventory reduction - € 14.7 million - Acquisitions satisfaction time - 79% reduction - Consumables purchase - 56% reduction per year	

4.1.2. F-16 Sorties Generation

To achieve the defined optimization objectives regarding the sorties generation, based on the value stream mapping chain, opportunities for improvement were identified in aspects related to: high dispersion of the aircraft; seasonal sorties; changes to the planning; aircraft preparation time.

The new implementation and execution procedures confirmed the objectives of: 15% reduction in the effective aircraft preparation time; 50% reduction in the pilots and mechanics qualification time, as well as, the number of instructors; elimination of sorties cancellation.

To achieve these results, one of the intervention areas was the support equipment maintenance, in order to increase its availability, because many F-16 maintenance sectors depend on its operation to perform maintenance actions. The implementation and validation of the improvement opportunities identified, enabled us to achieve, in two months, an increase of 20% in the availability of these equipment (Meneses, 2012).

This F-16 sortie generation improvement project, together with the intervention in the logistics and material repair chains, allow us to make the flight operations, maintenance

and material supply more effective and efficient, by focusing on value creation, waste eliminating, cost reduction and continuous improvement.

4.2. Epsilon Implementation

Squadron 101 Maintenance (MNT101), located at Air Base no.1 in Sintra, is responsible for the maintenance of the Epsilon TB-30, Chipmunk Mk-20, Dornier DO-27 and ASK-21 glider fleets. Firm in its motto "Nothing is Permanent Except Change", it has, successively, waged continuous improvement bearing in mind its human and material resources optimization.

A clear example of this change is the choice to carry out the maintenance actions that occur in the Epsilon fleet every 2000HV or eight years (whichever comes first), outsourcing only structural repairs and painting. This type of maintenance was, until 2007, done entirely by external contracting.

Verifying that this regeneration potential cadence did not follow the aircraft pace to achieve the Potential Limit Time (PLT), in 2010, the lean maintenance implementation process began in MNT101. This decision, based on the excellent results obtained with the F-16 modification program has made it possible, extremely swiftly and efficiently, to carry out the number of IRANs needed to support the 101 Squadron mission.

With this implementation, the overhaul maintenance capability significantly increased. There was an increase in cell potential, driven by a significant reduction in downtime of the aircraft, as a result of a better work flow.

In the first stage, the optimization of maintenance actions and 3rd tier called "Small" cell and engine inspections – 50FH and 100FH were analysed. "Small Inspections" represent, on average, about 80% of the total number of annual inspections. The "Major Inspections" of the engine – 400FH (2011) and cell – 250FH and 500FH (2012) were not analysed.

To overcome resistance to change, it is crucial to have training and practice (see Figure 12 and Figure 13), because lean thinking is internalized only in the process of experimentation. In fact, "leaners" learns only by doing. The best solutions are those that result from the involvement and contribution of stakeholders in the processes themselves.

Figure 12 – Lean training in MNT101



Figure 13 – Rapid improvement event in MNT101



In addition to the value stream mapping and developing the action plan, there was the implementation of the 6S tool and visual management elements on the work docks, the maintenance of cells organization according to inspection type, the work sequences optimization and the takt time definition for each type of inspection. All work cards have been revised so as to be daily discriminated, allowing people, in advance, to know what tasks need to be performed and the required material.

The implemented optimization and process improvements and the acquired knowledge make it possible, through the absence of constraints, to execute and to implement the four steps that comprise the 3rd echelon maintenance (disassembly, structural repair, paint, assembly) in just six months. This is, when compared to the previous situation, an average reduction in aircraft downtimes of 33% (≈ 9 months, PoAF) and 56% (≈ 13.5 months, outsourcing) and a cost reduction of 60%.

The lean thinking implementation in the Epsilon fleet caused, based on the comparison with the previous experience and selection of best practices (benchmarking), benefits in all fleets under the responsibility of MNT101. This was particularly noticed on the identification, establishment and implementation of kits of material. These kits, intended for scheduled inspections, overhauls of the various components and aircraft (eg.: landings gears, actuators, wheels, ...) systems, as well as kanbans for the "Top 10" of breakdown, avoid the intervention of the maintenance teams in the preparation of material requisitions for scheduled maintenance actions, focusing them on value-added tasks.

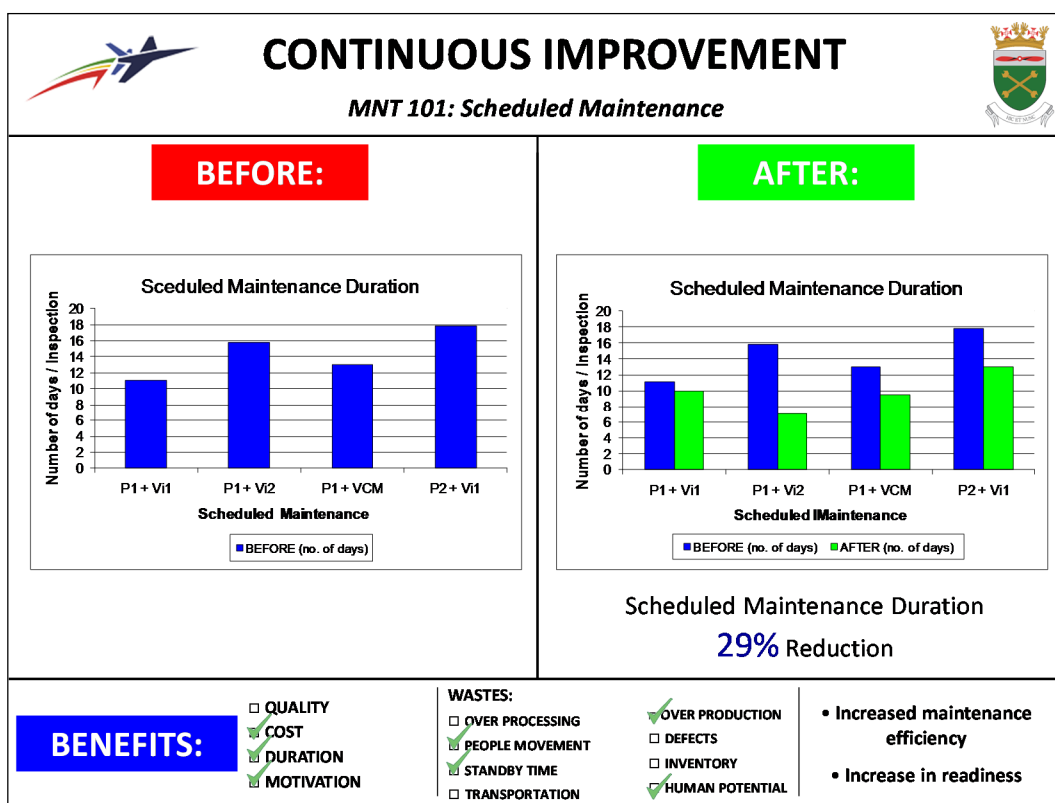
In terms of the logistics flow management, the joint work with the Fleet Management and Logistics Area, the consumption and acquisition of rotatable material, based on detailed forecasts and depending on the date of the need, provided an annual reduction in costs of acquisition of approximately 30% (2010/2012). These processes continue to be subject to constant review in order to eliminate constraints, to achieve the desired fluidity in the logistics chain.

The supporting status and the achievements in the 3rd echelon and “Small Inspections” maintenance processes boosted the lean implementation on the 250HV and 500HV airframe “Major Inspections”, spreading this methodology of management to all maintenance programs for the Epsilon TB-30 fleet.

The followed method in this implementation was the A3-PDSA, as a way of aligning the strategic vision from top management to the maintenance teams, in conjunction with rapid improvement events and value stream mapping.

The benefits of this intervention resulted in the implementation of visual management tools, work sequence optimization, manpower utilization and an average decrease in downtime of the aircraft of 29% (Figure 14).

Figure 14 - Lean implementation results in terms of aircraft down time
in 250FH e 500FH inspections



Source: DMSA (adapted)

During this intervention, the development and application of a questionnaire made it possible to assess the motivation / satisfaction degree of the Epsilon fleet maintenance teams elements. Regarding this lean philosophy implementation, in scheduled inspections of 250FH and 500FH, the degree of motivation / satisfaction of the people involved was 84%.

On the continuous improvement paradigms point of view, resources optimization, value addition, leadership work, communication, human potential involvement and employment, each MNT101 member team has had the notion that each improvement opportunity identified and implemented may have contributed to the decrease in operating costs / maintenance. Also, increasing the quality of the work done by eliminating waste. These factors are at the root of the consecutive achieved results.

5. Conclusions

Lean thinking in the Portuguese Air Force has been consolidated, based on the knowledge that has been created in the organization. This is reflected by the increased ability to have a maintenance proficiency able to handle the mission requirements.

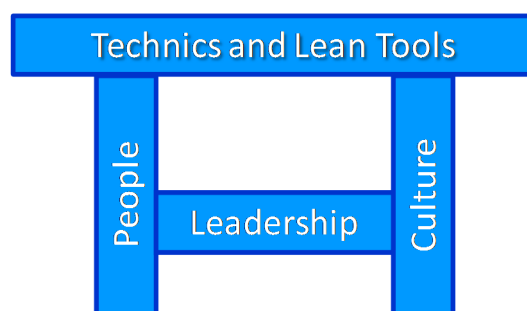
This organizational culture has been achieved through a set of implementations, over several years. The process as resulted in the following conclusions: confirmation of the expected results regarding the implementation of lean methodology in aircraft maintenance; downtime reducing; logistics chain improvements; decreasing support costs; increasing effective maintainability.

It is considered that the results were made possible by the methodological rigor put into the: analysis of the value chain processes; construction of objectives based on the A3-PDSA; practical changes based on rapid improvement events (kaizen).

The necessary organizational support has been manifested in the strategic alignment and commitment of everyone involved in the process, from top management to the maintenance teams. The implementation of lean tools and techniques must be supported by culture organizational, otherwise it will not work.

The effectiveness and efficiency of "Lean Technics" are based on two pillars, namely, the people and the culture. They must be connected by the leadership, symbolically represented in Figure 15.

Figure 15 – Pillars of "Lean Technics"



The quality aircraft maintenance improvement is achieved with the contribution and daily commitment of everyone involved, which is consequently reflected in the strengthening of security and cost reduction.

Bibliographic References

- Bajouco, N. (2011). *Otimização da Cadeia Logística do F-16 – Sistemas Mecânicos, Hidráulicos e Motor*. Master Thesis in Aeronautical Engineering. Universidade da Beira Interior, Covilhã. 113 pp.
- Botas, J. (2008). *Otimização dos recursos Humanos e Materiais recorrendo à Metodologia Lean*. Individual Research Report. Instituto de Altos Estudos da Força Aérea, Granja do Marquês. 53 pp.
- Carneiro, M. (2011). *Implementação de Lean Technics na Manutenção do Sistema de Armas Epsilon*. Final Technical-Military Internship Report. Academia da Força Aérea, Granja do Marquês. 77 pp.
- Carneiro, M. (2013). *Implementação, documentação e avaliação da aplicação de Lean Maintenance no Sistema de Armas Epsilon*. Master Thesis in Mechanical Engineering. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 165 pp.
- Carvalho, T. (2011). *Otimização da Cadeia Logística do F-16 – Sistemas Aviónicos*. Master Thesis in Aeronautical Engineering. Universidade da Beira Interior, Covilhã. 114 pp.
- Correia, G. (2012). *Aplicação de Técnicas Lean à montagem do Inlet Fan Module e Análise do Consumo de Combustível*. Master Thesis in Aeronautical Military Sciences, a specialty of Aeronautical Engineering. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 74 pp.
- Cruz, T. (2010). *F-16 Maintenance and Lean Management Internship*. Report, 4th year ESTACA Student Internship. 57 pp.
- Ferreira, O. (2009). *Implementação da Metodologia Lean à Logística Integrada (ILS) de Apoio aos Sistemas de Armas no Ciclo de Vida*. Individual Research Report. Instituto de Altos Estudos da Força Aérea, Granja do Marquês. 51 pp.
- Gouveia, J. (2010). *Lean Management aplicada à Regeneração de Potencial do módulo Augmentor do Motor F100-PW220E*. Master Thesis in Aeronautical Military Sciences, a specialty of Aeronautical Engineering. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 109 pp.
- Leite, J. (2008). *Modificação F-16 MLU Lean Manufacturing e Melhoria da Qualidade no Processo*. Master Thesis in Aeronautical Military Sciences, a specialty of Electrical Engineering Avionics. Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 124 pp.
- Meneses, A. (2012). *Sustentação do Sistema de Armas F-16 Lean Management e Planeamento de Rotáveis*. Final Technical-Military Internship Report. Academia da Força Aérea, Granja do Marquês. 74 pp.
- Ribeiro, S. (2011). *Leanness na Manutenção Aeronáutica: O Caso FAP*. Master Thesis in Mechanical Engineering. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa. 108 pp.
- Ribeiro, S. (2012). *Manual Tático para Implementação de Lean Management na Força Aérea Portuguesa*. Final Project Report. Comunidade Lean Thinking, Lisboa. 35 pp.
- Salvada, P. (2003). F-16/MLU A Complexidade do Programa. *Mais Alto* n.º 343, Força Aérea Portuguesa, pp. 2-8.
- Salvada, P. (2008). *Metodologia A3 PDCA – Plan, Do, Check, Adjust*. Accessed 22nd September 2014, in: <http://pt.scribd.com/doc/43125434/PDCA-Metodologia-A3-Segundo-Pedro-Salvada>.
- Salvada, P. (2011, December). F-16 com Gestão Lean. *Logística Moderna*, p. 25.
- Salvada, P. (2012). *Eficiência e Eficácia melhoram saídas do F-16*. Accessed 22nd September 2014, in: <http://www.emfa.pt/www/opiniao-004-eficiencia-e-eficacia-melhoram-saidas-do-f16>.
- Salvada, P. (2012). F-16 com Gestão Lean. *Mais Alto* n.º 400, Força Aérea Portuguesa, pp. 17-21.

- Santos, F. e Carneiro, M. (2009). *Lean Manufacturing Lean Maintenance*. Postgraduate in Aviation Technology - Project Report. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal - Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal. 23 pp.
- Silva, S. (2013). *Aplicação de Técnicas de Lean Management na Área da Manutenção dos Sistemas de Armas da Força Aérea Portuguesa*. Master Thesis in Accounting, Taxation and Corporate Finance. Instituto Superior de Economia e Gestão - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 76 pp.
- Womack, J., Jones, D. e Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Simon & Schuster, New York.

Authors Profiles:

Colonel Pedro Salvada is Aeronautical Engineer in the Portuguese Air Force with 30 years of experience. Master in Mechanical Engineering (IST), has several courses of Aeronautics and Lean Management in Portugal and abroad. Colonel Pedro Salvada is the F-16 Program Manager, since 2007, and an encourager of Lean Maintenance Program in Portuguese Air Force.

Miguel Carneiro is Lieutenant in the Portuguese Air Force, a specialty of Maintenance Technician Air Material, degree and master's degree in Mechanical Engineering from ISEL (2002) and from the Universidade Nova de Lisboa (2013), respectively. Currently holds the position of Quality Officer in Air Base no.1, Sintra.

António Mourão is PhD in Mechanical Engineering from Universidade Nova de Lisboa (2000). He is an associate professor in the Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL) and coordinator of the MSc in Mechanical Engineering. The scientific and pedagogical interests focus on the theory and design methodologies and tolerancing of mechanical systems.

Lean Seis Sigma na Melhoria Contínua de um Sistema Logístico de Produção

Sofia Quintaneiro

s.quintaneiro@fct.unl.campus.pt

Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), da Universidade Nova de Lisboa (UNL),
Caparica, 2829-516, Portugal

Alexandra B. Tenera

abt@fct.unl.pt

Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), da Universidade Nova de Lisboa (UNL),
UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial Caparica, 2829-516,
Portugal

Resumo:

A globalização da indústria leva a ambientes industriais cada vez mais competitivos onde a redução de desperdício e melhoria dos sistemas produtivos e logísticos se tornam fatores críticos para o seu sucesso e sustentabilidade.

Desta forma, o presente artigo tem como âmbito a análise e melhoria de um sistema logístico de produção através de uma perspetiva *Lean Seis Sigma* (LSS). O modelo LSS proposto, testado e implementado numa unidade produtiva da indústria automóvel, irá identificar as oportunidades de melhoria no fluxo logístico de produção com base na elaboração do *Value Stream Mapping* (VSM) do processo produtivo de um *cluster*, sendo posteriormente, aplicado o modelo DMAIC no processo identificado como mais crítico e utilizadas cartas de controlo e testes de hipóteses para redução de defeitos no processo selecionado entre outras ferramentas.

Palavras-chave: DMAIC, Melhoria Contínua, *Lean Seis Sigma*, *Value Stream Mapping*.

Abstract:

The industrial globalization leads to a more competitive industrial environments where the waste reduction and the improvement of the production and logistic systems become critical factors to their success and sustainability.

Thereby, the current article scope is to analyse and improve a production logistic system through a Lean Six Sigma (LSS) perspective. The LSS model proposed, tested and implemented in automobile production will identify the opportunities to improve the production logistic flow based on the Value

Stream Mapping (VSM) of the cluster production process. Thereafter, it will be applied the DMAIC model in the most critical identified process and it will be used control charts and hypothesis tests to reduce the defects in the selected process, among other tools.

Keywords: DMAIC, *Continuous Improvement*, *Lean Six Sigma*, *Value Stream Mapping*.

1. Introdução

A procura por melhores resultados levou os investigadores e as próprias organizações a proporem novos sistemas de suporte à gestão, sistemas híbridos, que surgem da integração de sistemas clássicos como *Lean* e Seis Sigma tendo como objetivo a melhoria contínua dos processos. Apesar dos sistemas de base terem características específicas, a sua integração permite suprimir deficiências individuais através exploração da complementaridade de conceitos (Okimura e Souza, 2012). Diversos autores defendem que o uso integrado destes sistemas traz benefícios e resultados financeiros mais expressivos para as organizações e economia em geral (Pirasteh e Farah, 2006; Moura, 2010). Esta simbiose é identificável, por exemplo, na redução de defeitos, obtenção de menores variação, menos desperdício, ciclos mais rápidos e melhorias de capacidade, traduzíveis pelo aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e redução de níveis de existências com impactos financeiros relevantes (Sproull, 2009).

Através de sistemas integrados *Lean Seis Sigma* (LSS) adiciona-se assim rapidez (através da redução do tempo de ciclo), valor acrescentado e fluxo ao conceito DMAIC, proporcionando uma visão e análise global do processo. Deste modo a utilização de conceitos *Lean* integrados em Seis Sigma, permitem não só a melhoria de fluxos e eliminação de desperdícios, como a redução da variabilidade promovendo assim, a melhoria contínua (Hambleton, 2008). O LSS pode ser então entendido como uma estratégia de negócio e simultaneamente como uma metodologia de gestão orientada para aumento sistemático do desempenho das organizações, resultando numa melhor satisfação do cliente numa redução de desperdícios, tempo de ciclo e da instabilidade dos processos produtivos e logísticos (Snee, 2010).

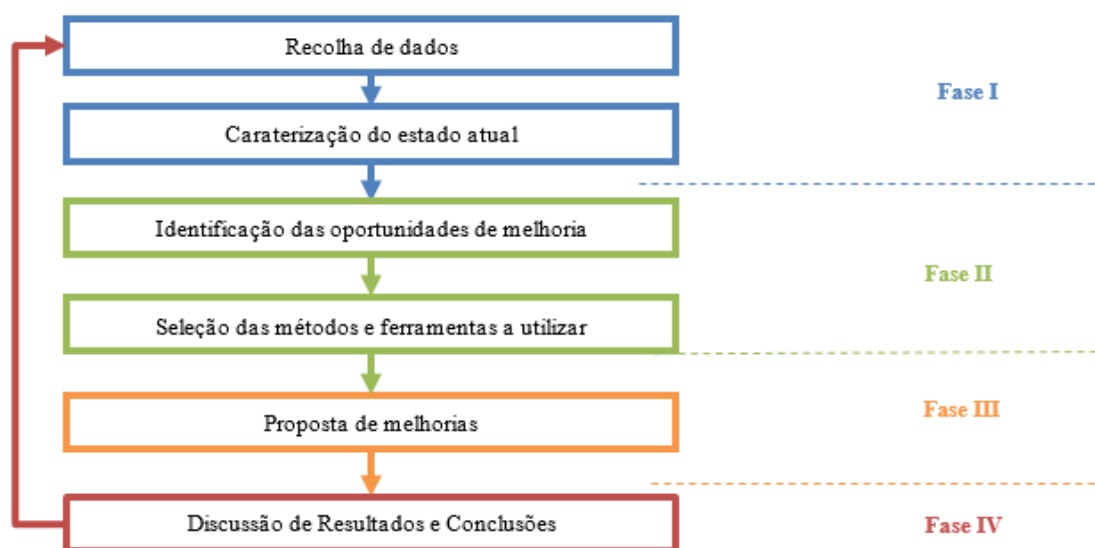
O *Value Stream Mapping* (VSM) permite mapear o fluxo de matérias e informação de processos, de forma a identificar atividade de valor acrescentado e de valor não

acrescentado, procurando eliminar desperdícios e identificar oportunidades de melhoria (Katz, 2010; Khalid et al., 2014; Tabanlı e Ertay, 2012).

O modelo DMAIC tem como objetivo melhorar os processos e reduzir a variabilidade, empregando diversas ferramentas tais como cartas de controlo, entre outras, sendo desenvolvido ao longo de cinco fases distintas. Na fase *Define* é importante definir qual o esboço do projeto, qual o seu objetivo, quais as datas associadas ao mesmo e qual a equipa que participará na sua realização. Na fase *Measure* é necessário estabelecer métricas e recolher os dados necessários e adequados à avaliação. Na fase *Analyse* serão analisados os dados obtidos de forma a determinar as causas dos problemas encontrados para que a melhoria do processo seja mais facilmente atingida. Na fase *Improve* será então necessário definir quais as melhorias e alterações necessárias no processo para que a sua performance melhore e exista redução da variabilidade. Por último, na fase *Control* procurar-se-á garantir que as melhorias implementadas no sistema se mantem a longo prazo (Montgomery, 2009; Brook, 2010; Tenera, 2013; Khandekar e Sulakhe, 2014).

2. Modelo LSS para a melhoria contínua de um sistema logístico de produção

O sistema LSS proposto será composto por quatro fases fundamentais: I – Diagnóstico do sistema, II – Análise de resultados, identificação de oportunidades de melhoria e seleção dos métodos e ferramentas a utilizar para alcançar as melhorias, III - Proposta de melhorias para posterior implementação e, por último, IV – Implementação e verificação de resultados. Na Figura 1, encontra-se a representação do modelo de implementação LSS sugerido onde as fases do modelo estão identificadas.

Figura 1 - Representação do modelo LSS proposto

Na Tabela 1, encontram-se definidos os objetivos associados a cada uma das fases do modelo proposto.

Para atingir os objetivos acima estipulados, o modelo utilizará métodos e ferramentas *Lean*, Seis Sigma no âmbito da logística de produção, dada a natureza do sistema em estudo. Na Tabela 2, encontram-se sintetizados os *inputs* necessários, os métodos e ferramentas aplicados e o *output* expectável consoante a fase do modelo.

Tabela 1 – Modelo LSS proposto

Fase	Objetivos
I – Diagnóstico do Sistema	- Caracterização do processo de produção; - Caracterização do fluxo logístico; - Caracterização da configuração da instalação existente.
II – Análise de resultados, identificação das oportunidades de melhoria e seleção dos métodos e ferramentas para alcançar as melhorias	- Identificação dos processos/áreas críticas; - Identificação de oportunidades de melhoria (redução de desperdício, melhoria da performance); - Seleção das ferramentas e métodos a aplicar.
III – Proposta de melhorias para posterior implementação	- Aplicação das ferramentas selecionadas; - Propor medidas de melhorias;
IV – Implementação e verificação de resultados	- Implementação das medidas aceites pela organização; - Discussão dos resultados obtidos.

Tabela 2 – Inputs e outputs do modelo proposto

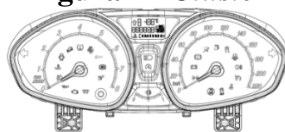
Fase	Input	Lean	Seis Sigma	Output
------	-------	------	------------	--------

I	Caraterização do estado atual do sistema a nível do processo logístico de produção	VSM	OEE FTT <i>Scrap</i>
II	Análise de resultados da fase anterior	Eventos <i>Kaizen</i>	Identificação das oportunidades de melhoria
III	Nível de <i>scrap</i> no processo de produção	DMAIC Diagrama de Pareto Estudos R&R	Identificação do processo com maior percentagem de <i>scrap</i> .
	Proporção de defeitos	ANOVA Cartas de controlo	Redução da proporção de defeitos no processo selecionado.
IV	Análise do sistema (logístico de produção) após implementação das melhorias propostas.		Comparação de resultados entre o processo logístico de produção antes e após a implementação das melhorias.

3. Implementação do modelo proposto

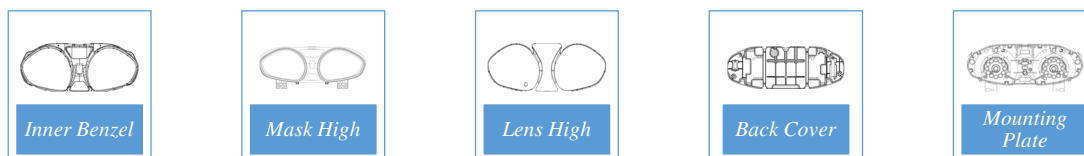
O modelo proposto será implementado no processo de produção de um *cluster* (Figura 2) numa indústria automóvel.

Figura 2 - Cluster



Este processo produtivo é caracterização pelos processos:

- **Injeção:** Processo de injeção dos componentes plásticos (ilustrados na Figura 3);

Figura 3 - Componentes produzidos no processo de Injeção

- **PreAssembly** – Processo de pré-montagem por soldadura do componente *Mask High* com o componente *Lens High*;
- **Line 12 PWB** – Produção das placas PWB;
- **Final Assembly** – Montagem final de todos os componentes que constituem o *cluster*;
- **Screening e Packing** – Teste e embalagem dos *clusters*.

3.1. Fase I – Caracterização do estado atual: *Value Stream Mapping*

Para identificação das oportunidades de melhoria, foi elaborado na **Fase I** do modelo proposto, um VSM do estado atual do processo de produção do *cluster* de forma a caracterizar os processos produtivos e as suas métricas e os fluxos logísticos a eles associados. Os dados para a construção do VSM foram recolhidos de 15 a 31 de janeiro de 2014 para as áreas de Injeção e *PreAssembly* e fornecidos pela organização para as restantes áreas.

A Tabela 3, resume os valores obtidos durante o período de observação para o processo de injeção que permitiram o cálculo da disponibilidade (A), da qualidade (Q), da performance (P) e consequentemente o cálculo do OEE. Na última coluna encontra-se o processo de injeção geral, resultante de todos os outros processos de injeção.

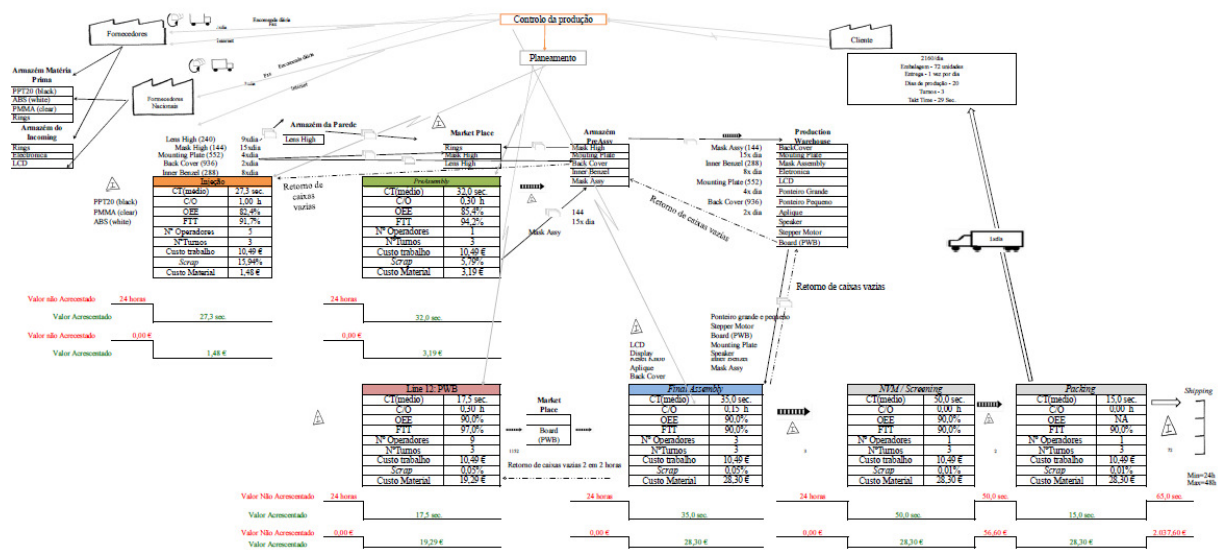
Tabela 3 - Caraterização do processo de injeção para o *cluster*

	Processo de Injeção					Injeção Geral	PreAssembly Geral
	<i>Inner Benzel</i>	<i>Mask High</i>	<i>Mounting Plate</i>	<i>Lens High</i>	<i>Back Cover</i>		
Número total de unidades produzidos ao longo do período de 17 dias	26450	36518	36832	44603	29863	174266	28528
Número de unidades para <i>scrap</i>	639	4125	3437	19435	142	27778	1653

Produção Média por dia (unidades)	1556	2148	2167	262 4	1757	10251	1678
Tempo de Ciclo por unidade (segundos)	19,00	27,3	20,6	26,1	22,4	27,3	32,00
Tempo em Produção (segundos)	2956 2	58536	44523	683 48	3926 1	240230	53700
Tempo em perdas (segundos)	2500	3870	3470	905 0	2720	21610	2700
Tempo de Produção	3206	62406	47993	773 98	4198 1	261840	56400
Total diário (segundos)	2			98	1		
Disponibilidade (%)	92,2	93,8	92,8	88,3	93,5	91,7	95,2%
Qualidade (%)	97,6	88,7	90,7	56,4	99,5	84,1	94,2%
Performance (%)	92,2	93,8	92,8	88,3	93,5	106,9	95,2%
Scrap (%)	2,42	11,30	9,33	43,5 7	0,48	15,94	5,79%
OEE (%)	83,0	78,0	78,0	44,0	87,0	82,4	85,4%

Na Figura 4 encontra-se o VSM simplificado com todos os processos de produção para este *cluster*. É possível identificar seis processos distintos: Injeção, *PreAssembly*, *Line 12 PWB*, *Final Assembly*, *Screening* e *Packing*. Em cada um dos processos foi identificado o tempo de ciclo (CT), o tempo de *change over* (C/O), os indicadores OEE e FTT, o número de operadores e de turnos que o processo utiliza, o custo de trabalho, a percentagem de *scrap* do mesmo e o custo do material. Estão identificados cinco armazéns: Armazém da matéria-prima, Armazém do *Incoming*, Armazém da Parede, Armazém do *PreAssembly* e Armazém de Produção. As setas contínuas pretas representam o fluxo de materiais, as cinzentas representam fluxo de informação e as setas a tracejado representam o retorno das caixas vazias.

Figura 4 - Value Stream Mapping do processo de produção do *cluster*

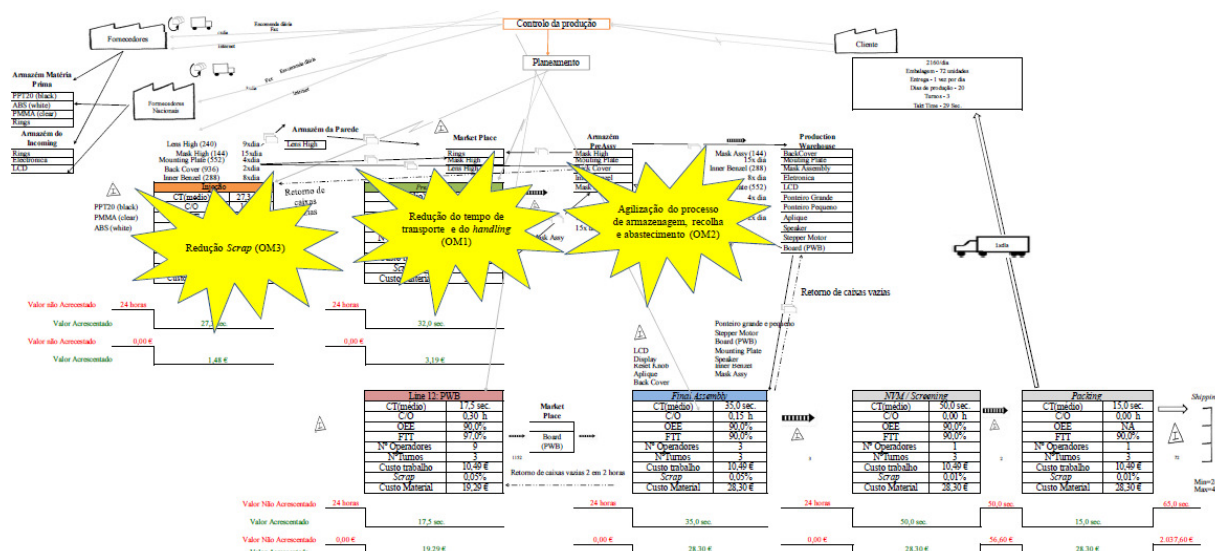


3.2. Fase II – Identificação de oportunidade de melhoria

Após a análise dos dados do VSM (estado atual) é então possível identificar as seguintes oportunidades de melhoria (OM) no processo produção do *cluster* na Área dos Plásticos (ver Figura 5):

- OM1.** Redução do tempo de transporte e do manuseamento dos materiais entre processos;
- OM2.** Agilização do processo de armazenagem, recolha e abastecimento;
- OM3.** Redução da percentagem de *scrap* na Injeção de forma a melhorar a performance do processo e a reduzir custos.

Figura 5 - Value Stream Mapping do processo de produção do *cluster* com eventos *kaizen*



De entre as OM supramencionadas, será seleccionada a OM3 para aplicação do modelo DMAIC. A oportunidade de melhoria 3 (**OM3**), resultou da análise detalhada das métricas dos processos de Injeção dos diversos componentes plásticos e do processo *PreAssembly* (Tabela 3), para a qual se identificou o processo de Injeção das *Lens High* como sendo o mais crítico para melhoria dado que apresenta menores valores de OEE (44%) e de FTT (56,4%) e uma elevada percentagem de *scrap* (43,57%), pelo que o modelo DMAIC deverá ser aplicado de forma a reduzir o número de peças não conformes detetadas.

3.3. Fase III – Proposta de melhorias

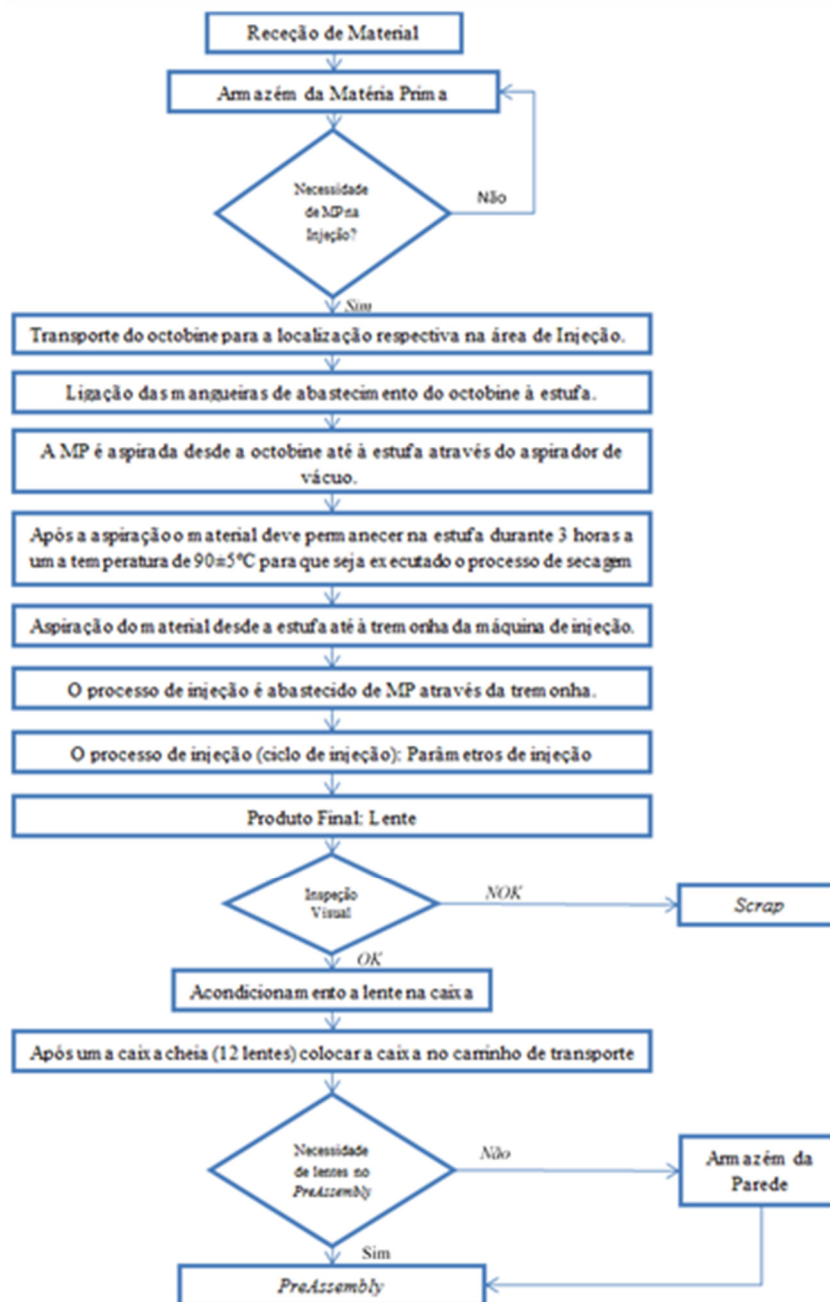
Na fase III do modelo proposto, como referido anteriormente, serão sugeridas propostas melhorias a nível do logístico de produção. A utilização da ferramenta DMAIC tem como foco principal a melhoria do processo de injeção de *lens* (lentes) do *cluster* com o molde 094.1, através da redução do número de peças não conformes (*scrap*). Ao longo das cinco das fases de implementação do DMAIC serão aplicadas diferentes ferramentas que irão auxiliar na melhoria do processo produtivo.

3.3.1. Define

O âmbito do projeto é a melhoria do processo de injeção nas lentes do *cluster* para o molde de injeção 094.1, através da redução do número de peças não conforme

(defeituosas) que são detetadas no processo de inspeção visual na linha de produção, aumentando o desempenho do processo. No início do projeto (*baseline*), foi assim registado níveis de *scrap* de 43,6% e de OEE de 44%, pretendendo-se obter com o projeto de melhoria uma redução do nível de *scrap* em 25%, ou seja, obter cerca 33% de *scrap* no processo em questão. O projeto teve início a 3 de Março de 2014 e terminou em 1 Julho do mesmo ano. As pessoas envolvidas no projeto são a equipa da área dos Plásticos (engenheiros, técnicos e operadores). Tendo toda a informação do projeto sido resumida no *Project Charter* associado.

De forma a melhor compreender o processo de produção das lentes encontra-se um fluxograma (Figura 6) detalhado do mesmo, desde a matéria-prima até à inspeção visual por parte do operador.

Figura 6 - Fluxograma do processo produtivo de *Lens High*

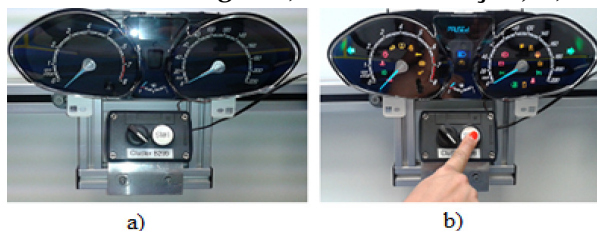
O processo de inspeção visual é efetuado numa bancada junto à linha de produção (Figura 7), que possui a iluminação necessária e uma superfície de cor branca e outra preta para que a lente seja inspecionada nos dois tipos de contraste.

Figura 7 - Bancada de inspeção visual na linha de produção das lentes B299 (molde 094.1)



Quando existe um defeito numa zona que possa causar duvidas, a lente é inspecionada no laboratório da Qualidade, pelo técnico da Qualidade num equipamento de teste sem iluminação e com iluminação (Figura 8).

Figura 8 - Teste de lentes B299 High: a) sem iluminação; b) com iluminação.



3.3.2. *Measure*

Em relação às lentes foram detetados no processo de inspeção visual diversos tipos de defeito nas lentes tais como pintas (Brancas, Pretas e Castanhas) por contaminações, defeitos por cortes do laser, Riscos e/ou Arranhões, Rebarbas, manchas de sujidade, lentes estaladas, Gito colado e Ondulações devidamente descritos e ilustrados em catálogo desenvolvido para o efeito.

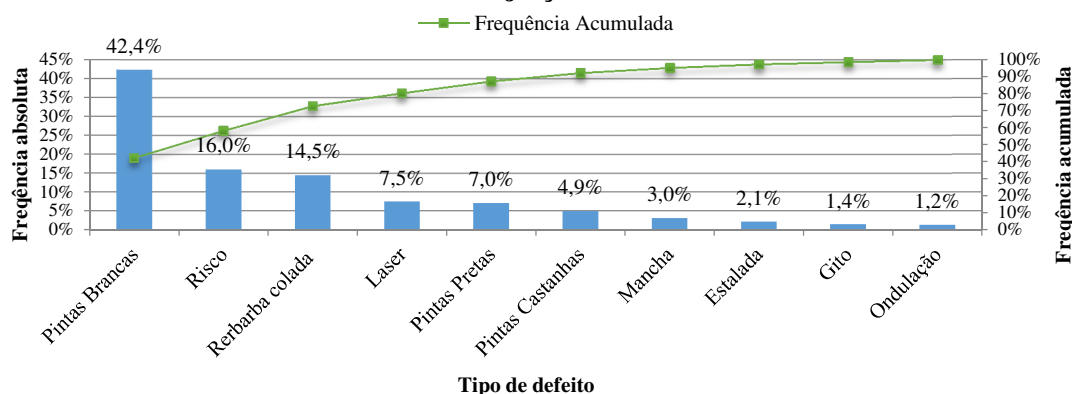
No processo de inspeção visual, a lente é considerada não conforme sempre que algum dos defeitos referidos anteriormente for detetado, com a exceção de:

- Defeitos que se localizam numa zona que fique coberta pela *Mask* depois da montagem;
- Pintas de pequenas dimensões que não se detetem após a montagem;
- Ondulação de pouca intensidade que não provoque distorção nos dígitos do Aplique depois da montagem.

Estas exceções são difíceis de detetar, e podem dar origem a falsos rejeitados ou à aceitação de peças não conformes, pelo que serão denominadas de “zona cinzenta”. Este é o critério inicialmente praticado sendo importante referir que uma lente pode ter um

ou mais defeitos do mesmo ou de outro tipo, sendo rejeitada pelo primeiro defeito que for detetado. Na Figura 9, encontra-se o Diagrama de Pareto para o tipo de defeitos mais frequentes no qual é possível verificar o tipo de defeito mais frequentemente indicado como motivo de rejeição i.e. “Pintas Brancas” com 42,4%, seguido de “Riscos” com 16% e de “Rebarba Colada” com 14,5%.

Figura 9 - Diagrama de Pareto para o tipo de defeito indicado como motivo de rejeição

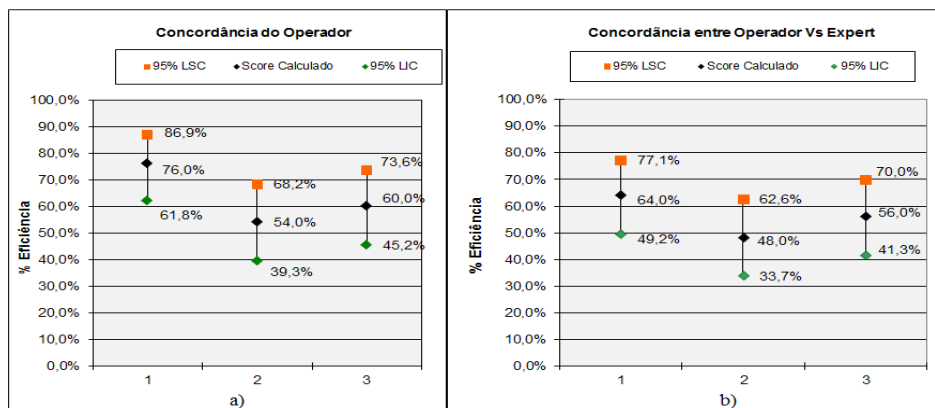


Dado o método visual de identificação dos defeitos foi elaborado um estudo R&R para atributos de forma a avaliar o sistema de análise utilizado na inspeção e rejeição das lentes. Neste R&R os operadores inspecionaram uma amostra de 50 lentes (uma vez que se trata de um estudo R&R atributivo), 3 vezes cada e de forma aleatória. O estudo foi realizado com as mesmas condições de inspeção (luz e bancada) e a amostra foi constituída por lentes conformes (OK) e lentes não conformes (NOK), bem como lentes da “zona cinzenta” que se encontram dentro das exceções ou que podem ser confundidas com esta. O objetivo deste R&R consiste em perceber se os operadores são capazes de detetar defeitos de todo o tipo na lente e avaliar se são OK ou NOK de forma correta. Para este R&R obteve-se um *kappa* de Cohen (*score*) de 38%, quer entre operadores quer na comparação entre os operadores e o *expert*, o que indica que existe uma fraca concordância entre estes. Na Figura 10, encontram-se os gráficos dos resultados em detalhe no qual se pode verificar que o operador 1 foi o que obteve melhores resultados com 76% de concordância do operador e 64% de concordância quando comparado com o *expert*.

Os valores encontrados indicam que o sistema de medição tem pouca concordância, tornando-se relevante a sua melhoria futura. A existência de falsos rejeitados e critérios pouco claros podem ser os responsáveis por este valor tão baixo de concordância. Este

facto evidência que os critérios de inspeção não estão bem definidos e que é necessário reforçar a formação aos operadores para que estes façam uma boa inspeção visual.

Figura 10 - Resultados do estudo R&R: a) Concordância do Operador; b) Concordância entre o Operador e o *Expert*



De forma a medir a proporção de peças defeituosas na produção das lentes e com o intuito de elaborar uma carta de controlo para esta variável, foram recolhidas amostras de 1 hora de produção, ao longo dos 3 turnos de forma a obter variabilidade na amostragem, durante o período de 21 de Março a 27 de Junho, num total de 150 amostras. Efetuou-se a divisão entre as peças provenientes das diferentes cavidades (1 e 2) do molde 094.1 (Figura 11) de forma a conseguir entender se existe alguma relação entre a cavidade e o tipo de defeito detetado.

Figura 11 - Molde 094.1 com as cavidades 1 e 2 identificadas

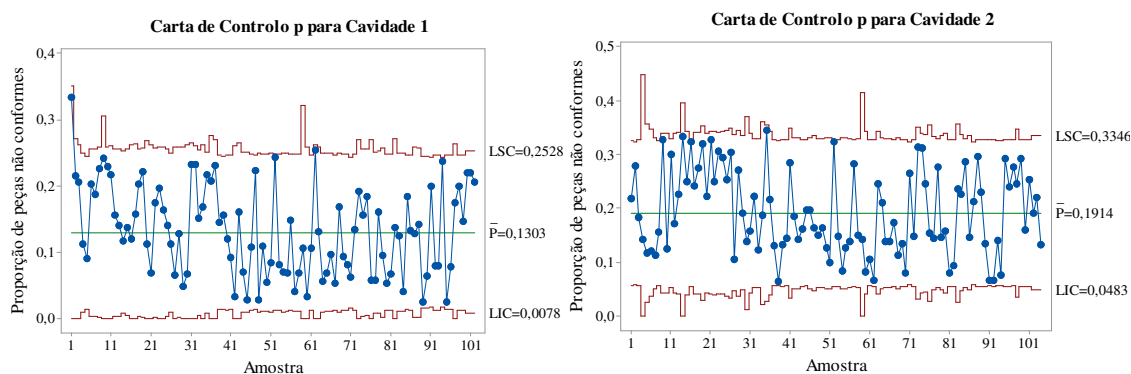


Uma vez que a variável a controlar é a proporção de peças defeituosas (variável atributiva) e que a dimensão das amostras não é constante (variações do tempo de ciclo), a carta de controlo selecionada a aplicar será então uma carta de controlo p , tendo como variáveis o número de defeitos e dimensão das amostras. Os dados foram tratados de forma a remover os *outliers*, sendo considerado *outlier* qualquer ponto fora dos limites

de controlo, tendo estes sido removido da carta, por corresponderem a amostras de início de *setup*, falta de limpeza do filtro/tremonha, material com humidade e contaminações.

Após a remoção dos *outliers*, obteve-se a carta de controlo de proporção de defeituosos para a cavidade 1 (Figura 12a), tendo como limite superior de controlo 25,28%, limite central 13,03% e limite inferior de controlo 0,78% e de igual forma, um limite superior de controlo 33,46%, limite central 19,14% e limite inferior de controlo 4,83% para a cavidade 2 (Figura 12b).

Figura 12 - Carta de Controlo p (após remoção de *outliers*): a) Cavidade 1; b) Cavidade 2



3.3.3. Analyse

De forma a estudar a significância estatística das proporções (Lisboa, Augusto e Ferreira, 2012) alcançadas nas cavidades 1 e 2 ($n_1=102$ observações para a Cavidade 1 e $n_2=104$ observações para a Cavidade 2) testaram-se as seguintes hipóteses:

$$\begin{cases} H_0 : p_1 - p_2 = 0 \\ H_1 : p_1 - p_2 \neq 0 \end{cases}$$

Pelo que para um intervalo de confiança de 95%, o nível de significância (α) será de 5% sendo expectável um $-z_{\alpha/2}=-1,96 < Z_{obs} < z_{\alpha/2}=1,96$. Através dos dados obtem-se um $\hat{p}_1=0,1303$

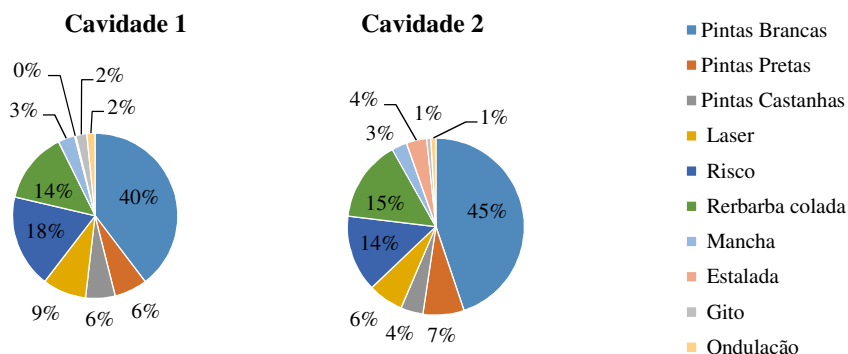
e um $\hat{p}_2=0,1914$; logo um $Z_{obs} = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}} = -1,198$. Pelo que, para o nível de significância

considerado não existe evidência estatística para se rejeitar a hipótese nula, admitindo-se assim a igualdade das proporções entre cavidades.

Através da Figura 13, é possível verificar que para a Cavidade 1, o defeito mais comum e facilmente identificável é “Pintas Brancas” com 40% do total de defeitos identificados,

seguido “Riscos” com 18% e de “Rebarba Colada” com 14%, sendo ainda possível verificar que para a Cavidade 2, o defeito mais comum e facilmente identificável é “Pintas Brancas” com 45% do total de defeitos identificados, seguido “Rebarba Colada” com 15% e “Riscos” com 14%, pelo que os tipos de defeito com maior frequência são comuns entre as 2 cavidades apesar terem percentagens diferentes; sendo que, o tipo de defeito “Estalada” verifica uma maior incidência de detecção na Cavidade 2.

Figura 13 - Percentagem de incidência de cada defeito na Cavidade 1 e 2



Em termos de incidência de detecção verifica-se ainda que existem um maior número de peças defeituosas identificadas na Cavidade 2, cerca de 52% do total de peças defeituosas identificadas, ou seja, existem uma diferença percentual de 4% entre as 2 cavidades.

Através do estudo realizado foi ainda possível verificar que o processo de injeção das lentes é um processo muito instável, e que existem diferenças entre as duas cavidades do molde. Esta instabilidade pode além de estar relacionada com o critério de inspeção das lentes, uma vez que estas são inspecionadas por diferentes operadores e o critério não está bem claro, podendo estar também relacionada com os próprios parâmetros do processo de injeção (temperatura, pressão, entre outros) e a qualidade da matéria-prima.

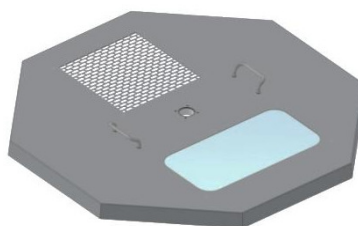
3.3.4. *Improve*

Para obter uma melhoria no processo são várias as soluções que foram identificadas que poderão vir a ser desenvolvidas a curto prazo:

- Definir o critério de rejeição das lentes e dar formação aos operadores sobre o mesmo de forma a diminuir o número de falsos rejeitados e a melhorar o sistema de medição.

- Introdução de cartaz informativo na bancada de inspeção de alguns dos defeitos mais comuns e das zonas onde podem surgir;
- A curto prazo, melhoria do acondicionamento da matéria-prima, do seu abastecimento e da alimentação da mesma na máquina para reduzir o número de potenciais contaminações durante o processo produtivo e logístico associado;
- Introduzir uma tampa de inox na octobine (Figura 14) como uma entrada para mangueira de alimentação de forma a reduzir a contaminação com cartão;

Figura 14 - Desenho CAD para a tampa da octobine



- Controlo da qualidade da matéria-prima (verificação se as características da matéria prima estão corretas, testar se existem diferenças significativas nas características da mesma entre lotes e entre paletes de forma a verificar se o comportamento desta pode influenciar o processo de injeção e os seus parâmetros);
- Implementar um sistema de manutenção das mangueiras de abastecimento da matéria-prima, bem como de limpeza do filtro e do próprio molde.

A longo prazo, implementação de um sistema de abastecimento de matéria-prima central com tubos de vidro para o PMMA bem como um despoierador para retirar pó e partículas que o material tem, evitando o manuseamento do material e a entrada de octobines de cartão e paletes na nave fabril.

3.3.5. Control

Para garantir que as melhorias implementadas no sistema se mantêm a longo prazo, as cartas de controlo p devem continuar a ser elaboradas de forma a entender o comportamento da proporção de defeitos e procurar reduzir este valor cada vez mais.

O tipo de defeitos que surge no processo também deve continuar a ser analisado, de forma a perceber se as causas identificadas foram devidamente corrigidas e a incidência do

defeito foi reduzida ou até mesmo deixou de existir. Por outro lado, este controlo também é importante para perceber se surge algum novo tipo de defeito.

4. Conclusões do estudo

O presente artigo apresenta o estudo de implementação de um modelo LSS para a melhoria contínua de um Sistema Logístico de Produção. A caracterização do estado atual foi realizada através da utilização do VSM (Fase I) permitindo a recolha de métricas relativas aos processos produtivos (OEE, FTT, % *scrap*, entre outros) e ao fluxo logístico de produção (tempos de transporte, tamanho lotes produção transportados) do *cluster*. Com estes resultados, foi possível identificar oportunidades de melhoria, tendo sido selecionado o processo mais crítico, tendo como objetivo a redução da percentagem de *scrap* na Injeção de forma a melhorar a performance do processo e a reduzir custos.

Para melhoria do processo escolhido, aplicou-se o modelo DMAIC, e de acordo com a catalogação de defeitos realizada, foi possível identificar, caracterizar e enumerar os defeitos que apareciam no processo produtivo e as zonas da lente onde tinham maior incidência. Partindo destes resultados foi possível identificar potenciais causas e ações a tomar para as corrigir. O defeito que mais vezes foi identificado como causa de rejeição da lente foi o defeito “Pintas Brancas” e por esse motivo escolhido para maior detalhe de análise. As cartas de controlo *p*, permitiram concluir que o processo tem um comportamento muito instável, devido aos inúmeros fatores que o podem influenciar (como por exemplo os parâmetros de injeção) e por esse motivo torna-se mais difícil a implementação de medidas sistemáticas que sejam 100% eficazes na redução de *scrap*.

Após a implementação do DMAIC atingiu-se 22% de *scrap* e um OEE de 60,5%, tendo sido atingido o objetivo do estudo de redução em 25% na percentagem de *scrap*. Desta forma, conclui-se que a implementação de modelos integrados LSS permite a melhoria de desempenho de processos produtivos e da logística a eles associada.

Referências Bibliográficas

- Brook, Q. (2010). *Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners*. 3ª Edição. Opex Resources Ltd.
- Hambleton, L. (2008). *Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices*. Pearson Education, Inc. USA.
- Lisboa, J.; Augusto, M & Ferreira, P. (2012). *Estatística Aplicada à Gestão*. VidaEconómica, Porto, Portugal.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. 6ª Edição. Wiley. USA.
- Sproull, B. (2009). *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints*. Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- Katz, J. (2010). Value Propositions. *Industry Week*, 259(10), 20-22.
- Khalid, N. K., Hashim, A. Y., & Salleh, M. R. (2014). On Value Stream Mapping and Its Industrial Significance. *Journal of Industrial and Intelligent Information*, 2(2), 88-90.
- Khandekar, A., & Sulakhe, V. (2014). Six Sigma - The Revival of TQM. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 3(1), 50-58.
- Moura, E. (2010). The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes. *Theory Of Contrains Internacional Certification Organization Conference*. Las Vegas: TOCICO.
- Okimura, L., & Souza, F. (2012). Análise dos modelos de integração das abordagens Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma: Um estudo teórico. *VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, 1-23.
- Pirasteh, R., & Farah, K. (2006). Continuous Improvement Trio : The Top Element of TOC, Lean, and Six Sigma Make Music Together. *APICS Magazine* 16(5), 31–33.
- Snee, R. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9-29.
- Tabanlı, R. M., & Ertay, T. (2012). Value Stream Mapping and Benefit-cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system – a case study. *Springer*.
- Tenera, A. (2013). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 119, 912-920.

Curriculum Vitae:

Alexandra B. Tenera possui um Mestrado em Ciências Empresariais (ISCTE, Portugal) desde 1996 e um doutoramento em Engenharia Industrial na especialidade de Sistemas de Gestão (FCT/UNL, Portugal) desde 2006, sendo Professora Auxiliar em Engenharia Industrial na FCT/UNL, leccionando Gestão de Projetos, Planeamento e Controlo da Produção e Métodos Quantitativos e Qualitativos em Programas de Mestrado e Doutoramento da FCT/UNL. A autora tem diversas publicações estando a desenvolver as suas atividades científicas na Unidade de Investigação da FCT em Engenharia Mecânica e Industrial (UNIDEMI). A autora está atualmente envolvida em comissões técnicas nacionais e internacionais para o desenvolvimento de normas nacionais e ISO em gestão de projetos e programas.

Alexandra B. Tenera holds a MSc degree in Entrepreneurial Management Sciences (from ISCTE, Portugal) since 1996 and a PhD degree in Industrial Engineering, specialized in Management Systems (from FCT/UNL, Portugal) since 2006. She is an Assistant Professor of Industrial Engineering at FCT/UNL, teaching Project Management, Production Planning and Control and Quantitative and Qualitative Methods at FCT's master and doctoral programs. She has been publishing in journals and conferences, and her main scientific activities have been developed at FCT's Research & Development Unit in Mechanical & Industrial Engineering (UNIDEMI). Nowadays she is also actively involved in National and International Technical committee work to develop national and ISO standards in project and Program Management.

Sofia Quintaneiro

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial / Industrial Engineering and Management. Sendo atualmente Packaging Coordinator na empresa Visteon Portuguesa, Lda.

Authors Profiles:

Alexandra Tenera has a Ph.D in Industrial Engineering, specialized in System Management from Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), Portugal, since 2006. She is an Assistant Professor at the Mechanical and Industrial Engineering Department at FCT/UNL. Her main research interest is in Engineering and Management Science on topics like Managing Uncertainty in productive systems and also in design of integrated management system like TLS (Theory of Constraints, Lean six sigma system), researching at FCT's Research & Development Unit in Mechanical & Industrial Engineering (UNIDEMI).

Sofia Quintaneiro has an Industrial Engineering and Management degree from FCT – Portugal, Costa da Caparica in 2014. Is now a Packaging Coordinator in Visteon Portuguesa, Lda. Her research interests are in the areas of Continuous Improvement, Lean Six Sigma and Logistics.

O impacto do *lean thinking* nos colaboradores dos serviços de saúde – aplicação ao Atendimento Permanente de um Hospital português

Marisa Monteiro

marisamonteiro_651@hotmail.com

ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa

Cláudia Sarrico

cssarrico@iseg.ulisboa.pt

ISEG – Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade de Lisboa

Resumo:

O impacto do *lean thinking* nos colaboradores dos serviços de saúde é um tema para o qual existe ainda uma escassez de resultados medidos e reportados regularmente.

De forma a contrariar esta tendência, este estudo analisa um projeto implementado no Atendimento Permanente do Hospital CUF Descobertas, que envolveu ferramentas e práticas *lean*, nomeadamente o *fast track*.

Para tal, utiliza-se como base metodológica o modelo sugerido por Holden (2011) e através de análise documental, entrevistas aos responsáveis do serviço e aplicação de um questionário aos colaboradores analisam-se os efeitos das alterações implementadas no cuidado ao paciente (em termos de qualidade, segurança e eficiência) e nos colaboradores.

Após um ano da implementação do projeto, verificou-se uma diminuição nos tempos de espera, desistências e reclamações e um aumento no número de admissões e da faturação do serviço. Por conseguinte, estes resultados tiveram impacto na satisfação dos pacientes e dos colaboradores que afirmam estar mais satisfeitos com o seu trabalho, apesar de destacarem como principal efeito negativo do projeto a maior carga de trabalho adquirida.

Deste modo, este estudo revela-se de interesse para outras unidades hospitalares por dar visibilidade a um exemplo de boas práticas ou para futuros investigadores, pois sugere uma metodologia de análise dos efeitos do *lean* sobre os profissionais de saúde que poderá ser adaptada a outro tipo de serviços.

Palavras-chave: Colaboradores, *fast track*, *Lean*, serviços de urgência.

Abstract:

The impact of lean thinking on healthcare employees is a topic for which there is still a shortage of outcomes measured and reported regularly.

In order to counter this trend, this study analyzes a project implemented in the Emergency Department of CUF Descobertas Hospital that involved lean tools and practice, including a fast track solution.

For this, we use as a methodological basis the model suggested by Holden (2011). Through document analysis, interviews with those responsible for the service and a survey of employees, we analyze the effects of the implemented changes in patient care (in terms of quality, safety and efficiency) and in the employees.

One year after the project implementation, there was a decrease in waiting times, withdrawals and complaints and an increase in the number of admissions and billing for the service. Therefore, these results impacted on patient satisfaction and on employees, who report being more satisfied with their work, despite the reported negative effect of the project of increased workload.

Thus, this study is of interest to other hospitals, by giving visibility to an example of good practice, or for future researchers, as it suggests a methodology for analyzing the effects of lean on healthcare employees that can be adapted to other types of services.

Keywords: Emergency departments, employees, fast track, Lean.

Siglas e abreviaturas

AAM – Auxiliar(es) de Ação Médica

AP – Atendimento Permanente

APA – Atendimento Permanente de Adultos

DP – Desvio Padrão

G - Grupo

JIT – *Just-in-time*

NHS - *National Healthcare Service*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PTM – Protocolo de Triagem de Manchester

QP – Questão de Pesquisa

RIE – *Rapid Improvement Events*

TPS - *Toyota Production System*

VSM - *Value Stream Mapping*

1. Introdução

A atual conjuntura económica vivida em Portugal e na restante Europa tem suscitado debates relativamente à redução de encargos, sendo a saúde um setor polémico devido à insuficiência de recursos humanos nos serviços hospitalares e à dificuldade de reduzir custos sem prejudicar o atendimento ao paciente e a satisfação dos colaboradores que alegam trabalhar mais horas, com menos condições e sem reconhecimento.

Este cenário agrava-se nos serviços de urgência, onde a variabilidade da procura é maior, com consequências diretas nos tempos de espera, muitas vezes superiores ao recomendado pelo Protocolo de Triagem de Manchester (PTM).

De forma a amenizar este panorama, surge o *lean thinking* que permite melhorar os serviços utilizando os mesmos recursos, sem despedimentos e facilitando algumas tarefas com a padronização de processos e outras práticas que visam a redução de desperdícios. Assim, o presente estudo, propõe-se identificar as principais alterações que o *lean* permite ao nível das estruturas e processos nos serviços de saúde, e analisar como os colaboradores são afetados, positiva e negativamente.

Este tema surgiu da ideia de que o *lean thinking*, apesar dos benefícios que permite, não é “perfeito” e que os seus resultados negativos raramente são medidos e reportados, principalmente no que toca aos efeitos sobre os colaboradores. No entanto, os empregados são fundamentais no sucesso da implementação do *lean*, pois estão em contacto direto com o cliente, são quem conhece melhor o trabalho e a sua falta de envolvimento e motivação pode resultar em conflitos que têm impacto na própria segurança do paciente. De forma a alcançar o objetivo pretendido, recorre-se a um estudo de caso de um hospital privado, CUF Descobertas, que implementou um projeto no Atendimento Permanente de Adultos (APA), em 2012, envolvendo práticas *lean* e para o qual já existem resultados. Para tal, recorre-se a análise documental, entrevistas e um questionário para aferir a perceção dos responsáveis do APA e satisfação dos colaboradores com as alterações efetuadas, comparando os períodos pré e pós projeto.

Assim, o artigo encontra-se dividido em quatro secções, começando com uma abordagem ao tema, desde o *lean thinking* e os seus princípios e ferramentas, até à aplicação do mesmo nos serviços de urgência e os seus efeitos sobre os colaboradores. Posteriormente, explica-se a metodologia utilizada no estudo e de que forma se responde às questões de pesquisa, apresentam-se os dados recolhidos e respetivo tratamento e análise e revelam-se as principais conclusões da investigação.

2. Revisão da literatura

2.1. Lean thinking

O *lean*, também denominado *Toyota Production System* (TPS), surgiu na *Toyota Motor Corporation* na fabricação de carros, como uma alternativa ao tradicional método de produção em massa e ao processamento em lotes, de forma a maximizar a eficiência operacional, qualidade, rapidez e custo (Holweg, 2007).

Embora conceitualmente simples, não é fácil definir *lean*. A filosofia principal inerente a este conceito é a de melhorar continuamente o processo, eliminando etapas sem valor acrescentado, ou desperdícios (em japonês: 'muda') (Radnor et al., 2012). Desperdício pode ser caracterizado como qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor para o cliente (Womack e Jones, 1996; Holden, 2011), sendo alguns exemplos os erros que exigem retificação (defeitos), etapas de processamento que não são necessárias (excesso de processamento), movimento de funcionários e transporte de mercadorias sem qualquer finalidade, entrega de produtos ou serviços fora do prazo (atrasos) e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente e conduzem à acumulação de inventários (superprodução). “*Fortunately, there is a powerful antidote to muda: lean thinking.*” (Womack e Jones, 1996)

Womack e Jones (1996) referem que o *lean thinking* é *lean* porque permite fazer cada vez mais com menos (menos esforço humano, equipamentos, tempo e espaço), ao mesmo tempo que procura oferecer aos clientes exatamente os produtos/serviços que querem, na quantidade certa e quando são necessários, ou seja numa lógica de *just-in-time* (JIT).

Deste modo, e segundo os autores, o *lean thinking* também permite tornar o trabalho mais satisfatório, oferecendo feedback imediato sobre os esforços, de forma a converter *muda* em valor, contrastando com a ideia de reengenharia de processos (*Business Process Reengineering*) que frequentemente se traduziu em destruição de empregos em nome da eficiência.

2.1.1. Os 5 princípios do *lean thinking*

De forma a compreender melhor o *lean thinking* é preciso perceber os 5 princípios nos quais se baseia e que são descritos por Womack e Jones (1996).

Valor assume-se como ponto de partida essencial para o *lean* e é definido pelo cliente final e não pela organização sendo significativo apenas quando expresso em termos de um produto e/ou serviço específico que o cliente quer (customizado), adequado a um propósito definido, com um preço apropriado e com o mínimo de tempo entre o pedido do cliente e a sua entrega.

Fluxo de valor traduz-se no conjunto de etapas de produção necessárias para conduzir o serviço/produto ao cliente e que, individualmente, devem gerar valor para o consumidor final tornando-se, por isso, essencial a eliminação de todas as fontes de desperdício.

Fluxo é um conceito que, segundo o *lean*, significa que o sistema deve fluir de forma eficiente, com o mínimo de inventário intermédio, sendo a padronização de processos um bom auxílio, pois permite tempo para a criatividade e inovação. Para tal é necessário assegurar uma contínua sintonia entre os fluxos de trabalho e a criação de valor.

Pull (puxar) indica que o processo deve ser flexível e orientado para procura individuais, produzindo o que os clientes precisam, quando precisam. Ao contrário dos sistemas de produção tradicionais que produzem na esperança de vender (“empurram”) os produtos/serviços, o desafio do *lean* traduz-se em ter operações reguladas pela procura, evitando excessos de produção traduzidos em inventários e custos desnecessários.

Perfeição é o objetivo fulcral do *lean* e traduz-se na interação dos quatro princípios anteriores, pois pretende criar um ambiente de constante revisão, no qual são consideradas as sugestões dos colaboradores e onde os problemas são resolvidos no momento em que são detetados de forma a não repetir os mesmos erros e evitando desperdícios.

2.1.2. As ferramentas *lean*

De forma a eliminar todos os desperdícios e a cumprir os princípios acima descritos, o *lean* atua através de um conjunto de ferramentas e técnicas, destacando-se seguidamente algumas destas apesar de existirem outras igualmente úteis.

— **Value stream mapping (VSM)** consiste num mapa de processo ou de fluxo de valor (Rother e Shook, 2003) onde se representam todas as etapas inerentes a um determinado produto ou serviço, respetiva sequência, tempo despendido e valor agregado e não agregado (desperdício) em cada uma (Dickson et al., 2009),

identificando, assim, pontos de estrangulamento do processo (Grove et al., 2010 e Machado e Leitner, 2010);

— **Eventos Kaizen** são uma forma de *learning by doing*, nos quais os colaboradores, gestores e clientes avaliam processos, identificam desperdícios e testam novas soluções. Estes têm como princípio subjacente o método **PDCA** (*Plan, Do, Check, Act*) no qual são definidas e planeadas melhorias (*Plan*); implementadas em pequena escala para serem testadas (*Do*); os resultados são analisados e comparados com a situação inicial de forma a perceber se as alterações estão a resultar (*Check*); e, por fim, é identificada a melhor forma de agir (*Act*), em maior escala, para alcançar o maior benefício possível (Machado e Leitner, 2010);

— **Padronização** de procedimentos operacionais e especificações de tempo-tarefa permite reduzir ou eliminar a variabilidade no processo (Machado e Leitner, 2010);

— **5S** são 5 palavras japonesas que segundo Womack e Jones (1996) se traduzem numa ferramenta que permite um ambiente de trabalho mais organizado: **Seiri** - identificar e remover todos os instrumentos e materiais existentes na área de trabalho que são desnecessários; **Seiton** - organizar o local de trabalho, dispondo todos os equipamentos e ferramentas necessários de forma facilmente alcançável; **Seiso** - conservar a limpeza do local de trabalho; **Seiketsu** - garantir que tudo isto é cumprido frequentemente, criando e documentando normas que os colaboradores devem seguir; e **Shitsuke** - manter os quatro conceitos anteriores, desenvolvendo nos colaboradores o compromisso de rever diariamente os princípios supracitados;

— **Poka-yoke** (do japonês *yokeru* (para evitar) e *poka* (erros involuntários)) consiste em dispositivos ou sistemas incorporados nos processos que evitam erros humanos inadvertidos, resultantes em defeitos (Slack et al., 2010);

— **Kanban** (Ex.: cartão ou alarme luminoso) e **Andon** (Ex.: sinal audível) são sistemas de informação que indicam quando os materiais estão prontos a serem produzidos, movidos ou obtidos para o próximo passo ou quando existe um problema, respetivamente (Holden, 2011; Machado e Leitner, 2010);

— **Melhoria do layout físico** minimiza o tempo de viagem e as ineficiências de inventário (Holden, 2011).

Segundo Radnor (2010), estas ferramentas e técnicas podem ser utilizadas nas três etapas de implementação do *lean*: **avaliação** que inclui a revisão do desempenho dos processos organizacionais existentes, no que toca a desperdícios, fluxo ou capacidade de criar valor através do mapeamento do fluxo de valor ou processos (VSM); **melhoria** dos processos

recorrendo, por exemplo, aos eventos Kaizen ou a ferramentas de resolução de problemas ou de limpeza (5S); e **monitorização** para medir o impacto nos processos das melhorias aplicadas através de ferramentas de gestão visual como o *kanban* e o *andon*.

2.1.3. Os benefícios do *lean thinking*

Através da utilização das práticas e ferramentas *lean* supracitadas é possível obter benefícios tais como a melhoria da qualidade e segurança traduzida em menos erros e acidentes; a melhoria da entrega do produto ou serviço (redução dos tempos de processamento e/ou prazos de entrega), tendo em conta que é realizado um melhor trabalho mais cedo; a melhoria do rendimento, pois as mesmas pessoas, utilizando os mesmos recursos descobrem que são capazes de alcançar muito mais; um ritmo mais acelerado, num ambiente de trabalho estável, com procedimentos claros e padronizados que criam as bases para a melhoria constante; a melhoria da moral dos trabalhadores (Jones e Mitchell, 2006) visto que o *lean* promove o trabalho em equipa, através de equipas multidisciplinares; e a capacitação e formação dos colaboradores (Holden, 2011). Johnston et al. (2012) acrescentam ainda que o *lean* permite uma melhor comunicação entre as diversas partes da cadeia e aumenta a satisfação dos clientes.

2.1.4. Barreiras e limitações do *lean thinking*

Não obstante os benefícios acima descritos, existe ainda um conjunto de barreiras e limitações do *lean* a ter em conta.

Subsiste um desafio quanto à ideia de que o *lean* é uma forma de eliminar postos de trabalho (Kim et al., 2006), criando resistência à mudança. A questão que se coloca é que para o *lean* ser implementado com sucesso tem que existir entusiasmo, cooperação e envolvimento por parte dos colaboradores da linha da frente, pois são eles quem conhece e efetivamente trabalha diretamente com o cliente (Jones e Mitchell, 2006). Por outro lado, o grande envolvimento dos colaboradores na análise e definição de soluções também poderá significar uma maior pressão e carga de trabalho não desejáveis (Holden, 2011).

Outras barreiras estão relacionadas com as diferenças de terminologia que podem gerar ruído na comunicação entre profissionais; os problemas de liderança; a escassez de recursos; a ansiedade causada nos empregados; e a padronização advinda do *lean* como uma ameaça à autonomia dos colaboradores na conceção do seu trabalho, conduzindo a uma diminuição da capacidade de adaptação a situações inesperadas (Holden, 2011).

Por fim, o *lean* pressupõe uma invariabilidade e previsibilidade nem sempre fáceis de gerir (Kollberg et al., 2007) como, por exemplo, nas urgências de um hospital onde a afluência de doentes é praticamente imprevisível, apesar de picos regulares.

2.2. *Lean* nos serviços de saúde

“More recently, it has been recognized that other entities, including the service industries and health care, may be able to benefit substantially from the implementation of lean (...)” (Decker e Stead, 2008). No entanto, um serviço tem características diferentes de um produto: a intangibilidade, pois se um produto é algo concreto, um serviço é intangível e envolve um processo; a inseparabilidade, pois se nos produtos a produção e consumo ocorrem separadamente, nos serviços estes são simultâneos e o consumidor também é coprodutor (Ex.: serviços de consultoria) (Edvardsson et al., 2005; Prahalad e Ramaswamy, 2006); a variabilidade pois o serviço depende de quem, onde e quando é fornecido e duas pessoas que utilizam exatamente o mesmo serviço podem ter uma experiência completamente diferente; e a perecibilidade, pois os serviços não podem ser armazenados.

Por conseguinte, uma possível definição para serviço é: *“(...) an activity – a process or a set of steps – which involves the treatment of a customer (or user) or something belonging to them, where the customer is also involved, and performs some role in the service process (also referred to as the service delivery process).”* (Johnston et al., 2012: p.6).

Neste estudo são abordados os serviços de saúde que incluem todos aqueles relacionados com o diagnóstico e tratamento de doenças ou a promoção, manutenção e recuperação da saúde (World Health Organization, 2014).

Numa perspetiva histórica, o *lean* surgiu pela primeira vez nos serviços de saúde do Reino Unido em 2001 e nos EUA em 2002. Desde então, têm surgido diversos artigos em revistas internacionais que também abordam a implementação do *lean* na saúde em países como o Canadá, Austrália, entre outros (Ben-Tovim et al., 2007; Ben-Tovim et al., 2008; Dickson et al., 2009; Holden, 2011; Kim et al., 2006 e Radnor et al., 2012).

O *lean* aplicado aos serviços também visa eliminar um conjunto de desperdícios, como: atrasos e filas de espera; duplicação de informação (Ex.: dados reintroduzidos); movimentos desnecessários e repetição de filas devido à pouca interação entre profissionais de saúde; comunicação pouco clara; inventários; oportunidades de reter clientes perdidas por incapacidade de estabelecer relações e perceber o que os clientes

desejam; e erros na transação do serviço que envolvem por vezes produtos perdidos ou danificados (Ohno, 1988).

Como descrito anteriormente, estes desperdícios podem ser combatidos através de ferramentas *lean*, sendo que, segundo um estudo de Machado e Leitner (2010) as mais utilizadas na área da saúde são o VSM, as de gestão visual (*kanban e andon*), os 5S, a padronização de processos e o método PDCA.

Deste modo, verifica-se que o *lean* nos serviços de saúde pode ser aplicado em diversas áreas, sendo que este estudo se centra na análise da implementação do *lean* ao nível do fluxo de pacientes, tempos de espera e serviços administrativos (faturação) nos serviços de urgência, denominados em alguns hospitais privados, como “Atendimento Permanente” (AP).

2.3. *Lean* nos serviços de urgência

O sucesso do *lean* verificado na manufatura, no *National Healthcare Service* (NHS) e noutros serviços de saúde em todo o mundo, tem sido um forte impulso para a introdução do mesmo nos cuidados de saúde em geral, inclusive, nos serviços de urgência (Decker e Stead, 2008). Estes serviços têm apresentado elevadas taxas de sobrelotação que aumentam o tempo de espera, colocando em causa a segurança do paciente e conduzindo à frustração dos profissionais de saúde (Holden, 2011; Oredsson et al., 2011).

Como solução, Machado e Leitner (2010) sugerem uma solução mais estrutural que permita analisar a raiz dos problemas e perceber como otimizar processos e fluxos nos serviços de urgência, surgindo, assim, o *lean thinking* como uma boa opção.

Valor nos serviços de urgência, e segundo Fitzpatrick e Hopkins (1993) pode ser traduzido em resultado dos cuidados de saúde (Ex.: alívio da dor, ausência de sequelas); aspetos interpessoais (Ex.: competência e cortesia dos profissionais de saúde); e acessibilidade e disponibilidade dos cuidados (Ex.: tempos de espera).

Fluxo de valor implica que cada etapa na produção do serviço gere valor para o paciente. Para Jones e Mitchell (2006), para que o fluxo de valor seja possível é necessário planear e gerir cada sequência de passos que agrega valor para o paciente, desde o início até ao fim do seu percurso de forma a minimizar os tempos de espera, muito valorizados pelos pacientes.

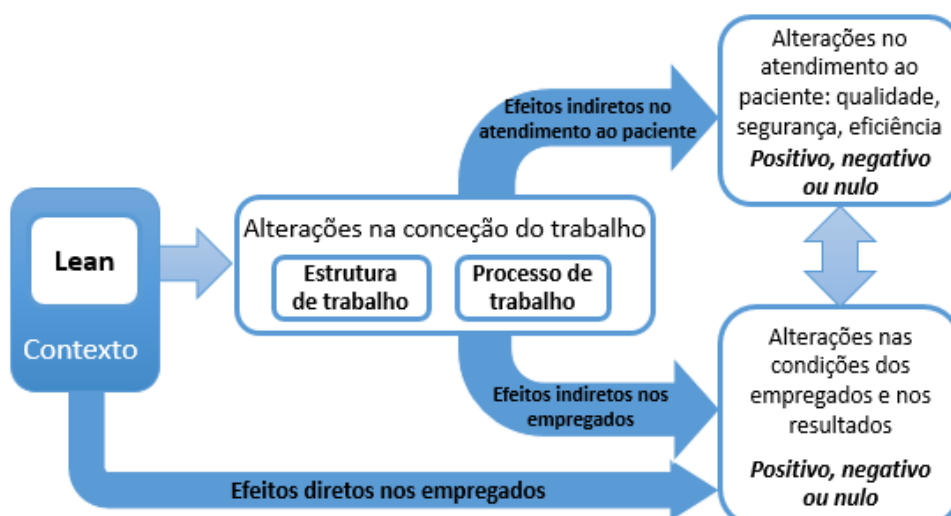
Fluxo significa uma fluência eficiente de todo o sistema sendo a preocupação do *lean* identificar e remover obstáculos que causam atrasos ao longo do fluxo (Jones e Mitchell,

2006), proporcionando melhorias substanciais na satisfação do utente e do provedor do serviço.

Pull no serviço de urgência relaciona-se com a capacidade dos profissionais de saúde indicarem quando estão aptos para atender o próximo paciente. Para tal, é necessária flexibilidade nos processos para responder à variabilidade no número e natureza de admissões que é possível através do denominado *streaming* no qual os pacientes são divididos em diferentes fluxos após a fase de triagem de acordo com critérios definidos (Ex.: critérios do Protocolo da Triagem de Manchester), sendo o exemplo mais comum o *fast track*. Este cria um fluxo separado para os pacientes menos urgentes que é acionado para os “puxar” quando existe uma grande afluência e evitar desperdícios como os elevados tempos de espera e filas, mas mantendo o atendimento rápido de doentes mais urgentes (Oredsson et al., 2011).

Perfeição é um termo pouco utilizado nos cuidados de saúde, mas é o que todos os pacientes desejam “(...) *receive outstanding care in a timely fashion that results in the correct diagnosis and therapy.*” (King et al., 2006). Apesar da dificuldade de a alcançar, criando processos claros, visíveis e padronizados, é possível estabelecer uma base para a melhoria contínua.

No caso português, a maioria dos estudos sobre a aplicação do *lean* nos serviços de saúde, e especialmente nos serviços de urgência, não estão publicados em revistas ou jornais internacionais. Como tal, este estudo tem por base um artigo de Holden (2011) que analisou 18 outros artigos que descrevem a aplicação do *lean* em 15 serviços de urgência em países como os Estados Unidos da América, Austrália e Canadá. Para a sua pesquisa, Holden baseou-se no quadro analítico seguinte, que sugere que o *lean* tem efeitos transformadores ao nível das estruturas e processos de trabalho nos serviços de urgência.

Figura 1 – Modelo do *lean* na saúde

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Holden (2011)

Para Holden, a estrutura de trabalho abrange ferramentas e tecnologia, fatores relacionados com os colaboradores (Ex.: educação, formação e responsabilidades), fatores organizacionais (Ex.: política e incentivos), sistemas de comunicação, recolha de dados e monitorização e ambiente físico (Ex.: ruído e iluminação) (Carayon et al., 2006). Relativamente a processo de trabalho, este refere-se às atividades reais do atendimento ao paciente (novos processos e procedimentos operacionais e reorganização do espaço físico), relacionando o trabalho com o "fluxo" do paciente (Ben-Tovim et al., 2008).

Assim, ao nível das estruturas, Holden identificou como exemplos de alterações *lean* a afixação de mapas de processo em locais visíveis por todos os colaboradores, a sinalização dos locais corretos para retorno dos equipamentos depois de utilizados, e a divisão de equipas de médicos e enfermeiros por diferentes fluxos de pacientes. Quanto aos processos, foram eliminadas e/ou agregadas etapas em determinados fluxos, foi introduzido o *fast track* e foi desenhado um novo espaço físico dividido em três áreas conforme as necessidades dos utentes.

Segundo o autor, todas estas transformações têm efeitos indiretos sobre os cuidados ao paciente, nomeadamente em termos de qualidade, segurança e eficiência. Contudo, o principal foco do seu estudo assenta sobre os efeitos que as medidas *lean* implementadas em serviços de urgência têm sobre os colaboradores e os seus possíveis efeitos indesejáveis ou nulos.

2.4. Os efeitos do *lean* nos colaboradores dos serviços de urgência

2.4.1. Efeitos diretos e indiretos do *lean* nos colaboradores

Como efeitos **diretos** do *lean* sobre os colaboradores, Holden verificou que estes se tornaram mais conscientes do seu trabalho e das ineficiências existentes nos processos; mais ansiosos por participar e aceitar as alterações propostas; mais envolvidos na partilha da gestão; adquiriram novos valores; habilitaram-se a sugerir e sustentar mudanças, criando atitudes positivas para projetos futuros; foi-lhes permitido controlar a conceção do seu próprio trabalho; passou a existir uma maior propensão para o trabalho em equipa; foi fomentada uma cultura de responsabilidade; e passaram a valorizar a recolha de dados como guia para a mudança. No entanto, são ainda referidos alguns efeitos negativos como a ansiedade e relutância inicial provocada pelo medo de perder o emprego ou ter um emprego menos satisfatório após o trabalho clínico se tornar mais eficiente, e a maior carga de trabalho derivada da responsabilidade extra assumida pelos colaboradores na melhoria do seu próprio trabalho. Quanto aos superiores hierárquicos, alguns demonstraram relutância em abdicar do controlo do processo para os colaboradores, mas outros aprenderam a valorizar e respeitar os contributos dos empregados, tornando-se mais recetivos a sugestões e mais focados na melhoria contínua.

Relativamente a efeitos **indiretos**, as transformações ao nível das estruturas e processos de trabalho provocaram nos colaboradores uma menor propensão para a agressão; maior cortesia e compreensão para com os colegas e pacientes; maior satisfação com o seu trabalho; maior disponibilidade horária para a supervisão e formação; melhoria da comunicação; melhor utilização das suas capacidades; e um desejo de não só fazerem o seu trabalho, mas tentarem melhorá-lo, propondo e implementando mudanças nos serviços de urgência. Contudo, a destacar como efeito negativo a perda de autonomia derivada da padronização que, de alguma forma, pode desmotivar os colaboradores.

No entanto, a maioria dos efeitos descritos acima não foram avaliados sistematicamente. Dickson et al. (2009) observaram que existe uma tendência enviesada para reportar apenas os resultados positivos do *lean* nos serviços de urgência, propondo como razão o facto de os hospitais não quererem demonstrar abertamente os motivos do seu fracasso. Desta forma, não existindo informação concreta sobre os efeitos do *lean* nos colaboradores, é normal que se verifique uma escassez de estudos que analisem, através de métricas, uma possível relação entre os efeitos do *lean* sobre os colaboradores e os resultados deste no atendimento ao paciente.

2.4.2. Relação entre os efeitos do *lean* sobre os colaboradores e os resultados do *lean* no atendimento ao paciente

No entanto, em alguns estudos revistos por Holden são sugeridas ideias quanto à referida relação, nomeadamente que reduções nos tempos de espera podem melhorar a qualidade de vida dos colaboradores no seu local de trabalho, pois é a irritação dos pacientes com os atrasos que muitas vezes resulta em reações negativas contra os profissionais, desmoralizando-os; e a melhoria nos processos de trabalho pode fazer aumentar a cortesia dos colaboradores para com os pacientes. É ainda bastante referenciada na literatura a relação entre a satisfação dos colaboradores e a dos pacientes existindo estudos que demonstram mesmo uma correlação positiva (Leiter et al., 1998; Haas et al., 2000).

Esta relação verifica-se num ambiente que promova a satisfação no trabalho pois permite que os profissionais de saúde estejam mais motivados e produtivos, contribuindo para um atendimento de maior qualidade, enquanto colaboradores insatisfeitos têm maior probabilidade de providenciar serviços inferiores (Bhatnagar e Srivastava, 2012).

Mais concretamente, existem autores que referem uma clara inter-relação entre a satisfação dos colaboradores, a qualidade do atendimento e a satisfação do paciente sugerindo que a insatisfação dos empregados afeta negativamente a qualidade do atendimento, tem um efeito adverso sobre a fidelidade do paciente e prejudica a rentabilidade do hospital (Atkins et al., 1996); as iniciativas de melhoria de qualidade têm uma correlação positiva com a satisfação dos colaboradores e utentes (Kammerlind et al., 2004); existe uma forte correlação entre a moral dos profissionais de saúde e os resultados da satisfação do paciente (JCAHO, 2005); e que colaboradores satisfeitos permitem a redução dos tempos de permanência dos pacientes nos hospitais (Harmon et al., 2003; Karasek, 1990). Assim, se os colaboradores são afetados pelo *lean* de uma forma positiva ou negativa em termos de motivação, satisfação e ansiedade, é razoável sugerir que o atendimento prestado ao paciente também será afetado.

Em suma, e para chegar a conclusões sobre os vários temas descritos nesta seção referentes ao *lean* nos serviços de urgência e dos seus efeitos diretos e indiretos, adoptamos as seguintes questões de estudo de Holden (2011):

1. Como o *lean* transforma as estruturas e processos de trabalho?
2. Como o *lean* afeta os cuidados ao paciente (qualidade, segurança e eficiência)?
3. Como o *lean* afeta diretamente os colaboradores, independentemente das mudanças nas estruturas e processos de trabalho?

4. Como o *lean* afeta indiretamente as condições de trabalho dos colaboradores (Ex.: autonomia e carga de trabalho) e os resultados (Ex.: motivação e satisfação), transformando as estruturas e processos de trabalho?
5. Como os efeitos do *lean* nos cuidados ao paciente e nos colaboradores estão relacionados?

Desta forma, as questões supracitadas servem de base ao presente estudo que pretende analisar a implementação do *lean* e o seu impacto (positivo e negativo) no AP de um hospital português, a CUF Descobertas, com foco nos efeitos sobre os colaboradores.

3. Metodologia

Neste capítulo descreve-se a metodologia utilizada para recolher e tratar informação de forma a tirar conclusões que respondam às questões mencionadas na seção anterior e seguindo o modelo do *lean* na saúde sugerido por Holden (2011).

Tomando em consideração o objetivo deste estudo, analisar o impacto do *lean thinking* nos colaboradores dos serviços de saúde, recorre-se a um estudo de caso, o Atendimento Permanente de Adultos (APA) do Hospital CUF Descobertas, pois como Yin (2003) refere, os estudos de caso permitem explicar associações entre variáveis complexas que outras estratégias de investigação não explicam, respondendo a questões do tipo “como” e “porquê”.

Embora fosse útil a comparação com outros estudos de caso, optou-se por um único e não múltiplos, pois o foco da investigação é um projeto já implementado, com resultados disponíveis para avaliação e a comparação não seria fidedigna dadas as inúmeras variáveis que divergem de um caso para outro e que enviesariam os resultados.

Assim, considera-se a estratégia de pesquisa utilizada um estudo de caso exploratório com base numa investigação empírica, partindo da observação e recolha de dados para a construção de uma explicação dos resultados com o apoio da teoria. A investigação segue, assim, uma lógica indutiva tendo em conta a preocupação com o contexto em que os eventos sucederam e a escassez de literatura em relação ao tema.

Para obtenção das conclusões pretendidas recorre-se a diversas técnicas de recolha de informação: análise documental, entrevistas semiestruturadas e aplicação de um questionário.

Relativamente à análise documental esta tem como base um documento explicativo do projeto, bem como indicadores estatísticos da atividade do APA e resultados dos inquéritos anuais realizados pelo hospital aos pacientes.

As entrevistas semiestruturadas foram realizadas com os responsáveis do APA (Coordenador do AP, Coordenadora da Medicina Interna e Gestor de Enfermagem), tendo por base um guião, elaborado com base no modelo conceptual apresentado por Holden e incluindo as cinco questões de pesquisa. A escolha por este tipo de entrevista surge por esta fazer frequentemente parte de uma estratégia de estudos de caso exploratórios e por permitir compreender o ponto de vista dos profissionais de saúde em relação à temática em estudo.

As entrevistas aconteceram na forma de “um para um”, excluindo-se as entrevistas de grupo e grupos de foco por não se considerar relevante para o estudo. Estas foram gravadas em formato áudio mediante autorização dos entrevistados, e toda a informação foi transcrita e categorizada à luz do modelo de Holden para posterior análise qualitativa. Registaram-se ainda novos *inputs*, alguns dos quais foram posteriormente incluídos no questionário.

A par da análise documental e entrevistas, foi ainda elaborado pela investigadora um questionário onde foram incluídas diversas questões com base no estudo de Holden, apesar do grande foco incidir sobre as questões de pesquisa 3 e 4 de forma a recolher conclusões específicas sobre os efeitos diretos e indiretos do *lean* sobre os colaboradores. Após a elaboração da primeira versão do questionário, foi aplicado um teste piloto a 5 pessoas alheias ao estudo, de diferentes faixas etárias, sexos e profissões para validação das questões e respetivas opções de resposta. Com base nas sugestões recolhidas, o questionário foi reformulado e distribuído por todos os colaboradores do APA (25 enfermeiros, 10 auxiliares de ação médica (AAM), 10 administrativos e 41 médicos - 1 Coordenador, 5 de Medicina Geral e Familiar, 5 de Medicina Interna e 30 tarefeiros), exceto aos três entrevistados, totalizando uma população de 85 profissionais. Contudo, a amostra foi menor devido à condição pré estabelecida de contabilizar apenas os profissionais que já trabalhavam no APA antes de Junho de 2012 (implementação oficial do projeto), podendo comparar os períodos pré e pós projeto.

Como resposta à primeira questão de pesquisa (QP) é apresentada uma tabela descritiva de todas as alterações no APA em termos de processos e estruturas, categorizadas tal como Holden sugere. Adicionalmente, é elaborada uma outra tabela comparando o que foi feito no projeto com a teoria sobre o *lean*, comparação esta que nunca foi realizada pelos responsáveis do APA.

Para a QP2 é elaborada uma análise aos resultados dos inquéritos de satisfação dos pacientes e à evolução dos indicadores da atividade do APA entre 2010 e 2013,

categorizando cada um em resultados de qualidade, segurança e/ou eficiência e concluindo se foram positivos, negativos ou nulos.

Na resposta à QP3 e QP4 é elaborada uma análise descritiva dos efeitos diretos e indiretos do *lean* que apresentam uma maior dispersão de respostas e daqueles que permitem tirar conclusões diferentes do que é referido na literatura. Para as questões com elevada dispersão de respostas recorre-se a estatística inferencial fazendo testes de hipóteses para perceber se a dispersão de respostas advém das diferenças entre grupos de inquiridos ou se é um acaso.

Para a QP5 são sistematizadas as principais ideias da literatura relativas a esta questão e tiradas conclusões comparando os resultados de questões do inquérito aos colaboradores, alguns indicadores já analisados na QP2 e outros resultados dos inquéritos aos pacientes. Por último, referir que não se pretende que este estudo seja replicável tendo em conta que reflete a realidade de um determinado projeto e está inserido num contexto específico. No entanto, este poderá permitir um resultado mais amplo e avançar proposições teóricas que poderão ser testadas noutros contextos.

4. Recolha, tratamento e análise de dados

Neste capítulo apresenta-se a análise de todos os resultados obtidos ao longo do estudo, dividindo-os pelas respetivas QP. De forma a contextualizar estes mesmos resultados, introduz-se o projeto em análise.

4.1. Projeto “O Cliente no Centro da Mudança”

O projeto implementado oficialmente pela CUF Descobertas a 1 de Junho de 2012, intitulado como “O Cliente no Centro da Mudança”, teve início após detetados alguns problemas: ineficiências nos registos de atos médicos e consumíveis clínicos com impacto na faturação; falta de parametrização de determinados procedimentos e circuitos mal definidos; decréscimo do número de admissões também devido à abertura dos Hospitais da Luz e dos Lusíadas em 2007; regulação mais apertada das entidades seguradoras; tempos de espera elevados para primeiro atendimento; número considerável de desistências sem observação médica; inadaptação das equipas aos pacientes e sobrecarga de trabalho dos colaboradores.

Deste modo, os responsáveis do hospital decidiram criar um projeto que por um lado desenvolvesse estratégias e planos de ação para aumentar a eficiência e faturação dos episódios de urgência e por outro garantisse o nível de serviço e fidelização dos clientes,

tendo sempre por base a melhoria da eficiência dos processos, da segurança dos clientes e colaboradores, da qualidade dos serviços prestados e o incremento da sustentabilidade.

4.2. Questões de pesquisa

QP1 - Como o *lean* transforma as estruturas e processos de trabalho?

Por conseguinte, e de forma a combater os problemas supracitados foi implementado um conjunto de alterações ao nível dos processos e das estruturas, como se pode observar na Quadro 1 e 2, categorizadas com base na estrutura que Holden apresenta no seu estudo.

Quadro 1 – Alterações no APA da CUF Descobertas em termos de processos

Alterações nos processos
1. Novos processos e procedimentos operacionais relacionados - Revisão dos processos de registo e faturação de todos os procedimentos, consumos e fármacos utilizados nos episódios de urgência e parametrização dos mesmos - Reorganização dos <i>stocks</i> de consumíveis e alocação dos mesmos em locais chave de forma a estarem disponíveis para os enfermeiros - Redesenho dos processos e circuitos do serviço em relação ao atendimento (desde a admissão e triagem até à primeira observação) - Atribuição de uma nova pulseira de cor branca (com tracejado verde) após a triagem que permite inverter a chamada dos clientes menos urgentes - Utilização de um mecanismo <i>fast track</i> para encaminhamento dos pacientes menos urgentes, que são identificados na triagem com cor verde ou azul - Equilíbrio estrutural dos turnos das equipas (colaboradores a entrarem antes dos outros saírem) - Transição de procedimentos realizados em papel para procedimentos informáticos - Eliminação de tempos mortos entre atendimentos (médicos chamam imediatamente o próximo paciente quando terminam um atendimento)
2. Mudanças/reorganização do espaço <i>(Não foi verificada qualquer alteração a este nível)</i>
3. Outros - Correção do perfil informático dos médicos alocados ao AP, permitindo o registo de atos médicos - Análise dos padrões dos doentes e correção na avaliação da natureza do cliente - Introdução da possibilidade de todos os colaboradores proporem novas melhorias através da intranet do hospital - Análise caso a caso de todos os doentes que são internados no seguimento de uma reinscrição para confirmar se houve algum erro da parte da CUF

Fonte: Elaboração própria

Quadro 2 – Alterações no APA da CUF Descobertas em termos de estruturas

Alterações nas estruturas
1. Recolha e monitorização de dados - Adoção da metodologia <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA) para a fase do aumento da eficiência económica - Definição de equipas e prazos para recolha de informação e planeamento das atividades seguintes (<i>Plan</i>) - Recolha e tratamento de dados estatísticos sobre toda a atividade gerada no AP para posterior análise (<i>Do</i>) - Análise da atividade do APA através do cruzamento de dados recolhidos (<i>Check</i>) - Definição das estratégias a adotar (<i>Act</i>) - Reuniões com diversos médicos, enfermeiros e administrativos de forma a conhecer motivos para as falhas de registo - Supervisão e correção de falhas detetadas no registo de atos médicos/<i>kits</i> de consumíveis - Monitorização de toda a actividade gerada no AP pelo Enfermeiro Gestor: - Supervisão diária dos registos efectuados pela equipa de enfermagem - Responsabilização individual quando detectadas falhas de registo, com inclusão de métricas definidas no processo de avaliação da equipa de enfermagem - Reuniões constantes de acompanhamento e monitorização dos registos junto da equipa de enfermagem - Análise dos questionários de satisfação dos pacientes para ver quais os aspetos que estes consideram mais importantes na escolha do serviço de urgência - Levantamento de indicadores de atividade do APA (tempos de espera, tempo de permanência, nº de desistências e de reclamações) - Monitorização dos eventos adversos numa base mensal a partir do momento em que se declarou o projeto dos 30 minutos - Exibição semanal de gráficos e diagramas do desempenho da unidade para todos os colaboradores na intranet - Auditorias externas e internas (mensais) de qualidade e referentes ao Protocolo da Triage de Manchester - Reuniões mensais com os coordenadores para analisar de forma global os resultados do mês e do ano comparativamente aos homólogos - Medição e controlo da produtividade média por médico - taxas de alta por hora
2. Educação e formação - Sensibilização das equipas para a importância da realização dos registos dos atos e <i>kits</i> de consumíveis - Formação da equipa de <i>back office</i> para a supervisão e correção das falhas detetadas no registo de atos médicos/<i>kits</i> de consumíveis - Ação de formação aos enfermeiros - Sensibilização da equipa médica para a importância de efetivar o registo da medicação em suporte informático e preencher os impressos sempre que realizados atos médicos em contexto de urgência - Reuniões de arranque, durante uma semana na biblioteca do hospital, com a equipa multidisciplinar de médicos, enfermeiros, auxiliares de ação médica e administrativos para explicação do projecto dos 30 minutos e envolvimento de todos os colaboradores
3. Alterações nas ferramentas e tecnologias - Utilização de capacidade informática para registar o trabalho real efetuado e monitorizar a qualidade clínica - Desenvolvimento da aplicação informática tornando-a mais simples e com menos opções - Implementação do débito automático - ato médico gera <i>kit</i> de consumível - Criação de novos <i>kits</i> de consumíveis numa lógica de agregar um conjunto de consumíveis clínicos por ato médico
4. Comunicação e trabalho de equipa - Comunicação à equipa antes da introdução das diversas medidas do projeto e avaliação do seu resultado - Estreita articulação entre profissionais de saúde e a Direção de Produção (Dr.ª Irina Folgado) - Realização de várias reuniões com a Direção de Sistemas de Informação (DSI), para a implementação de alterações na aplicação informática de acordo com as necessidades detetadas - Apresentação dos resultados obtidos à Administração, Direção clínica e Direção de enfermagem após conclusão do projeto - Partilha semanal dos indicadores por toda a equipa do serviço nos quadros dos gabinetes, informalmente (pequenas reuniões) e por <i>email</i> para a identificação de constrangimentos e recolha de sugestões - Organização de um encontro fora do hospital (Ravasseira) para dar conhecimento do projeto e fazer atividades envolvendo toda a equipa - Comunicação a cada médico da sua produtividade média - Disponibilização aos enfermeiros da lista de médicos que estão de serviço de forma a estarem sempre "<i>online</i>" uns com os outros
5. Mudanças nos papéis e responsabilidades dos profissionais - Entrada de um novo Coordenador para a Medicina Interna (Dr.ª Maria José Serra) tendo por objectivo a reestruturação do modelo de medicina interna em vigor (2009) - Nomeação de um novo Coordenador para o Atendimento de Adultos (Dr. Luis Cuña) em 2010 - Nomeação de um novo Gestor de Enfermagem para o AP (Enfermeiro Duarte Mendonça) em 2010 - Criação de uma equipa de trabalho multidisciplinar com a missão de estudar todo o processo de registo e faturação no AP - Definição de uma equipa de <i>back-office</i> (gestora de cliente, enfermeira e responsável administrativa) para orientar e controlar o projeto - Reorganização das equipas médicas e de enfermagem para darem resposta aos picos de procura - Criação de 2 equipas médicas que funcionam em simultâneo durante 24h por dia com funções distintas e para diferentes fluxos de pacientes: - Equipa de Medicina Interna junta com uma equipa complementar constituída por médicos tarefeiros (internistas) dedicados ao cliente grave no AP, assegurando o atendimento 24h, agilizando o internamento de todos os clientes admitidos no APA e garantindo a interligação com as várias especialidades e serviços - Equipa fixa do AP de Medicina Geral e Familiar responsável pelos clientes menos graves e dedicada ao <i>fast track</i> constituída por médicos a contratação permanente em vez de um vínculo contratual precário e que passou a assegurar o Serviço de Medicina, a Unidade de Cuidados Intensivos e o AP - Atribuição da responsabilidade de vigilante das filas de espera ao Coordenador de balcão que para além das funções de gestão da equipa de Medicina Geral e Familiar fica responsável por acionar o mecanismo <i>fast track</i> sempre que sejam detetados picos de afluência no APA - Redesenho de equipas com elementos entre os 2 e os 6 com base na análise dos picos diários e sazonais de afluência ao APA

Fonte: Elaboração própria

De forma a explicitar os elementos de *lean thinking* do projecto, apresenta-se de seguida o Quadro 3, comparando as temáticas sugeridas na literatura com as utilizadas no projeto.

Quadro 3 – O *lean thinking* no APA da CUF Descobertas

<i>Lean thinking</i>	APA da CUF Descobertas
Desperdícios	
Atrasos e filas de espera	- Tempos de espera elevados
Movimentos desnecessários de materiais e colaboradores devido à pouca interação entre profissionais de saúde	- Médicos a trabalharem de forma individual, sem estarem integrados numa equipa, sem um coordenador de turno e a chamar qualquer cor, independentemente da complexidade clínica do doente
Comunicação pouco clara e confusão relativamente ao serviço	- Falta de uniformização no processo de registo para alguns actos e <i>kits</i> entre a equipa de enfermagem
Inventários	- Filas de espera de utentes (principalmente menos urgentes)
Oportunidades de reter clientes pedidas por incapacidade de estabelecer relações e perceber o que estes desejam	- Aumento do número de desistências sem observação médica - Diminuição do número de admissões por não ser tida em conta a natureza do cliente - Aumento do número de reclamações
Erros na transação do serviço que envolvem produtos perdidos ou danificados	- Perdas de faturação por falhas de registo
Excesso de processamento (etapas desnecessárias)	- Aplicação informática com muitas opções, pouco " <i>user friendly</i> " - Duplicação de episódios de urgência sempre que os utentes desistentes voltam ao APA - Sobrecarga de trabalho dos profissionais de saúde
Os 5 princípios do <i>lean thinking</i>	
Valor	- Os inquéritos de satisfação aos pacientes, permitiram aos responsáveis do projeto saberem o que tinha valor para o cliente (neste caso, qualidade clínica e tempo de espera) e quais as suas expectativas
Fluxo de valor	- A equipa de Medicina Interna ficou responsável pelo atendimento dos clientes graves e a equipa de Medicina Geral e Familiar pelos clientes menos graves - O conceito dos <i>kits</i> foi definido numa lógica de agregar um conjunto de consumíveis clínicos por acto médico, por troca do débito "linha a linha" de cada consumível - Definição de um novo encaminhamento pós triagem
Fluxo	- <i>O fast track</i> permitiu inverter a chamada de clientes menos urgentes para rapidamente diminuir o fluxo destes
<i>Pull</i>	- <i>O fast track</i> apenas é acionado quando são detetados picos de afluência no APA
Perfeição	- A sustentabilidade como um dos grandes objetivos do projeto tendo sempre em atenção a melhoria contínua - Cultura de eficiência instaurada no APA com o projeto, sendo observável um maior rigor e preocupação por parte das equipas no seu trabalho
Ferramentas Lean	
VSM	- Revisão de todos os procedimentos realizados em contexto de urgência e do circuito de faturação - Análise de falhas de processo no circuito de impressos para registo de atos médicos - Redesenho dos processos e circuitos do serviço
<i>Kaizen</i>	- Realização de reuniões com diversos médicos, enfermeiros e administrativos para dar a conhecer os motivos para as falhas de registo e ações de sensibilização à equipa para a importância da realização dos registos dos atos e <i>kits</i> de consumíveis - Ações de sensibilização e reuniões para explicação e discussão do projeto dos 30 minutos
PDCA	- Utilização do método PDCA no início do projeto para definição de equipas e prazos para recolha de informação e planeamento das atividades seguintes (<i>Plan</i>); recolha de dados sobre toda a atividade do APA (<i>Do</i>); análise da atividade do APA através do cruzamento de dados (<i>Check</i>) e definição das estratégias a adotar (<i>Act</i>)
<i>Seiton</i> (um dos 5S)	- Reorganização dos <i>stocks</i> de consumíveis e alocação dos mesmos em locais chave de forma a estarem disponíveis para os enfermeiros utilizarem
Padronização de procedimentos	- Uniformização do processo de registo da atividade gerada no APA - Revisão da parametrização de actos médicos alocados ao APA
<i>Poka-yoke</i>	- Implementação do débito automático - ato médico gera <i>kit</i> de consumível de forma a evitar esquecimentos dos profissionais de saúde
Etapas na implementação do <i>lean</i>	
Avaliação	- Recolha de dados estatísticos sobre toda a atividade gerada no APA e cruzamento de dados - Criação de uma equipa multidisciplinar com a missão de estudar o processo de registo e faturação da atividade do APA - Análise dos indicadores referentes à demora para primeiro atendimento e à taxa de abandonos sem observação médica - Análise das reclamações, desistências e resultados dos inquéritos de satisfação dos utentes do APA
Melhoria	- Melhoria da eficiência dos processos, melhoria da segurança dos clientes e colaboradores, melhoria da qualidade dos serviços prestados aos pacientes e incremento da sustentabilidade como os 4 eixos que o hospital teve em conta e para o qual focou a implementação do projeto em análise
Monitorização	- Supervisão diária e aleatória dos registos efetuados pela equipa de enfermagem - Inclusão de métricas definidas no processo de avaliação da equipa de enfermagem - Disponibilização constante da evolução dos indicadores do serviço a todos os colaboradores

No entanto, além de todas as alterações implementadas, os responsáveis do APA e os colaboradores sugerem outras modificações a médio/longo prazo, nomeadamente o aumento e reorganização do espaço físico do APA (alteração nos processos), dividindo as salas de espera consoante o nível de prioridade do doente, criando casas de banho separadas para colaboradores, doentes ou acompanhantes e aumentando o número de gabinetes médicos e *boxes*. Ainda ao nível dos processos, os profissionais sugerem a melhoria das suas condições de trabalho com a criação de salas de descanso e extensão dos horários do bar e refeitório (24h).

Em termos de alterações nas estruturas, propõem a melhoria do sistema informático principalmente em termos de velocidade; a promoção de uma maior comunicação com as restantes valências do hospital; a implementação de um projeto semelhante no AP da pediatria e/ou noutras unidades como a CUF Porto e CUF Infante Santo; e o aumento ou revisão do número de enfermeiros por turno para diminuir a sobrecarga de trabalho dos profissionais.

QP2 - Como o *lean* afeta os cuidados ao paciente (qualidade, segurança e eficiência)?

Para responder à QP2 apresentam-se no Anexo 1 os resultados obtidos no período pré e pós projeto relativamente aos efeitos do *lean* no atendimento ao paciente no APA, sob forma de indicadores de qualidade, segurança e eficiência e analisa-se cada um individualmente referindo se foram positivos, negativos ou nulos.

Fonte: Elaboração própria

O **número de admissões** representa o número de doentes admitidos a triagem e comparando o ano de 2011 (pré projeto) com 2012 (início do projeto) verifica-se um aumento, contrariando pela primeira vez, desde 2007, a clara tendência de decréscimo, mantendo-se os resultados positivos em 2013.

Os **indicadores por escalões** indicam a quantidade de utentes com observação médica e o Anexo 1 demonstra que o tempo máximo de espera é cada vez menor e com o projeto o hospital posicionou a maioria dos seus utentes nos primeiros escalões, conseguindo mesmo, em 2013, que todos os atendimentos tivessem esperas sempre inferiores a 1h. Em 2013 o número de utentes nos indicadores por escalões foi superior ao número de admissões devido às retriagens⁹.

⁹ Pessoas triadas, por exemplo, como verdes, mas que devido ao agravamento do seu estado antes de serem observadas pelo médico sofreram uma alteração de categoria de triagem.

A redução do **tempo médio de espera** para primeira observação médica era e é um dos grandes objetivos do hospital que, pelo observado, está a ser cumprido visto que desde 2010 até 2013 diminuiu 23 minutos.

Relativamente ao **número de reclamações por tempo de espera** este apresentou um decréscimo de 94% de 2010 para 2013, representando apenas 7% do total das reclamações em 2013, contra os 27% do ano anterior. Estes resultados refletem assim a melhoria mencionada acima relativamente aos tempos médios de espera.

Quanto ao **número de desistências por tempo de espera**, em 2011 verificou-se que 94% das desistências que ocorreram no APA foram devido a elevados tempos de espera (superiores a 1h), e embora em 2012 este valor tenha continuado elevado, 68%, observou-se que das 323 desistências referidas, apenas 37 ocorreram de Junho a Dezembro, período de implementação do projeto. Como tal, é notório que também este indicador foi influenciado positivamente pelos resultados dos tempos médios de espera sendo que em 2013 apenas 14% das desistências totais foram por tempos de espera. Estes resultados são muito positivos para o hospital pois as desistências têm implicações a nível financeiro, com aumento de custos sempre que existem duplicações de episódios e a nível institucional, prejudicando a reputação do hospital e conduzindo à perda de clientes.

A análise das **reclamações de âmbito clínico** permite avaliar se a qualidade no atendimento ao paciente foi descurada, verificando-se que tal não aconteceu, pois após a implementação do projeto, o número de reclamações deste tipo diminuiu e apesar do decréscimo não parecer significativo, em 2012, de Janeiro a Maio foram registadas 20 reclamações deste tipo, enquanto de Junho até Dezembro apenas se verificaram 11.

O resultado do **tempo médio de permanência** apresenta-se como nulo (menos 1 minuto de 2012 para 2013), mas esta nulidade é positiva pois o objetivo dos responsáveis pelo projeto era manter este indicador praticamente inalterável de forma a não descurar a qualidade no atendimento ao paciente em favor de um maior número de admissões.

A **taxa de readmissões** é definida pela razão entre o número de clientes reinscritos nas 48 horas após o atendimento e o número total de inscrições. Como apresentado, esta manteve-se praticamente inalterada depois da implementação do projeto, assumindo-se como um dado positivo pois indica que a qualidade clínica dos serviços prestados não foi descurada no primeiro atendimento, não sendo necessário os pacientes recorrerem uma segunda vez ao APA.

A **percentagem do objetivo clínico** representa a taxa de pacientes atendidos dentro dos limites de tempo definidos pelo PTM (CUF Infante Santo, 2014), por prioridade. Como se pode observar, este valor tem vindo a aumentar estando atualmente muito próximo dos 100%, corroborando os resultados positivos apresentados anteriormente.

Analisando os **inquéritos de satisfação dos pacientes** relativamente ao APA, verifica-se que em 2010 o fator “tempo de espera” se destacou como o que mais contribuiu para a insatisfação dos utentes. No entanto, e embora este ainda seja o fator com um maior peso, nos três anos seguintes, a insatisfação geral dos inquiridos deveu-se também a outros fatores como, “mais atenção/simpatia” por parte dos profissionais de saúde e “melhores instalações”, destacando-se ainda negativamente em 2013 o fator “melhores médicos”. Contudo, a proporção de utentes pouco satisfeitos tem vindo a diminuir, revelando-se um indicador positivo.

Quanto à **faturação**, verifica-se um aumento ao longo do período em análise, constatando-se uma maior eficiência económica do APA, fator positivo importante tendo em conta que a CUF Descobertas é um hospital privado.

O rácio de **atos médicos registados** pelo **número de admissões** aumentou sendo que em 2011, período em que se iniciou a primeira fase do projeto com a reorganização do registo e faturação de atos médicos e *kits* de consumíveis, verificou-se um aumento de 7.718 atos registados apesar da diminuição do número de admissões. De 2012 para 2013 o aumento foi ainda maior. Esta realidade não significa um aumento do número de atos médicos, mas sim do número de registados, demonstrando o elevado compromisso dos colaboradores com o projeto.

Por sua vez, o rácio de ***kits* de consumíveis registados** pelo **número de admissões** foi igualmente expressivo em 2011 face ao ano anterior, verificando-se um aumento de 21,8% de *kits* registados. Este aumento reflete o esforço por parte da equipa de enfermagem no registo de rubricas que se encontravam bastante abaixo da real atividade do APA. Em 2012 verificou-se esta mesma tendência ascendente devido, essencialmente, ao desenvolvimento da aplicação informática que permitiu implementar o débito automático de *kits*, facilitando o trabalho dos profissionais. No entanto, verifica-se um decréscimo de 2012 para 2013 que, segundo a Gestora de Produção do Hospital, se deve a negociações com outras entidades fornecedoras de consumíveis e consequentemente a diferentes formas de registar os *kits*.

Em suma, o paciente ganhou com as alterações implementadas com o projeto demonstrando-o na sua perceção do serviço através da diminuição de respostas negativas

nos inquéritos anuais, do número de reclamações e das desistências por tempo de espera. Por outro lado, os doentes graves estão a ser atendidos mais rapidamente sem prejuízo dos menos graves e a qualidade clínica manteve-se sem um aumento do número de readmissões e com um baixo número de reclamações de âmbito clínico. A estes resultados, acrescenta-se o aumento no número de admissões, fator que revela a solidez de funcionamento do APA.

QP3 - Como o *lean* afeta diretamente os colaboradores, independentemente das mudanças nas estruturas e processos de trabalho?

QP4 - Como o *lean* afeta indiretamente as condições de trabalho dos colaboradores (Ex.: autonomia e carga de trabalho) e os resultados (Ex.: motivação e satisfação), transformando as estruturas e processos de trabalho?

De forma a responder à QP3 e QP4, utilizam-se respostas das entrevistas e, principalmente, os resultados do questionário aos colaboradores do APA.

Com as respostas das entrevistas, confirmam-se a maioria dos efeitos do *lean* sobre os colaboradores, referidos na literatura, e são sugeridos outros positivos: a melhoria na organização do serviço com a criação de Coordenadores de Balcão conduz a um aumento na satisfação dos empregados; e a criação de um maior sentimento de integração e pertença por parte dos colaboradores por participarem no projeto. Estes efeitos adicionais foram integrados no questionário para averiguar a opinião dos próprios colaboradores em relação aos mesmos.

4.2.1. Amostragem

Relativamente ao questionário, a população de inquiridos em estudo é constituída por 85 profissionais. Destes, responderam 56, dos quais apenas 41 foram considerados válidos para a amostra devido à condição pré estabelecida.

Considerando apenas as respostas válidas, a maioria dos inquiridos começou a trabalhar neste serviço entre 2009 e 2012, tem entre 36 e 45 anos e são médicos ou enfermeiros, predominando o sexo feminino. Também se observa que a maioria dos inquiridos conhece perfeitamente o projeto, ou pelo menos sabe do que se trata, apesar do seu conhecimento incidir sobretudo na 2ª etapa do projeto referente aos 30 minutos de atendimento (71,1%).

4.2.2. Estatística descritiva

De forma a tratar os dados obtidos com o questionário, procedeu-se a uma análise descritiva de todas as respostas em tabelas de frequência, destacando-se as questões

relativas aos efeitos diretos e indiretos do *lean* de forma a tirar conclusões específicas para estas QP. Os resultados das questões de resposta aberta são descritos ao longo da secção quando considerado oportuno.

Relativamente aos efeitos **diretos** do *lean* nos colaboradores sugeridos na literatura, na sua maioria foram confirmados, sendo no entanto necessário realçar alguns que apresentam opiniões contrárias ou heterogéneas em relação a este tema.

- A maioria dos inquiridos discordam totalmente (26,3%) ou discordam (23,7%) que ficaram reticentes relativamente às alterações que iriam ser implementadas com o projeto. No entanto, esta questão apresenta um desvio padrão relativamente elevado (1,435), revelando que a amostra não é homogénea;
- Mais de metade dos inquiridos (81,1%) afirma que não teve receio de perder o seu emprego aquando da implementação do projeto, contrariando assim uma das grandes crenças relativamente ao *lean*;
- Os colaboradores demonstram que com este projeto a sua carga de trabalho aumentou (17,9% concordam e 33,3% concordam totalmente), existindo mesmo 25,6% que consideram a carga de trabalho atual inadequada. No entanto, também esta questão divide opiniões tendo em conta o elevado DP (1,393);
- A atitude dos superiores hierárquicos é positiva pois os inquiridos referem que estes reconhecem a importância do seu contributo nos processos de trabalho (66,7% concordam totalmente) e aceitam sugestões vindas dos funcionários da linha da frente (14,8% discordam totalmente e 59,3% discordam que existe resistência a sugestões), contrariando assim a ideia de que com projetos *lean* existe relutância por parte da gestão em abdicar do controlo do desenho do processo para os colaboradores.

No que toca a efeitos **indiretos**, observam-se os seguintes resultados:

- Apesar de 31,8% dos inquiridos concordarem e 13,6% concordarem totalmente que estiveram dispostos a dispensar horas extra de trabalho para ter formação, existe uma grande heterogeneidade nas respostas (DP de 1,444);
- Relativamente a uma das maiores controvérsias do tema *lean*, 61,5% dos inquiridos discordam ou discordam totalmente que o facto de alguns procedimentos terem sido uniformizados tenha diminuído a sua autonomia no trabalho;
- A melhoria da organização do serviço do APA resultante da criação de Coordenadores de Balcão e referida pelos entrevistados como um efeito positivo, é confirmada com 44,7% dos inquiridos a concordam e 39,5% a concordam totalmente;
- Um outro efeito positivo adicional referido pelos responsáveis do APA foi o facto de este projeto fazer com que os colaboradores se sintam envolvidos e parte integrante da equipa

e, de certa forma, esta sugestão confirma-se visto que 77,1% dos inquiridos concordam ou concordam totalmente que se sentiram realmente envolvidos no projeto;

- Quanto às relações humanas entre colaboradores e entre estes e os pacientes, os resultados demonstram que o projeto permitiu uma maior interajuda e comunicação entre profissionais (62,1% e 67,5% concordam ou concordam totalmente) e uma maior compreensão destes com os utentes (48,6% concordam ou concordam totalmente). No entanto, este último aspeto apresenta uma heterogeneidade nas respostas (DP de 1,146);
- Por fim, no que respeita à satisfação atual dos colaboradores com o seu trabalho no APA, 60% dos inquiridos estão satisfeitos e 33,3% muito satisfeitos. Para este resultado propõe-se que o projeto pode ter contribuído positivamente na medida em que 61,1% dos inquiridos concordam ou concordam totalmente que a sua satisfação com o trabalho melhorou após o projeto. No entanto, aqueles que se mostram insatisfeitos revelam que os principais motivos da sua insatisfação são a sobrecarga de trabalho, a pressão em períodos de maior afluência e a ausência de recompensa do esforço.

Da análise das restantes questões é ainda possível retirar as seguintes conclusões:

- Como formação inicial, os inquiridos referem que foram realizadas diversas reuniões e uma ação de formação envolvendo o coordenador do AP, médicos, enfermeiros e AAM para abordar a importância de garantir os 30 minutos no atendimento, avaliar os tempos de espera, analisar quais os períodos de maior e menor afluência e organizar as equipas adequando-as a estes mesmos períodos. Estes resultados podem ser a justificação dos inquiridos não terem sentido resistência inicial relativamente ao projeto nem receio de perder o emprego e de discordarem que tenha existido relutância por parte dos superiores hierárquicos em aceitar as suas sugestões e colaboração no projeto;
- Tendo em conta a importância que o *lean* atribui à partilha de resultados com todos os colaboradores, verifica-se que a maioria dos inquiridos afirmam ter tido acesso regular aos resultados (positivos e negativos) do projeto, sendo os meios de comunicação mais utilizados o *email*, conversas com o Coordenador chefe e reuniões;
- Relativamente à escassez de avaliação da satisfação dos colaboradores com o projeto e implementação de práticas *lean*, pelos resultados do questionário observa-se que a maioria dos profissionais confirmou nunca lhe ter sido solicitada avaliação da satisfação com o projeto (64,9%) e dos que responderam que foi solicitada pelo menos uma vez, 66,7% dizem que foi de forma informal em conversa com o superior hierárquico. Daqueles a quem lhes foi solicitada a avaliação, 76,9% ficaram satisfeitos ou muito satisfeitos com este facto e dos que não fizeram qualquer tipo de avaliação, 68,2% ficariam muito satisfeitos ou satisfeitos se o fizessem. Estes resultados revelam uma oportunidade de melhoria para o hospital criando, por exemplo, um questionário de satisfação (anual ou semestral) para os

colaboradores, visto que estes sentem necessidade de expressar a sua opinião mais formalmente e isso pode contribuir para a obtenção de sugestões de melhoria do serviço e, consequentemente influenciar positivamente o atendimento ao paciente.

4.2.3. Estatística inferencial

Quanto às questões que apresentaram alguma heterogeneidade de respostas, recorreu-se a estatística inferencial, realizando testes de hipóteses para a diferença de médias quanto às variáveis “idade”, “ano que começou a trabalhar no APA” e “função atual no APA”. Para as questões com um número de respostas superior a 30, realizou-se o Teste *t-Student*, pois considerou-se que têm uma distribuição aproximadamente normal, pelo Teorema do Limite Central. Para a questão em que a amostra foi pequena foi utilizado o teste de *Mann Whitney*, pois não existia a garantia de normalidade. Para realizar estes testes agregou-se cada uma das variáveis em dois grupos: idade – superior a 40 anos (G1) e igual ou inferior a 40 anos (G2); ano que começou a trabalhar no APA – após 2008 (G1) e até 2008 inclusive (G2); e função atual no APA - enfermeiros, administrativos e AAM (G1) e Médicos (Medicina Interna, Medicina Geral e Familiar e Tarefeiros) (G2) e considerou-se para a estatística de teste:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Por conseguinte, verificou-se que para todos os casos o valor-p é superior a 0,05 e portanto, para um intervalo de confiança de 95%, não se rejeitou a hipótese nula, concluindo-se que a diferença de médias não é estatisticamente significativa, ou seja, que as diferenças ocorreram por acaso não existindo desigualdades significativas entre colaboradores em termos de idade, ano de entrada no APA ou função desempenhada.

Em suma, e analisando o Anexo 2, que compara o ponto de vista dos colaboradores (questionários) e dos responsáveis do APA (entrevistas), conclui-se que a maioria dos efeitos diretos e indiretos (positivos e negativos) do *lean* indicados na literatura se verificaram após a implementação do projeto no APA, discutindo-se na QP5 em que medida estes estão relacionados com o impacto do *lean* no atendimento ao paciente.

QP5 - Como os efeitos do *lean* nos cuidados ao paciente e nos colaboradores estão relacionados?

De forma a responder a esta QP são retiradas da literatura ideias sugeridas sobre o tema:

(1) reduções nos atrasos do atendimento podem melhorar a qualidade de vida dos colaboradores no seu local de trabalho; (2) melhoria nos processos de trabalho pode fazer

aumentar a cortesia dos colaboradores para com os pacientes; (3) um ambiente que promova a satisfação no trabalho permite profissionais de saúde mais motivados e produtivos contribuindo para um atendimento de qualidade; (4) a insatisfação dos empregados afeta negativamente a qualidade do atendimento e tem um efeito adverso sobre a fidelidade do paciente, prejudicando também a rentabilidade do hospital; (5) as iniciativas de melhoria têm uma correlação positiva com a satisfação dos colaboradores e dos utentes; (6) existe uma forte correlação entre a moral dos profissionais de saúde e os resultados da satisfação do paciente; e (7) colaboradores satisfeitos permitem redução dos tempos de permanência dos pacientes nos hospitais.

Com a análise dos resultados dos questionários e cruzando esta informação com alguns indicadores já expostos na QP2 e outros retirados dos inquéritos aos pacientes (Anexo 3), é possível tirar conclusões relacionadas com as ideias mencionadas.

1. Os tempos médios de espera diminuíram de 2010 para 2013 e a satisfação dos pacientes melhorou neste mesmo aspeto (menos 24% de utentes pouco satisfeitos). Face a estes resultados, os colaboradores indicam que com a menor irritação dos pacientes com os atrasos no atendimento os conflitos com estes diminuem (97,3% concordam e concordam totalmente) e, por isso, a redução dos tempos de espera pode, de facto, melhorar a sua qualidade de vida no trabalho (66,7% concordam e concordam totalmente);
2. Como já referido, com o projeto os processos de trabalho melhoraram e este pode ter sido um fator influenciador da cortesia dos colaboradores para com os pacientes, pois os profissionais consideram que se tornaram mais compreensivos com os utentes (48,6% concordam e concordam totalmente);
3. A maioria dos inquiridos está atualmente satisfeita ou muito satisfeita com o seu trabalho no APA, tendo repercussões positivas na qualidade do atendimento medida através dos indicadores de qualidade considerados na QP2 (diminuição das reclamações de âmbito clínico, tempo médio de permanência, taxa de readmissões e número de utentes pouco satisfeitos e aumento da percentagem do objetivo clínico e dos utentes muito satisfeitos);
4. Os resultados positivos referidos na conclusão anterior também se refletem na faturação (aumentou desde 2010) bem como no número de admissões (aumentou 6,6% entre 2010 e 2013) pois os pacientes ficam satisfeitos, fidelizam-se e atraem outros clientes;
5. As iniciativas de melhoria de qualidade descritas em capítulos anteriores parecem apresentar uma correlação positiva com a satisfação dos colaboradores e dos utentes visto que 61,1% dos profissionais concordam e concordam totalmente que a sua satisfação com o trabalho aumentou, após o projeto, e a percentagem de utentes muito satisfeitos aumentou 7% de 2011 para 2013;

6. Relativamente à forte correlação sugerida entre a moral dos colaboradores e a satisfação do paciente esta, de certa forma, verifica-se se se considerar moral como a satisfação. No geral, os colaboradores avaliam a sua satisfação positivamente, indo de encontro aos resultados positivos da satisfação dos pacientes. No entanto, verifica-se no Anexo 3 que existem algumas discrepâncias na avaliação dos pacientes à relação humana e prestação dos diversos profissionais do APA. Os resultados menos positivos nos “muito satisfeitos” são em relação aos AAM e aos administrativos, mas dada a pequena amostra de respostas destes grupos ao questionário não é possível tirar conclusões plausíveis. Nos enfermeiros e médicos existe uma tendência divergente que pode ser explicada em parte pela sobrecarga de trabalho, pois 62,5% dos inquiridos que considera a sua carga de trabalho atual inadequada são enfermeiros. Este cenário corrobora os resultados que demonstram uma melhoria na avaliação dos pacientes na relação, prestação e preocupação do médico e um decréscimo na sua satisfação com a relação e prestação do enfermeiro;
7. Como referido na conclusão 3, verifica-se ainda que colaboradores satisfeitos podem efetivamente permitir a redução dos tempos de permanência dos pacientes no hospital.

5. Conclusões e investigação futura

Como já referido, dada a escassez de exemplos de aplicação do *lean* aos serviços de urgência, principalmente em Portugal, este estudo apresenta-se como um dos poucos exemplos desta temática considerando-se assim um bom contributo para a continuidade da investigação, pois pretendeu-se demonstrar ambos os lados do *lean* (positivo e negativo) analisando dois pontos de vista, o dos responsáveis do APA, que representam os líderes e o dos colaboradores que trabalham diretamente com os utentes.

Tomando como exemplo o caso da CUF Descobertas e as alterações implementadas no APA, percebeu-se como o *lean* transforma os processos e estruturas de trabalho recorrendo a ferramentas como o VSM, eventos *Kaizen*, método PDCA, um dos 5S, padronização de procedimentos e *poka-yoke*. Além destas ferramentas destaca-se o *fast track* como uma possível solução dos problemas de gestão de filas, inclusive em serviços públicos (Ex.: repartições de Finanças e Loja do Cidadão) e a consequente reformulação de equipas comprovando que o *lean* não implica despedimentos mas sim uma realocação dos recursos humanos existentes.

Com a implementação destas ferramentas e práticas no APA verificaram-se melhorias no processo de cuidados ao paciente em termos de qualidade e segurança do serviço, nomeadamente redução das desistências e reclamações por tempos de espera; maior

rapidez e eficiência no atendimento traduzida na maior satisfação do utente; e maior eficiência económica manifestada no aumento da faturação inerente ao maior número de admissões e à simplificação e padronização do processo de registo de atos médicos e *kits* de consumíveis.

Relativamente aos efeitos que o *lean* tem sobre os colaboradores, este estudo revelou que estes são sobretudo positivos, traduzidos numa maior satisfação com o seu trabalho. No entanto, verificou-se um aspeto percecionado negativamente pelos responsáveis e colaboradores: aumento da carga de trabalho que, de certa forma, advém da maior responsabilidade colocada em cada um para fazerem um trabalho mais eficiente e tentarem constantemente melhorá-lo. De realçar que, ao contrário do sugerido na literatura, não se verificou receio ou resistência inicial dos colaboradores ao projeto; nem diminuição de autonomia no seu trabalho pela uniformização de procedimentos; nem relutância dos superiores hierárquicos em aceitar sugestões e colaboração dos empregados na conceção e implementação do projeto. Estes resultados podem estar relacionados com a realização de reuniões iniciais onde os objetivos do projeto foram partilhados com todos os intervenientes, demonstrando a importância da comunicação como inibidora da resistência à mudança.

Por fim, é aceitável assumir que existe uma relação entre os efeitos do *lean* nos colaboradores e nos cuidados ao paciente, propondo-se que uma maior satisfação dos colaboradores com o seu trabalho advinda da melhor organização do serviço e, principalmente, da redução dos tempos de espera conseguida através de práticas *lean*, tem repercussões positivas sobre a forma como o profissional de saúde atende o paciente que, por sua vez, percebe um melhor atendimento, diminuindo as situações de conflito.

As limitações deste estudo foram a reduzida população de inquiridos e consequente pequena dimensão de cada um dos grupos, principalmente dos administrativos e AAM, não permitindo tirar conclusões relativamente a estes; o facto de ser um estudo de caso único e a natureza do projeto não permitir fazer comparações com outros casos; a escassez de estudos com métricas e indicadores de análise mais específicos dos efeitos do *lean* sobre os colaboradores e que servissem de base metodológica, a par de Holden (2011); e a impossibilidade de ter acesso a um exemplar e à base de dados das respostas dos inquéritos aplicados pela CUF aos pacientes que permitiriam chegar a resultados mais concretos relativamente à relação entre os efeitos do *lean* nos colaboradores e no atendimento ao paciente.

Como propostas de investigação futura sobre o tema, sugere-se analisar mais exemplos práticos da aplicação do *lean* nos serviços de urgência, medindo os seus efeitos através de indicadores e métricas adequados; investigar concretamente a correlação positiva sugerida entre os efeitos do *lean* nos colaboradores e no atendimento ao paciente como “alavanca” para outras unidades hospitalares aplicarem a metodologia em análise; observar a influência do *lean* sobre os eventos adversos, medida fundamental para a segurança do paciente; estudar a viabilidade de implementar projetos semelhantes em hospitais públicos; e, por fim, depois de comprovados os benefícios do *lean* na área da saúde, principalmente sobre os colaboradores, e de validado e consolidado o modelo que Holden sugeriu, adaptá-lo a outro tipo de serviços e áreas tendo sempre em conta o contexto em análise.

Referências Bibliográficas

- Atkins, P. M., Marshall, B. S., e Javalgi, R. G. (1996). Happy employees lead to loyal patients. *Journal of Health Care Marketing*, 16(4), 14-23.
- Ben-Tovim, D. I., Bassham, J. E., Bennett, D. M., Dougherty, M. L., Martin, M. A., O'Neill, Sincok, J. e Szwarcbord, M. G. (2008). Redesigning care at the Flinders Medical Centre: clinical process redesign using "lean thinking". *Medical Journal of Australia*, 188(6), 27-31.
- Ben-Tovim, D., Bassham, J. E., Bolch, D., Martin, M. A., Dougherty, M., e Szwarcbord, M. (2007). Lean thinking across a hospital: redesigning care at the Flinders Medical Centre. *Australian Health Review*, 31(1), 10-15.
- Bhatnagar, K., e Srivastava, K. (2012). Job satisfaction in health-care organizations. *Industrial Psychiatry Journal*, 21(1), 75-78.
- Carayon, P., Schoofs, H. A., Karsh, B., Gurses, A. P., Alvarado, C. J., Smith, M., e Flatley, B. P. (2006). Work system design for patient safety: the SEIPS model. *Quality and Safety in Health Care*, 15, i50-i58.
- CUF Infante Santo. *Protocolo de Triagem de Manchester*. Acedido em 23 de Julho de 2014, no Web site da: saúdecuf: <https://www.saudecuf.pt/Content/Home/Triagem+de+Manchester>
- Decker, W. W., e Stead, L. G. (2008). Application of lean thinking in health care: a role in emergency departments globally. *International Journal of Emergency Medicine*, 1, 161-162.
- Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., e Nugent, A. S. (2009). Application of Lean Manufacturing techniques in the emergency department. *Emergency Medicine*, 37(2), 177-182.
- Edvardsson, B., Enquist, B., e Johnston, R. (2005). Co-creating customer value through hyperreality in the prepurchase service experience. *Journal of Service Research*, 8(2), 149-161.
- Fitzpatrick, R., e Hopkins, A. (1993). *Measurement of Patient's Satisfaction With Their Care*. London: RCP Publications.
- Grove, A. L., Meredith, J. O., Macintyre, M., Angelis, J., e Neailey, K. (2010). Lean implementation in primary care health visiting services in National Health Service UK. *BMJ Quality and Safety*, 1-5.
- Haas, J. S., Cook, E. F., Puopolo, A. L., Burstin, H. R., Cleary, P. D., e Brennan, T. A. (2000). Is the professional satisfaction of general internists associated with patient satisfaction? *Journal of General Internal Medicine*, 15, 122-128.
- Harmon, J., Scotti, D. J., Behson, S. J., Fairas, G., Petzel, R., Neuman, J. H., e Keashly, L. (2003). The impacts of high-involvement worksystems on staff satisfaction and service costs in veterans health care. *Academy of Management proceedings*, 1-6.
- Holden, R. J. (2011). Lean Thinking in Emergency Departments: A Critical Review. *Annals of Emergency Medicine*, 57(3), 265-278.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437.
- Johnston, R., Clark, G., e Shulver, M. (2012). *Service Operations Management: Improving Service Delivery* (4th ed.). Pearson.
- Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations. (2005). *Health care at the crossroads: Strategies for addressing the evolving nursing crisis*. Chicago.

- Jones, D., e Mitchell, A. (2006). *Lean thinking for the NHS*. London: NHS Confederation.
- Kammerlind, P., Dahlgaard, J. J., e Rutberg, H. (2004). Climate for improvement and the effects on performance in Swedish healthcare—a survey in the County Council of Ostergotland. *Total Quality Management & Business Excellence*, 15(7), 909-924.
- Karasek, J. (1990). Lower health risk with increased job control among white collar workers. *Journal of Organizational Behaviour*, 11(3), 171-185.
- Kim, C., Spahlinger, D., Kin, J., e Billi, J. (2006). Lean health care: what can hospitals learn from a world-class automaker? *Journal of Hospital Medicine*, 1, 191-199.
- King, D. L., Ben-Tovim, D. I., e Bassham, J. (2006). Redesigning emergency department patient flows. Application of lean thinking to health care. *Emergency Medicine Australasia*, 18, 391-397.
- Kollberg, B., Dahlgaard, J. J., e Brehmer, P. O. (2007). Measuring Lean Initiatives in Health Care Services: issues and findings. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(1), 7-24.
- Leiter, M. P., Harvie, P., e Frizzell, C. (1998). The correspondence of patient satisfaction and nurse burnout. *Social Science & Medicine*, 47(10), 1611-1617.
- Machado, V. C., e Leitner, U. (2010). Lean tools and lean transformation process in health care. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 5(5), 383-392.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1st ed.). New York: NY: Productivity Press.
- Oredsson, S., Jonsson, H., Rognes, J., Lind, L., Göransson, K. E., Ehrenberg, A., Asplund, K., Castrén, M., Farrokhnia, N. (2011). A systematic review of triage-related interventions to improve patient flow in emergency departments. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 19(43), 1-9.
- Prahalad, C. K., e Ramaswamy, V. (2006). *The Future of Competition - Co-creating unique value with customers*. Boston: Harvard Business School Press.
- Radnor, Z. (2010). *Review of business process improvement methodologies in public services*. London: Advanced Institute of Management Research.
- Radnor, Z. J., Holweg, M., e Waring, J. (2012). Lean in healthcare: The unfilled promise. *Social Science & Medicine*, 74, 364-371.
- Rother, M., e Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Slack, N., Chambers, S., e Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6th ed.). Edinburgh: Pearson.
- Womack, J. P., e Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- World Health Organization. (2014, Abril 21). Retrieved from http://www.who.int/topics/health_services/en/
- Yin, R. K. (2003). *Case study research: design and methods* (3rd ed.). Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc.

Curriculum Vitae:

Marisa Monteiro é licenciada em Gestão e mestre em Gestão e Estratégia Industrial pelo Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG), estando atualmente a exercer funções de consultoria interna numa empresa de telecomunicações. Os seus interesses abrangem a gestão estratégica e de operações.

Cláudia S. Sarrico é professora associada com agregação do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa. Os seus interesses situam-se na área de gestão de operações, especialmente questões de gestão do desempenho. É Editora Regional para a Europa da revista científica *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Authors Profiles:

Marisa Monteiro has received a Master Degree in Industrial Management and Strategy from Lisboa School of Economics and Management, Universidade de Lisboa. She is currently an internal consultant in a telecommunications company. Her research interests are strategic and operations management.

Cláudia S. Sarrico is Associate Professor at Lisboa School of Economics and Management, Universidade de Lisboa. Her main research interests are in operations management, especially issues of performance management. She is Europe Regional Editor of the *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Anexos

Anexo 1 – Indicadores da atividade do APA da CUF Descobertas (2010-2013) e respetiva categorização

	2010	2011	2012	2013	Categoria		
					Eficiência	Qualidade	Segurança
Nº Admissões	50.784	49.044	50.954	54.117	X		
Indicadores por escalões (minutos)	50.666	48.788	50.785	54.329			
< 30	60%	72%	79%	94%			X
30 - 60	22%	17%	12%	5%			X
61 - 90	9%	6%	5%	1%			X
> 90	9%	5%	4%	0%			X
Tempos de espera para primeira observação médica							
Tempo médio de espera (hh:mm)	00:35	00:26	00:21	00:12	X		
Indicadores nível de serviço							
Nº Reclamações	239	214	122	97			
Por tempo de espera	119	63	33	7	X		
Nº de Desistências	1.017	538	475	201			
Por tempo de espera	778	506	323	28	X		X
Indicadores clínicos							
Reclamações de âmbito clínico	41	40	31	27		X	X
Tempo médio de permanência (hh:mm)	02:11	01:57	02:02	02:01		X	X
% Readmissões	1,2%	1,3%	1,2%	1,1%		X	X
% Objetivo clínico (PTM)*	88%	92%	94%	98%		X	X
Inquéritos de satisfação aos pacientes							
Utentes muito satisfeitos	60%	54%	55%	61%		X	
Utentes pouco satisfeitos	40%	46%	45%	39%		X	
Tempo de espera	55%	33%	31%	31%	X		
Mais atenção/simpatia	22%	23%	24%	18%		X	
Melhores instalações	16%	17%	28%	14%		X	X
Melhor organização do serviço		17%	7%	6%	X		
Melhores médicos	20%	7%	3%	22%		X	
Mais médicos	10%		3%	2%		X	
Outras respostas	4%	17%	14%	12%			
Não sabe/Não responde	12%		3%	4%			
Nº de respostas totais ao inquérito	127	65	65	125			
Nº de clientes não muito satisfeitos	51	30	29	49			
Faturação (euros)	4.532.622	4.568.728	4.701.133	4.957.795	X		
Outros indicadores							
Atos médicos registados	25.188	32.906	35.707	41.491			
Atos médicos registados/nº de admissões	49,60%	67,09%	70,08%	76,67%	X		
Kits de consumíveis registados	25.910	33.205	37.986	36.882			
Kits de consumíveis registados/nº de admissões	51,02%	67,70%	74,55%	68,15%	X		

*PTM - Protocolo Triagem de Manchester

Dados não existentes

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 2 – Efeitos diretos e indiretos do *lean* sobre os colaboradores verificados nos questionários e entrevistas

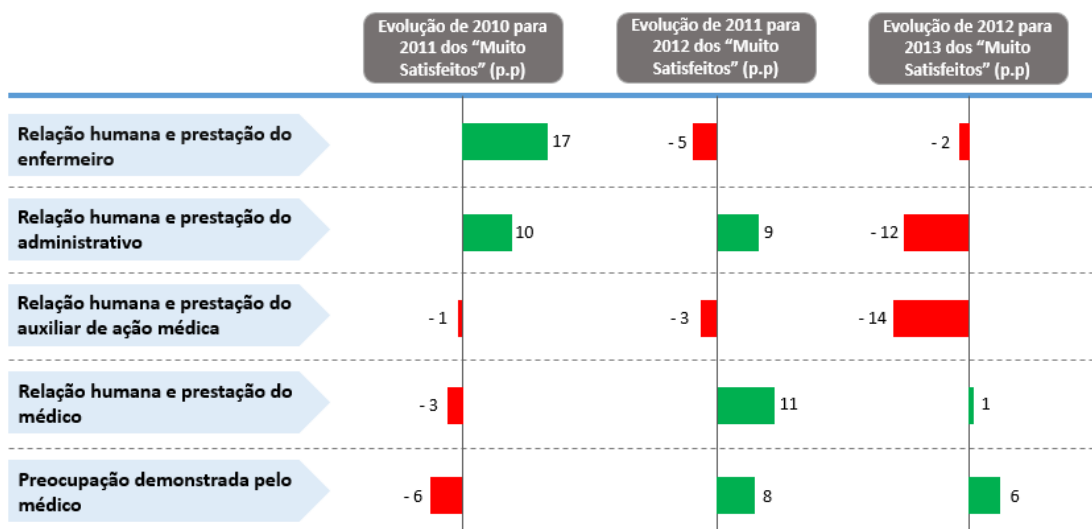
	Questionários	Entrevistas
Efeitos diretos do <i>lean</i> sobre os colaboradores sugeridos na literatura		
Positivos		
Maior consciência do seu trabalho e das ineficiências existentes nos processos	X	X
Maior ânsia por participar e aceitar as alterações propostas	X	X
Maior envolvimento na partilha da gestão	X	
Aquisição de novos valores	X	X
Maior vontade para sugerir e sustentar mudanças	X	X
Criação de atitudes positivas para projetos futuros	X	
Maior controlo na conceção do seu próprio trabalho	X	
Maior propensão para o trabalho em equipa	X	X
Fomento de uma cultura de responsabilidade	X	X
Valorização da recolha de dados como guia para a mudança	X	X
Superiores hierárquicos aprenderam a valorizar e respeitar os contributos dos colaboradores	X	X
Superiores hierárquicos tornaram-se mais receptivos a sugestões	X	X
Superiores hierárquicos cada vez mais focados na melhoria contínua	X	X
Negativos		
Ansiedade e relutância inicial ao projeto		X
Receio de perder o emprego ou ter um emprego menos satisfatório após o trabalho clínico se tornar mais eficiente		
Maior carga de trabalho derivada da responsabilidade extra assumida na melhoria do seu próprio trabalho	X	X
Relutância por parte dos superiores hierárquicos em abdicar do controlo do desenho do processo para os colaboradores		
Efeitos indiretos do <i>lean</i> sobre os colaboradores sugeridos na literatura		
Positivos		
Menor propensão para a agressão	X	X
Maior cortesia e compreensão para com os colegas e pacientes	X	X
Maior satisfação com o seu trabalho	X	X
Maior disponibilidade horária para a formação	X	X
Melhoria da comunicação	X	X
Melhor utilização das suas capacidades	X	
Maior desejo de não só fazerem o seu trabalho, mas tentarem de alguma forma melhorá-lo, propondo e implementando mudanças nos serviços de urgência	X	X
Negativos		
Perda de autonomia derivada da padronização		
Outros efeitos identificados ao longo do estudo		
Positivos		
Melhor organização do serviço conduz a um aumento da satisfação dos empregados	X	X
Maior sentimento de integração e pertença por parte dos colaboradores por participarem num projeto como este	X	X

Não foi referido pelos entrevistados

Inquiridos/entrevistados discordam

Fonte: Elaboração Própria

Anexo 3 – Resultados dos questionários aos pacientes – variação do número de pacientes “Muito satisfeitos” por categoria (2010-2013)



Fonte: Elaboração própria.

Índice para avaliação do grau de implementação de práticas de gestão *Lean*

Diana de Almeida

E-mail: dm.almeida@campus.fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Helena Carvalho

E-mail: hmlc@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Virgínia Helena Machado

E-mail: vhm@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Ana Paula Barroso

E-mail: apb@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica, Portugal

Resumo:

Este artigo apresenta o desenvolvimento do índice *Lean* que tem por objetivo avaliar o grau de implementação de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* por empresas de manufatura. O índice *Lean* é um índice composto, definido através da ponderação de um conjunto de variáveis por aplicação da Análise Fatorial, técnica de análise de dados multivariados. As variáveis utilizadas na análise foram respostas obtidas a questões colocadas no inquérito *European Manufacturing Survey* realizado em Portugal, em 2012, no âmbito da implementação de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean*.

O índice proposto permite aos gestores de empresas de manufatura avaliar o grau de implementação de práticas de gestão *Lean* na sua empresa assim como fazer o *benchmark* com outras empresas.

Este artigo contribui para colmatar a escassez de trabalhos de índole científica mas com âmbito prático no que concerne à implementação do paradigma de gestão *Lean*. Contribui, ainda, para compreender melhor a relação entre as

práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* e o âmbito da sua aplicação, operacional ou estratégica.

Palavras-chave: Análise Fatorial, *European Manufacturing Survey*, Índice *Lean*, Práticas de gestão.

Abstract:

This paper presents the development of a Lean index with the objective of assess the degree of implementation of Lean practices in manufacturing companies. The Lean index is a composite index, defined by the aggregation of a set of variables using the factor analysis. The variables used in the index were obtained through the answers to the European Manufacturing Survey conducted in Portugal in 2012. It were considered the questions related to the implementation of management practices associated with Lean paradigm.

The proposed index allows managers of manufacturing companies to assess the degree of implementation of the Lean paradigm in their companies as well as to benchmark with other companies.

This paper helps to fill the lack of research regarding the implementation of the Lean management paradigm. It also has managerial relevancy since it contributes to a better understand the relationship between the management practices associated with the paradigm Lean and the scope of their application either operational or strategic.

Keywords: European Manufacturing Survey, Factor Analysis, Lean Index, Performance assessment.

1. Introdução

Atualmente, em todos os setores de atividade e em especial no da manufatura, a eficiência é um conceito crucial ao nível da gestão, para que as empresas consigam ser competitivas e sobrevivam. Para o efeito é essencial que atinjam um elevado nível de excelência através da procura contínua de oportunidades de melhoria e de desenvolvimento. Neste contexto, as empresas necessitam de adotar políticas de melhoria contínua a todos os níveis, nomeadamente, processos, estratégias e/ou questões de ordem organizacional.

Diversos paradigmas de gestão, nomeadamente o *Lean*, têm vindo a ser adotados a nível mundial, particularmente por empresas que operam no setor da manufatura (Azevedo *et al.*, 2012). A implementação do paradigma *Lean* preconiza a realização de melhorias contínuas e a eliminação de desperdícios (Devadasan *et al.*, 2012) contribuindo, assim, para o aumento da eficiência e, consequentemente, da competitividade das empresas.

Apesar dos inúmeros estudos que têm vindo a ser desenvolvidos pela comunidade científica e empresarial no âmbito do paradigma *Lean*, existe, ainda, uma lacuna na

abordagem de questões de índole prática, nomeadamente, as relacionadas com a medição e avaliação do grau de implementação de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean*.

Com o objetivo de contribuir para a redução desta lacuna, este artigo propõe um índice composto *Lean*, definido com base em respostas a um questionário realizado em Portugal, em 2012, a partir do qual é possível avaliar o grau de implementação de práticas de gestão relacionadas com o paradigma *Lean* por empresas do setor da manufatura.

O artigo está organizado em 5 secções. Depois desta breve introdução que corresponde à secção 1, seguem-se duas secções de cariz teórico. A secção 2 aborda os princípios subjacentes ao paradigma *Lean* no âmbito da produção e a secção 3 faz uma breve descrição da metodologia adotada no desenvolvimento do índice *Lean* proposto. A secção 4 apresenta o desenvolvimento do índice *Lean* através da aplicação da metodologia descrita na secção anterior aos dados relativos a um conjunto de empresas de manufatura portuguesas. Por fim, a secção 5 apresenta as conclusões do trabalho e refere trabalho que já se encontra em curso e, ainda, que se considera adequado realizar na sequência do estudo agora apresentado.

2. O paradigma *Lean*

Desde a conceção da primeira linha de montagem e do desenvolvimento do Sistema de Produção da Toyota (TPS), a eficiência tem sido um dos principais objetivos das empresas de manufatura. Neste âmbito, têm surgido alguns paradigmas de gestão, nomeadamente o paradigma *Lean* que tem por objetivo a melhoria contínua das operações realizadas nas empresas, através da implementação de um conjunto de práticas de trabalho cooperativo, satisfazendo as necessidades dos clientes em termos de bens e serviços (Yang *et al.*, 2011). A sua implementação pelas empresas reflete a procura do aumento do valor acrescentado das atividades realizadas, através da redução ou, se possível, da eliminação de atividades que não geram valor, também designadas por desperdícios, mantendo o nível de produtividade e de satisfação das necessidades do cliente.

A definição do paradigma *Lean* não é consensual entre os inúmeros autores que o têm estudado, verificando-se alguma discordância, principalmente no que se refere à seleção dos recursos que lhe devem ser associados (Pettersen, 2009), o que pode dificultar a avaliação do seu grau de implementação nas empresas.

Nas últimas décadas, inúmeras empresas em diversos setores de atividade têm vindo a adotar o paradigma *Lean*, o que, frequentemente, lhes tem permitido melhorar o seu nível de desempenho e de competitividade. A implementação de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* é considerada uma das formas mais importantes que as empresas de manufatura possuem para atingir níveis de desempenho elevados, fundamentalmente por ser um sistema de gestão completo que combina um elevado número de práticas, tais como, equipas de trabalho multidisciplinares, células de produção, gestão de fornecedores, entre outras. Verifica-se, no entanto, que nem todas as empresas que implementaram práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* conseguiram obter os resultados esperados, uma vez que não conseguiram manter o seu nível de desempenho a médio e longo prazo (Martínez-Jurado e Moyano-Fuentes, 2013). Apesar destas empresas serem consideradas ineficazes relativamente à aplicação das práticas de gestão *Lean* estimulam, frequentemente, o interesse dos investigadores em analisar as razões desta ineficácia. De acordo com Martínez-Jurado e Moyano-Fuentes (2013), as empresas que implementam práticas de gestão *Lean* além de procurarem obter resultados cada vez melhores aspiram, também, a ser vistas como líderes.

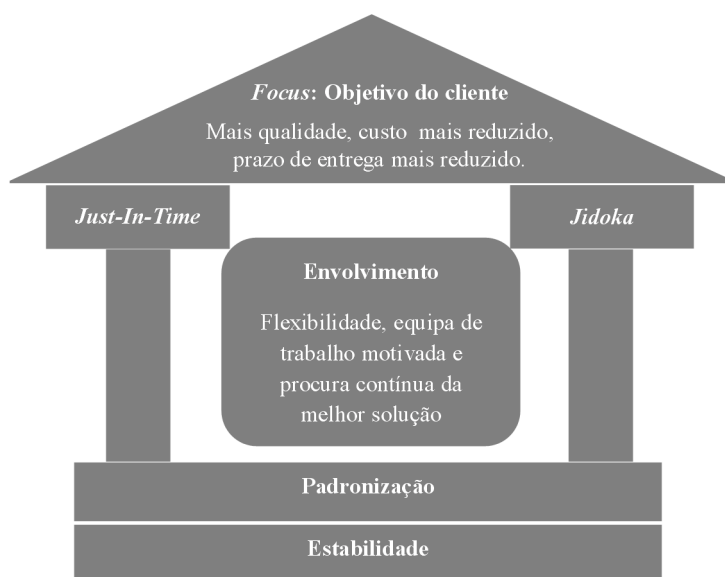
Nos estudos publicados no âmbito da aplicação do paradigma *Lean* no contexto das empresas de manufatura, é possível identificar algumas práticas que, de um modo geral, lhe são associadas. Kumar e Abuthakeer (2012), por exemplo, referem que o paradigma *Lean* é um conjunto de ferramentas úteis (práticas) na identificação e eliminação constante de desperdícios e identificam as principais práticas através das quais pode ser implementado: *Value Stream Mapping* (VSM), Método 5S, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), 6-Sigma, Gestão pela Qualidade Total (TQM) e/ou Manutenção Preventiva Total (TPM). Yang *et al.* (2011), por sua vez, consideram que o paradigma *Lean* pode ser implementado através da aplicação do *Just-In-Time* (JIT), TQM, TPM, Gestão de Recursos Humanos, Princípios *Pull* e/ou Manutenção Produtiva.

2.1. Sistema de produção *Lean*

A implementação eficaz das práticas de gestão *Lean* em empresas de manufatura permite que estas possuam um nível de flexibilidade elevado respondendo rapidamente às necessidades dos clientes, o que suporta uma estratégia de diferenciação de mercado distinta da tradicional fundamentalmente focada no custo. Segundo Feld (2001) um sistema de produção *Lean* é baseada em cinco elementos-chave: (i) Fluxo da produção, elemento que lida com os *standards* do projeto e com as alterações físicas implementadas;

(ii) Empresa, elemento que se focaliza na identificação das funções dos trabalhadores e na formação sobre novas metodologias de trabalho e de comunicação; (iii) Controlo do processo, elemento direcionado para o acompanhamento, controlo e estabilização do processo, tendo sempre como objetivo a melhoria contínua; (iv) Métricas, que quantificam as medidas de desempenho; e (v) Logística, processo que define regras operacionais e mecanismos para o planeamento, implementação e controlo dos fluxos de materiais e de informação. Feld (2001) considera, ainda, que os cinco elementos abrangem toda a gama de problemas que podem surgir durante a implementação da produção *Lean* e que, embora cada um dos elementos tenha *de per se* uma contribuição importante, o sucesso da sua implementação é a integração de todos os elementos uma vez que cada um se concentra numa área específica. Alguns autores têm vindo a abordar a temática da produção *Lean* numa perspetiva diferente. Segundo Dennis (2007), por exemplo, o paradigma *Lean* é responsável por fazer mais com menos, ou seja, a sua implementação permite produzir maior quantidade usando menos recursos (menos tempo, menos espaço e menos recursos humanos, máquina e materiais), satisfazendo as necessidades do cliente.

Após a conceção do conceito *Lean* por Taiichi Ohno, em 1913, diversos autores têm contribuído para o alargar e aprofundar, nomeadamente, Hiroyuki Hirano com o desenvolvimento do método 5S, Seiichi Sekine com o conceito de TPM, Kenichi Sekine com o conceito de Fluxo Contínuo e Shingro Shingo com o desenvolvimento do Jidoka e do SMED (Dennis, 2007). A sua consolidação a nível global, no entanto, só foi possível com a integração de todos os conceitos. A integração da produção *Lean* com as práticas com ela relacionadas foi ilustrada por Dennis (2007) através de uma casa “a casa do *Lean*” (Figura 1).

Figura 1 – O sistema de produção *Lean*

Adaptado de: Dennis (2007)

Segundo Dennis (2007), a “casa do *Lean*” é constituída por quatro módulos e podendo ser descrita do seguinte modo:

- **Base** (do sistema): Estabilidade e padronização. Não há melhoria i) sem estabilizar os 4M's, ou seja, o homem/mulher (Man), a Máquina, os Materiais e o Método; ii) sem manter a implementação do método 5S (*Sustain*); e iii) sem padronizar o trabalho (*Standardize*).
- **Dois Pilares** (do sistema): JIT e Jidoka. JIT significa produzir o produto certo no momento certo, na quantidade certa. Esta filosofia baseia-se em algumas regras: i) produzir apenas o que o cliente pediu; ii) nivelar a procura para que o trabalho possa progredir de um modo contínuo; iii) associar todos os processos à procura do cliente usando ferramentas visuais simples (e.g. *Kanbans*); e iv) maximizar a flexibilidade de pessoas e máquinas. Jidoka foi o termo utilizado pela Toyota para designar o conceito “automação com mente humana”. O conceito fornece ao operador ou à máquina autonomia para que seja capaz de parar o processo logo que é detetada uma anomalia. A ideia que está subjacente a este conceito é evitar a geração e propagação de defeitos, reduzindo ou, se possível, eliminando anomalias nos fluxos de processamento e de produção.
- **Envolve**: Baseia-se na participação dos elementos da equipa de trabalho. Os supervisores e os gestores têm um papel fundamental na sua implementação. Devem sustentar e apoiar o desenvolvimento e a participação de todos os

trabalhadores, pelo que este conceito deve ser gerido tal como o é a produção ou a qualidade.

- **Telhado** (do sistema): Último módulo da casa *Lean*. Está relacionado com a importância que é necessário dar ao cliente, o que significa entregar ao cliente produtos de elevada qualidade, ao menor custo possível e num período de tempo reduzido.

Marodin e Saurin (2013) identificaram os fatores que no contexto do paradigma *Lean* influenciam a implementação de práticas de gestão *Lean*, organizando-os em quatro categorias: i) Organização do trabalho; ii) Ambiente externo; iii) Tecnologia; e iv) Fatores humanos. Devido ao elevado número de fatores a considerar e eventuais áreas abrangidas para quantificar o grau de implementação de práticas de gestão *Lean*, é necessário selecionar as medidas de desempenho mais úteis no desenvolvimento dos sistemas de avaliação.

3. Metodologia de desenvolvimento de índices

O índice *Lean* proposto neste artigo é um índice composto. Os índices compostos são modelos matemáticos que dependem do método utilizado no seu desenvolvimento pelo que não seguem regras científicas universais. Assim, o desenvolvimento de um índice composto deve ser antecedido da clarificação e definição da metodologia a seguir, de modo a evitar a manipulação dos dados em análise.

Nardo *et al.* (2008) propõe dez etapas para desenvolver um índice composto: i) Enquadramento teórico; ii) Seleção de dados; iii) Atribuição de dados inexistentes; iv) Análise multivariada; v) Normalização de dados; vi) Ponderação e agregação; vii) Robustez e sensibilidade; viii) Retorno aos dados reais; ix) Relacionamento com outras variáveis; e x) Apresentação e visualização.

A metodologia de desenvolvimento de índices, e em especial a qualidade da sua estrutura e dos dados utilizados, influenciam a qualidade e a robustez da mensagem que transmitem com o seu desenvolvimento e análise. No contexto do presente artigo o desenvolvimento do índice proposto segue, no essencial, a metodologia semelhante à proposta por Nardo *et al.* (2008).

Para avaliar o grau de implementação de cada prática de gestão utiliza-se uma escala de 4 pontos. Os resultados numéricos, baseados nas respostas obtidas num inquérito

submetido a empresas de manufatura, servem como indicadores do grau de implementação das práticas de gestão pela empresa e, eventualmente, como um meio de comparação com outras empresas. Os pontos atribuídos a cada prática são depois agregados, de um modo ponderado, para determinar o índice *Lean* (I_L) de uma empresa. O peso a atribuir a cada prática de gestão é determinado usando a Análise Fatorial (AF). O índice *Lean* baseia-se, pois, na autoavaliação das empresas relativamente ao grau de implementação de um conjunto de práticas de gestão que se considera fundamental na implementação do paradigma *Lean*.

A AF é uma técnica de análise de dados multivariados que permite transformar um número de variáveis correlacionadas num conjunto menor de fatores independentes. A AF é útil na construção de índices uma vez que permite determinar os pesos a atribuir a cada variável em estudo de acordo com diferentes métodos, nomeadamente, a Análise de Componentes Principais (ACP). De acordo com Lau (2011), a ACP permite definir pesos mais corretos do que outros métodos de ponderação subjetiva, tais como as pesquisas de opinião. O autor afirma, ainda, que a ACP permite determinar a variação explicada pelos dados, definida pelo índice composto resultante, indicando, assim, a representatividade do índice. Segundo Abdi e Williams (2010) os quatro objetivos principais da aplicação da ACP são: i) Extrair a informação mais importante dos dados; ii) Reduzir a dimensão do conjunto de dados, mantendo apenas a informação importante; iii) Simplificar a descrição do conjunto de dados; e iv) Analisar as observações e a estrutura das variáveis.

4. Desenvolvimento do índice *Lean*

O índice *Lean* é um índice composto que é desenvolvido com base num conjunto de 9 variáveis, definidas a partir das respostas de empresas a questões do inquérito *European Manufacturing Survey* (EMS), realizado pela primeira vez em Portugal em 2012, designado a partir de agora por EMS 2012.

4.1. Base de dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir das respostas de empresas de manufatura ao inquérito EMS 2012, conduzido pela Unidade de Investigação de Engenharia Mecânica e Industrial (UNIDEMI) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

O EMS 2012 foi enviado, via internet, para diretores gerais ou responsáveis pela produção de 2370 empresas portuguesas do setor da manufatura, nomeadamente, maquinaria,

alimentação, têxteis, química e automóvel, com 20 ou mais empregados. No âmbito deste estudo define-se como unidade de análise as respostas das empresas ao EMS 2012 e como unidade de resposta cada unidade de uma empresa.

Foram obtidas 62 respostas válidas, o que representa uma taxa de resposta de 2,6%. As empresas participantes têm entre 20 e 1448 funcionários. Durante o ano anterior à implementação deste inquérito (2011), as empresas inquiridas apresentaram um volume de negócios entre 0,7 e 3500 milhões de euros, com uma média e um desvio padrão de 83,7 e 445,5 milhões de euros, respetivamente.

O EMS 2012 é um inquérito extenso em que os dados recolhidos permitem analisar o nível de implementação de tecnologias de manufatura e de conceitos organizacionais inovadores, em empresas de manufatura portuguesas. No entanto, para o desenvolvimento do índice *Lean* foram utilizadas apenas nove questões, cada uma das quais corresponde a uma prática de gestão *Lean* que se considera relevante no contexto deste paradigma. As práticas seleccionadas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Práticas de gestão analisadas no inquérito

Práticas de gestão <i>Lean</i>	
L ₁	- Métodos de mapeamento de fluxo de valor / <i>Design</i> (VSM)
L ₂	- Produção controlada por princípios <i>pull</i>
L ₃	- Métodos para reduzir o tempo de <i>setup</i>
L ₄	- Manutenção Preventiva Total (TPM)
L ₅	- Gestão pela Qualidade Total (TQM)
L ₆	- Método 5S
L ₇	- Instruções de trabalho detalhadas e padronizadas
L ₈	- Métodos para a melhoria contínua do processo
L ₉	- 6-Sigma

Para cada questão foi solicitado às empresas que avaliassem o seu grau de implementação numa escala de quatro pontos, de 0 a 3, em que 0 corresponde à situação em que a prática de gestão não é implementada e 3 à sua implementação total. As respostas a uma questão dão origem a uma variável.

4.2. Análise de resultados

Os dados foram tratados estatisticamente com recurso à estatística descritiva e inferencial adequada e ao *software* SPSS®, versão 20.

Para avaliar se os dados cumpriam as condições necessárias à aplicabilidade da AF foram realizados alguns testes.

Foi realizado o teste de esfericidade de Bartlett e a estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para testar se os dados possuem um grau de correlação. O teste de esfericidade de Bartlett permite testar se a matriz de correlações usada é a matriz identidade e se o determinante é 1. A estatística de Qui-quadrado calculada para esse teste é significativa ao nível de 0,000 o que indica a presença de correlação entre as variáveis (Quadro 2). A estatística KMO é igual a 0,832 o que, de acordo com os critérios para a estatística KMO, indica a existência de uma boa correlação entre as variáveis. Face aos resultados obtidos conclui-se a adequação do uso da AF para obter os pesos das variáveis consideradas.

Quadro 2 – Testes KMO e Bartlett da unidade de análise

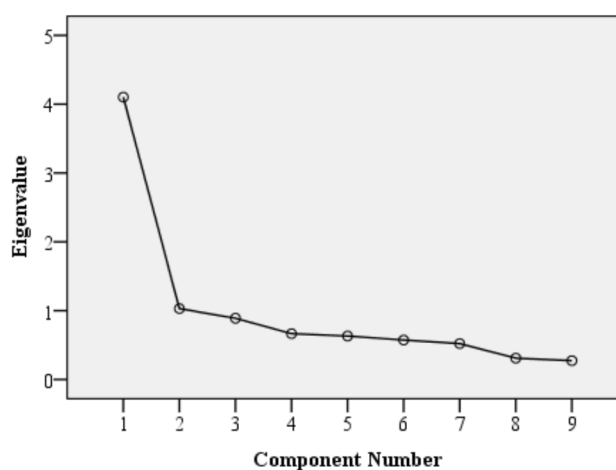
Medida KMO de adequação amostral		0,832
Teste de esfericidade de Bartlett	Qui-quadrado	183,669
	Graus de liberdade	36
	Significância	0,000

O método utilizado na extração dos fatores foi a ACP. Relativamente ao número de casos disponíveis (62 respostas) e ao número de variáveis em análise (9 práticas) adotaram-se as regras arbitrárias aplicadas por Nardo *et al.* (2008), uma vez que não existe um método científico de avaliação. De acordo com estas regras basta que uma seja cumprida para que se possa aplicar a ACP. Como se pode observar no Quadro 3, onde se encontra sumariada a aplicação das regras propostas aos dados em análise, duas das regras são cumpridas pelo que se considera a existência de dados suficientes para a aplicação da ACP.

Foram extraídos 2 fatores/componentes principais, com base na matriz de correlação, e de acordo com a representação gráfica dos valores próprios (*eigenvalues*), o critério do *Scree Plot* (norma de orientação de Cattell), que permite visualizar que a partir do segundo ponto, no sentido da direita, a curva começa a ser uma linha horizontal indicando, por isso, o início da base da montanha (Figura 3).

Quadro 3 – Pressupostos da ACP

Regra	Pressuposto	Nº. de variáveis: 9 Nº. de casos: 62	Resultado
Regra de 10	$N^{\circ} \text{ de casos} \geq 10 \text{ por variável}$	$62 \leq 90$	<i>Não cumpre</i>
Rácio 3:1	$\frac{N^{\circ} \text{ de casos}}{N^{\circ} \text{ de variáveis}} \geq 3$	$\frac{62}{9} \geq 3$	<i>Cumpre</i>
Rácio 5:1	$\frac{N^{\circ} \text{ de casos}}{N^{\circ} \text{ de variáveis}} \geq 5$	$\frac{62}{9} \geq 5$	<i>Cumpre</i>
Regra de 100	$\begin{matrix} \text{O maior de:} \\ N^{\circ} \text{ de casos} \geq 5 \times N^{\circ} \text{ de variáveis} \\ e \\ \geq 100 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 62 \geq 5 \times 9 = 45 \\ e \\ 62 \leq 100 \end{matrix}$	<i>Não cumpre</i>

Figura 3 – Scree Plot

Da aplicação do método das componentes principais obtêm-se os valores próprios apresentados no Quadro 4. De acordo com o critério de Kaiser ou *latent roots*, verifica-se que dois fatores/componentes possuem valores superiores a 1, tal como de acordo com o critério do *Scree Plot*, pelo que são considerados significativos. Considerando a percentagem acumulada da variância das duas componentes extraídas, a sua escolha parece ser satisfatória uma vez que explicam 57% da variância total e, por isso, mais de 50% da variância total das variáveis originais.

Quadro 4 - Variância acumulada das variáveis analisadas

Variável	Valor próprio	% de variância	% acumulada
L ₁	4,103	45,588	45,588
L ₂	1,030	11,447	57,035
L ₃	0,890	9,886	66,921
L ₄	0,666	7,399	74,320
L ₅	0,631	7,016	81,336
L ₆	0,574	6,374	87,710
L ₇	0,522	5,798	93,508
L ₈	0,311	3,450	96,958
L ₉	0,274	3,042	100,000

Os pesos de cada variável nos fatores são apresentados no Quadro 5. Para melhor interpretação dos resultados e da estrutura fatorial, é aplicada a estratégia *Varimax*, a estratégia de rotação de fatores mais usada na AF, que garante que os fatores obtidos são independentes (ortogonais). Os pesos após rotação *Varimax* são, também, apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Matriz de pesos, sem rotação e com rotação *Varimax*

Sigla da variável	Pesos fatoriais			
	Sem rotação		Com rotação <i>Varimax</i>	
	Fator 1	Fator 2	Fator 1	Fator 2
L ₁	-0,352	0,588	-	0,826
L ₂	-0,002	0,245	0,365	0,562
L ₃	0,138	0,132	0,588	0,513
L ₄	0,190	0,053	0,616	0,411
L ₅	-0,026	0,322	0,414	0,705
L ₆	0,395	-0,212	0,793	-
L ₇	0,396	-0,23	0,768	-
L ₈	0,229	-0,028	0,603	-
L ₉	0,052	0,198	0,447	0,538

Adotando o critério de escolha do peso fatorial mais elevado de cada variável (assinalado a negrito no Quadro 5), podem identificar-se as variáveis que mais se relacionam com

cada fator. Como se pode observar no Quadro 5, após a rotação dos fatores, o novo padrão que explica a mesma variância (57%) permite uma interpretação mais clara. De acordo com as 62 empresas cujas respostas foram analisadas, o Fator 1 representa as práticas de gestão *Lean* que estão associadas com uma gestão de âmbito mais operacional e o Fator 2 representa o conjunto de práticas associadas a uma gestão de âmbito mais estratégico (Quadro 6).

Quadro 6 –Práticas de gestão mais representativas de cada fator extraído

Fator 1	Fator 2
<i>Método 5S</i>	<i>Métodos de fluxo de valor mapeamento/Design (VSM)</i>
<i>Instruções de trabalho padronizado e detalhado</i>	<i>Gestão pela Qualidade Total (TQM)</i>
<i>Manutenção Total Preventiva (TPM)</i>	<i>Produção controlada por princípios pull</i>
<i>Métodos para a melhoria contínua do processo</i>	<i>6-Sigma</i>
<i>Métodos para reduzir o tempo de setup</i>	

Usando os valores mais elevados dos pesos fatoriais após rotação correspondentes às nove variáveis o grau de implementação das práticas de gestão *Lean* (PG_L) pode ser obtido através da equação (1).

$$PG_L = 0,826 L_1 + 0,562 L_2 + 0,588 L_3 + 0,616 L_4 + 0,705 L_5 + 0,793 L_6 + \\ + 0,768 L_7 + 0,603 L_8 + 0,538 L_9 \quad (1)$$

Como a escala usada para todas as variáveis varia entre 0 e 3, os valores mínimo e máximo absolutos de PG_L são obtidos através da equação (1). Assim, obtém-se o valor máximo de PG_L (PG_{Lmax}) através da soma dos valores máximos do grau de implementação das práticas *Lean* relativos a todas as variáveis, sendo o valor máximo de cada variável obtido através do produto do peso fatorial da variável pelo valor máximo da escala da variável ($PG_{Lmax} = 17,997$), sendo zero o valor mínimo de PG_L (PG_{Lmin}). Como exemplo, considere-se a variável S_{LI} . O seu grau de implementação máximo é igual a 2,478 ($0,826 \times 3$).

Utilizando o grau de implementação das práticas de gestão *Lean* (PG_L) obtido através da equação (1) e seguindo a abordagem adotada por Lau (2011), o grau de implementação das práticas de gestão *Lean* de cada empresa que respondeu ao inquérito EMS 2012 pode

ser convertido num índice composto *Lean* (I_L), definido numa escala de 0 a 10, usando a equação (2).

$$I_L = \frac{(PG_L - PG_{Lmin}) \times 10}{PG_{Lmax} - PG_{Lmin}} \quad (2)$$

O índice *Lean* para as 62 empresas que responderam ao EMS 2012 é, assim, expresso pela equação (3).

$$I_L = \frac{PG_L \times 10}{17,997} = 0,556 PG_L \quad (3)$$

O índice *Lean* proposto (I_L) proporciona às empresas sob avaliação o valor correspondente ao grau de implementação de práticas de gestão *Lean*. O valor obtido classifica a empresa numa escala de 0 a 10 pontos, onde o valor 0 significa que a empresa não implementa nenhuma das práticas de gestão *Lean* consideradas na análise e o valor 10 corresponde à implementação integral das práticas de gestão.

5. Conclusão

A adoção de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* tem vindo a desempenhar ao longo dos últimos anos um papel fundamental no crescimento das empresas, auxiliando-as a estabelecer uma posição de liderança em mercados cada vez mais competitivos. A avaliação do grau de implementação das práticas de gestão permite às empresas ter capacidade para avaliar se as suas políticas de gestão são as mais eficazes para obter resultados correspondentes às suas expectativas e para as apoiar na tomada de decisões fundamentadas sobre alterações relativamente às suas estratégias de gestão.

Os índices compostos são ferramentas úteis no desenvolvimento de métricas, sendo bastante simples de desenvolver e implementar. Foi esta a metodologia utilizada para desenvolver o índice *Lean* proposto neste artigo, com o objetivo de avaliar o grau de implementação de um conjunto de práticas de gestão associadas ao paradigma *Lean* em empresas de manufatura portuguesas.

Para atingir o objetivo proposto foi seguida uma metodologia que se baseia nas etapas propostas por Nardo *et al.* (2008). Depois de desenvolvida a base teórica que sustenta o estudo, foi selecionado um conjunto de dados resultantes da aplicação do *European*

Manufacturing Survey, em 2012, a empresas de manufatura portuguesas obtendo-se, deste modo, as variáveis necessárias para iniciar o processo de desenvolvimento do índice. Através da aplicação da Análise Fatorial foram extraídos dois fatores através do método de Componentes Principais. As práticas de gestão que estão associadas ao Fator 1 têm um caráter mais operacional enquanto as que estão associadas ao Fator 2 têm um caráter mais estratégico. Também foi obtido o peso a associar a cada variável.

O estudo realizado apresenta limitações resultantes da taxa de resposta reduzida ao EMS 2012. Encontra-se em preparação a realização de um novo inquérito, a realizar em 2015, que não só permitirá validar o índice *Lean* agora proposto, como definir outros índices, como por exemplo por tipo de manufatura, no caso da taxa de resposta ser mais elevada. Considerando que o EMS 2012 foi aplicado no contexto de manufatura portuguesa, considera-se também importante compará-lo com os obtidos noutros países onde o inquérito também foi realizado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Unidade de Investigação de Engenharia Mecânica e Industrial (UNIDEMI) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa pelo apoio na realização deste trabalho (UNIDEMI - PEst-OE/ EME/UI0667/2014).

Referências Bibliográficas

- Abdi, H. e Williams, L.J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*. **2(4)**: 433–459.
- Azevedo, S.G., Carvalho, H., Duarte, S. e Cruz-Machado, V. (2012). Influence of green and lean upstream supply chain management practices on business sustainability. *IEEE Transactions on Engineering Management*. **59(4)**: 753–765.
- Dennis, P. (2007). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. 2ª Edição, Productivity Press. New York.
- Devadasan, S.R., Sivakumar, V., Muruges, R. e Shalij, P. (2012). *Lean and Agile Manufacturing: Theoretical, Practical and Research Futurities*. PHI Learning Pvt. Ltd. Delhi.
- Feld, W.M. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. The St. Lucie Press/APICS Series on Resource Management. Boca Raton.
- Kumar, B.S. e Abuthakeer, S.S. (2012). Implementation of lean tools and techniques in an Automotive Industry. *Journal of Applied Sciences*. **12(10)**:1032–1037.
- Lau, K.H. (2011). Benchmarking green logistics performance with a composite index. *Benchmarking: An International Journal*. **18(6)**: 873–896.
- Marodin, G.A. e Saurin, T.A. (2013). Implementing lean production systems: research areas and opportunities for future studies. *International Journal of Production Research*. **51(22)**: 6663–6680.
- Martínez-Jurado, P.J. e Moyano-Fuentes, J. (2013). Lean management, supply chain management and sustainability: A literature rReview. *Journal of Cleaner Production*. **85**: 134-150.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A. e Tarantola, S. (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. (OECD, Ed.). Acedido a 8 de Março de 2014 em www.oecd.org/publishing/corrigenda.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*. **21(2)**: 127–142.
- Yang, M.G. (Mark), Hong, P. e Modi, S.B. (2011). Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*. **129(2)**: 251–261.

Curriculum Vitae:

Diana de Almeida recebeu o grau de Licenciatura pela Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) em 2012. Em 2014 concluiu o grau de Mestre pela Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). Tem especial interesse nas áreas de investigação de produção *Lean e Green*.

Helena Carvalho recebeu o grau de Doutoramento pela Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) em 2012. Atualmente é Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial na FCT/UNL. Desenvolve investigação nas seguintes áreas: *Supply Chain Management*, Sustentabilidade, *Lean*, Resiliência e Gestão das Operações.

Virgínia Machado recebeu o grau de Doutoramento pela Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) em 1999. Atualmente é Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial na FCT/UNL. Desenvolve investigação nas seguintes áreas: *Supply Chain Management*, Logística e Gestão de *stocks*.

Ana Paula Barroso recebeu o grau de Doutoramento pelo Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa (IST/UTL) em 2003. Atualmente é Professora Auxiliar no Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial na FCT/UNL. Desenvolve investigação nas seguintes áreas: *Supply Chain Management*, Modelação de sistemas e Simulação.

Authors Profiles:

Diana de Almeida has received a Bachelor Degree from the Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). In 2014 she received the master's degree at Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). She had special research interests in the areas of Lean and Green manufacturing.

Helena Carvalho has received a Ph.D. from the Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) in 2012. She is Assistant Professor in the Department of Mechanical and Industrial Engineering at FCT/UNL. She had special research interests in the areas of Supply Chain Management, Sustainability, Lean, Resilience and Operations Management.

Virgínia Machado has received a Ph.D. from the Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL) in 1999. She is Assistant Professor in the Department of Mechanical and Industrial Engineering at FCT/UNL. She had special research interests in the areas of Supply Chain Management, Logistics, and Inventory Management.

Ana Paula Barroso has received a Ph.D. from the Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa (IST/UTL) in 2003. She is Assistant Professor in the Department of Mechanical and Industrial Engineering at FCT/UNL. She had special research interests in the areas of Supply Chain Management, Systems Modelling, and Simulation.

Systematic Innovation in a Lean Management Context

Helena V. G. Navas

E-mail: hvgn@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial,
Faculdade de Ciências e Tecnologia, FCT, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

V. Cruz Machado

E-mail: vcm@fct.unl.pt

UNIDEMI, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial,
Faculdade de Ciências e Tecnologia, FCT, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Abstract:

The lean implementation environment requires advanced analytical tools and methodologies (ex. VSM and A3), but there is not much work done on tools for generation of solutions.

TRIZ systematizes solutions that can be used for different technical fields and activities. The inconsistencies are eliminated by modification of the entire system or by modification of one or more subsystems.

This paper intends to propose a conceptual model that explores the relationships between LEAN and TRIZ practices and methodologies. As a potential solution generator, the authors believe that the use of TRIZ may help to promote improved Lean management environments.

Keywords: Lean Management, Problem Solving, Systematic Innovation, TRIZ.

1. Introduction

Lean Philosophy is a systematized approach for continual improvement. Its extent is a methodical search of process improvement through reduction of wastes and inefficiencies. Lean can be applied to all areas of enterprise and it supposes improvement of efficiency and effectiveness.

Lean has been adopted in a large number of companies from different industry sectors; it has moved away from being merely a “shop-floor focus” on waste and cost reduction to

an approach that consistently drives to increase value for customers by adding product or service features and removing wasteful activities (Machado et al., 2008).

Lean Production is focused in the value stream that originates the product, aiming at maximizing value and eliminating Muda (waste in Japanese), optimizing the whole and not just parts of the process.

The idea is that the value should flow continuously all over the organization, to reach the customer as quick as possible. A lean thinking environment requires a “learning to see” approach, in order to find obstacles (waste) to be removed; this means that it is vital to research a problem solving methodology which improves the value stream.

Lean Thinking includes all employees and requires significant changes in their attitudes and professional behavior. Lean has a profound effect on both the organization and people that make up the organization.

2 Innovation in Lean with TRIZ

Systematic innovation is crucial for increasing organizational effectiveness, enhancing competitiveness and profitability. The Lean management philosophy depends on the creation of systematic innovative solutions to improve processes.

At the start of Lean implementation, the vast majority of improvements can be achieved by simple solutions. While Lean implementation process moves forward, it depends more and more on the really innovative solutions and radical changes.

Traditional engineering and management practices can become insufficient and inefficient for the implementation of new scientific principles or for radical improvements of existing systems. Traditional way of technical and management contradictions solving is through search of possible compromise between contradicting factors, whereas the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) aims to remove contradictions and to remove compromises.

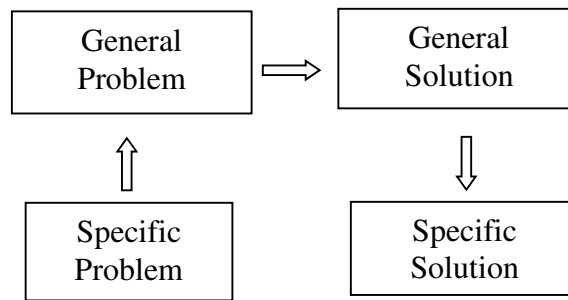
Traditional Lean tools are Value Stream Mapping, Quick Changeover/Setup Reduction, Single Minute Exchange of Dies (SMED), Kaizen, Flow Manufacturing, Visual Workplace/5S Good Housekeeping, Total Productive Maintenance (TPM) and Pull/Kanban Systems (Ikovenko et al., 2004).

The TRIZ method consists of a set of different tools that can be used together or apart for problem solving and failure analysis. There are many techniques and concepts within Lean where TRIZ might be applied (Campbell, 2004).

Generally, the TRIZ's problem solving process is to define a specific problem, formalize it, identify the contradictions, find examples of how others have solved the contradiction or utilized the principles, and finally, apply those general solutions to the particular problem.

Figure 1 shows the steps of the TRIZ's problem solving.

Figure 1 – Steps of the TRIZ's algorithm for problem solving



(Radeka K., 2007)

It is important to identify and to understand the contradiction that is causing the problem as soon as possible. TRIZ can help to identify contradictions and to formalize problems to be solved. The identification and the formalizing of problems is one of the most important and difficult tasks, with numerous impediments. The situation is often obscured.

The problem can be generalized by selecting one of the TRIZ problem solving tools. The generic solutions available within TRIZ can be of great benefit at choosing of corrective actions.

3 TRIZ Plus Approach for Lean Philosophy

The merger of Value Engineering Analysis (VEA), Root-Cause Analysis (RCA), Flow Analysis (FA) and several other engineering analytical methods with TRIZ originated several integrated methodologies based on TRIZ: ITD, TRIZ Plus, I-TRIZ.

The integrated methods combine the analytical tools with the inventive ability of TRIZ, so they present real advantages, specially integrated on applications with organizational methods like Lean.

There are several key principles for successful application of Lean techniques into a business environment (Womack et al., 1996):

- value;
- value stream;
- flow;
- pull;
- perfection.

The approach to value in TRIZ Plus has the same objective as Lean Value Principle: to determine the value of different operations of the process or components of the product.

The traditional Lean seven types of Muda are:

- overproduction;
- inventory;
- extra processing steps;
- motion;
- defects;
- waiting;
- transportation.

Table 1 shows the comparison between the approach to value in TRIZ Plus and Lean Value Principle.

Table 1 – Approach to value in TRIZ Plus and Lean Value Principle

Lean	TRIZ Plus
Overproduction	<i>Excessive functions</i>
Inventory	<i>Corrective functions</i>
Extra processing steps	<i>Providing & corrective functions</i>
Motion	<i>Providing & corrective functions</i>
Defects	<i>Insufficient, excessive or harmful functions</i>
Waiting	<i>Insufficient functions</i>
Transportation	<i>Providing functions</i>

(Ikovenko et al., 2004)

After the value has been specified, the next step is to identify the value stream.

Table 2 shows TRIZ Plus tools that can be used in the approach to the value stream and the Lean Value Stream Principle.

Table 2 – Approach to value stream in TRIZ Plus and Lean Value Stream Principle

Lean	TRIZ Plus
Value Stream Map (current)	<i>Function Model of the Process</i>
Value Stream Map (future)	<i>Trimming, Cause-Effect Chain Analysis</i>
Value Stream Map (internal)	<i>Function Model of the Process</i>
Value Stream Map (internal)	<i>Function Model of the Supersystem</i>
Product Family Matrix	<i>Function Models of separate product lines</i>

(Ikovenko et al., 2004)

Flow is defined as a fabrication process from raw material to final product without interruption or delay.

The key tools for Flow implementation are (Ikovenko et al., 2004):

- “Takt Time”;
- Standardized Work;
- 5S;
- Work Balancing;
- Leveled Production.

Table 3 shows Lean Flow tools and TRIZ Plus tools.

Table 3 – Approach to flow in TRIZ Plus and Lean Flow Principle tools

Lean	TRIZ Plus
“Takt Time”	<i>Rhythm Coordination approach</i>
Standardized Work: What, Who, How	<i>Inventive Principles, Standard Solutions</i>
5 S	<i>Transition to Supersystem, Trimming, Standard Solutions (class 4)</i>
Work Balancing	<i>Function model, function re-allocation, new function architecture</i>
Leveled Production	<i>Transition to the Supersystem (different mechanisms), Trimming</i>

(Ikovenko et al., 2004)

The Pull Principle identifies the need to be able to deliver the product to the customer as soon as he needs it.

Table 4 shows Lean Pull (the Kanban) tools and TRIZ Plus tools.

Table 4 – Approach to pull in TRIZ Plus and Lean Pull Principle (the Kanban) tools

Lean	TRIZ Plus
Production/Instruction Kanban	<i>Inventive Principles, Standard Solution (class 4), Trimming</i>
Withdrawal Kanban	<i>Inventive Principles, Standard Solution (class 4), Trimming</i>

(Ikovenko et al., 2004)

The TRIZ tools cannot be applied directly to Perfection Principle, however some Inventive Principles and Standard Solutions are appropriate here (Ikovenko et al., 2004). The implementation and deployment of Lean Thinking in organizations will be more sustainable if the Lean approach be supported by a set of TRIZ Plus tools.

TRIZ can support Lean product development by strengthening a team's ability to leverage and reuse knowledge across the enterprise and pull in knowledge from other companies and industries.

4 TRIZ's Substance-Field Analysis in Lean Environment

Substance-Field Analysis is a useful tool for identifying problems in a technical system and finding innovative solutions to these identified problems. Recognized as one of the most valuable contributions of TRIZ, Substance-Field Analysis is able to model a system in a simple graphical approach, to identify problems and also to offer standard solutions for system improvement (Mao et al., 2007).

There are mainly five types of relationships among the substances: useful impact, harmful impact, excessive impact, insufficient impact and transformation (Savransky et al., 2000). Substance-Field Analysis has 76 standard solutions categorized into five classes (Terninko et al., 2007):

- Class 1: Construct or destroy a substance-field (13 standard solutions);
- Class 2: Develop a substance-field (23 standard solutions);

- Class 3: Transition from a base system to a super-system or to a subsystem (6 standard solutions);
- Class 4: Measure or detect anything within a technical system (17 standard solutions);
- Class 5: Introduce substances or fields into a technical system (17 standard solutions).

These 76 solutions can be condensed and generalized into seven standard solutions (Mao et al., 2007):

- General Solution 1: Complete an incomplete Substance-Field Model;
- General Solution 2: Modify substance S_2 to eliminate or reduce harmful impact;
- General Solution 3: Modify S_1 to be insensitive or less sensitive to harmful Impact;
- General Solution 4: Change existing field to reduce or eliminate harmful impact;
- General Solution 5: Eliminate, neutralize or isolate harmful impact using another counteractive field F_x ;
- General Solution 6: Introduce a positive field;
- General Solution 7: Expand existing Substance-Field Model to a chain.

General Solution 1: Complete an Incomplete Substance-Field Model

The Substance-Field Model is incomplete if any of its three components is missing.

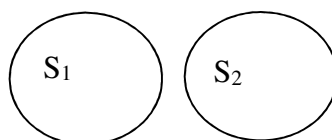
Lean Thinking reveals a lot of situations like this in industrial activities.

The General Solution 1 can be very useful to find and to solve problematical situations like this.

For example, an operation batch contains some pieces with characteristics out of specifications.

Figure 2 shows the problem (Problematic Situation 1 - Incomplete Model).

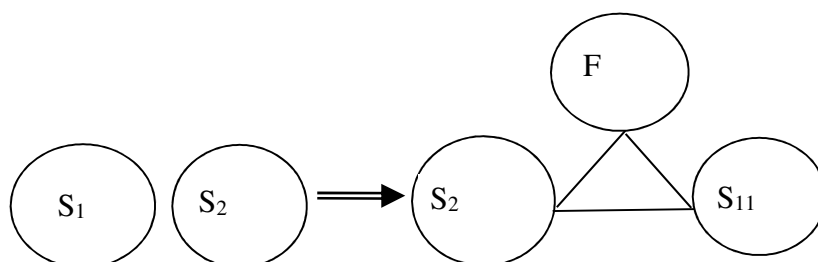
Figure 2 – Problematic Situation 1 - incomplete model



The Substance-Field Model is incomplete, a field is missing. The problem corresponds to Problematic Situation 1 and can be solved resorting to General Solution 1.

Figure 3 shows the solution.

Figure 3 – General Solution 1 for Problematic Situation 1



The possible specific solution is to inspect pieces before the operation, putting aside faulty components from acceptable ones. Then the model becomes complete.

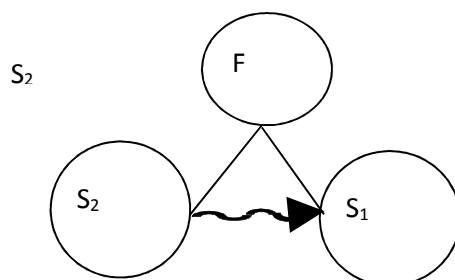
General Solution 2: Modify substance S_2 to eliminate or reduce harmful impact

Lean activities often identify situations with harmful or undesirable interactions between the substances. The General Solution 2 can be very useful to find and to solve problematical situations like this. The characteristics (physical, chemical and/or other) of substance S_2 are changed in order to eliminate or reduce harmful impact. The changes can be internal and/or external, can be temporary or permanent. The modification can change substance S_2 into another form, material or system. Sometimes it is necessary to add new elements (additives) to the system in modification.

For example, a machine-tool fixture used for certain fabrication operation is damaging the lateral surfaces of the worked piece.

Figure 4 shows the problem (Problematic Situation 2 - Harmful Interactions between the Substances).

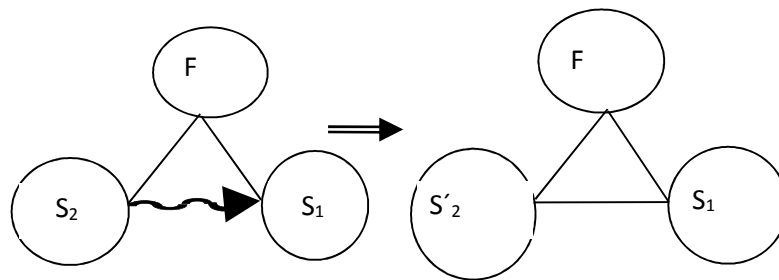
Figure 4 – Problematic Situation 2 - harmful interactions between the substances



The Substance-Field Model is complete however the interaction between the substances is harmful. The problem corresponds to Problematic Situation 2 and can be solved resorting to General Solution 2.

Figure 5 shows the general solution.

Figure 5 – General Solution 2 for Problematic Situation 2



The possible specific solution is to use another machine-tool fixture system or to modify the actual fixture in order to eliminate or reduce damages at the lateral surfaces of the workpiece. Then the harmful interaction is reduced or eliminated.

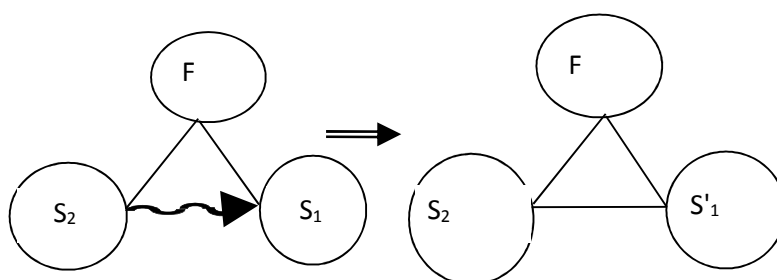
General Solution 3: Modify S_1 to be Insensitive or Less Sensitive to Harmful Impact

The problematic situation is the same (see Figure 4).

General Solution 3 is similar to General Solution 2, but instead of substance S_2 modification, the substance S_1 is modified. The characteristics (physical, chemical and/or other) of substance S_1 are changed in order to become it less sensitive or insensitive to a harmful impact. The changes can be internal and/or external, can be temporary or permanent.

The physical and/or chemical characteristics of substance S_1 may be altered internally or externally, so that it becomes less sensitive or insensitive to a harmful impact, as seen in Figure 4. The modification may be either temporary or permanent. Additives may be needed in the modification.

Figure 6 shows the general solution.

Figure 6 – General Solution 3 for Problematic Situation 2

The possible specific solution is to create protection for the lateral surfaces of the worked piece. Then the harmful interaction is reduced or eliminated.

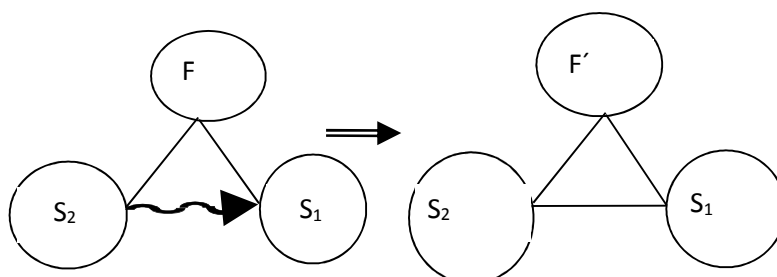
General Solution 4: Change Existing Field to Reduce or Eliminate Harmful Impact

The problematic situation is the same (see Figure 4).

General Solution 4 is similar to General Solutions 2 and 3, but instead of substances modification, the field F is modified.

Changing the existing field while keeping the same substances may be a choice to reduce or removing the harmful impact. The existing field can be increased, decreasing, or completely removed and replaced by another one.

Figure 7 shows the general solution.

Figure 7 – General Solution 4 for Problematic Situation 2

The possible specific solution is to change the technological process and its operations keeping the same substances in order to reduce or eliminate the harmful interactions.

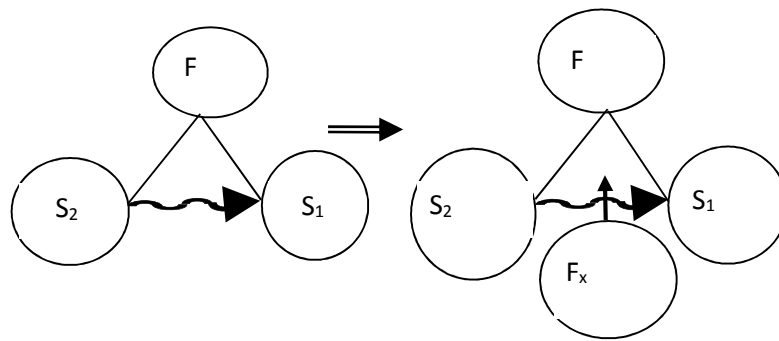
General Solution 5: Eliminate, Neutralize or Isolate Harmful Impact Using Another Counteractive Field F_x

The problematic situation is the same (see Figure 4).

General Solution 5 presupposes introduction of a counteractive field F_x in order to remove, neutralize or isolate the harmful impact. The substances S_2 and S_1 and the field F will not change its characteristics in this solution.

Figure 8 shows the general solution.

Figure 8 – General Solution 5 for Problematic Situation 2



For example, a technological operation is creating significant superficial tensions in worked pieces. The possible specific solution is to introduce a tempering operation (heat treatment) in order to reduce the superficial tensions.

5 Conclusion

Lean Thinking is a highly evolved method of management and organization that aims to improve the productivity, efficiency and quality of products and services. Lean Philosophy focuses on streamlined work process without delays, with maximized production, minimized nomenclature and bureaucratic proceedings.

The current lean approach is to use sensitivity analysis to try to find the best compromise. The TRIZ approach is to find out how to avoid the compromise or trade off (Campbell, 2004). While TRIZ tends to focus more often on smaller problems, lean is used more for systems level examination (Bligh, 2006).

TRIZ and Lean Thinking are both ways of improving the operation of a system. Both TRIZ and Lean look to optimize the use of available resources. TRIZ focuses on individual elements to optimize, where lean takes in the entire system to find potential efficiencies.

TRIZ could be useful to find solutions that utilize available resources currently seen as waste (“muda” in Lean) (Bligh, 2006).

Acknowledgments

The present authors would like to thank the Faculty of Science and Technology of The New University of Lisbon (UNL) and the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT), under grants Strategic Project nº PEst-OE/EME/UI0667/2011, for the work carried out in the framework of the research centre UNIDEMI.

References

- Bligh A. (2006). *The Overlap Between TRIZ and Lean*. IME 552: Lean Manufacturing Systems, University of Rhode Island, March 2006.
- Campbell B. (2004). *Lean TRIZ*. The TRIZ Journal, June 2004.
- Cruz Machado V. & Tavares J. (2008). *Value Streams Based Strategy: Modelling for Lean Management Performance*. International Journal of Management Science and Engineering Management, Vol. 3, No. 1, ISSN 1750-9653, pp. 54-62.
- Ikovenko S. & Bradley J. (2004). *TRIZ as a Lean Thinking Tool*. Proceedings of the TRIZ Future 4th World Conference, Florence, 3-5 November 2004, published by Firenze University Press, ISBN 88-8453-221-3.
- Mao X., Zhang X. & Rizk S. (2007). *Generalized Solutions for Su-Field Analysis*. The TRIZ Journal, August 2007.
- Radeka K. (2007). *TRIZ for Lean Innovation: Increase Your Ability to Leverage Innovation Across the Enterprise and Beyond*. Whittier Consulting Group, Inc.
- Savransky & Seymon D. (2000). *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Terninko J., Domb E. & Miller J. (2007). *The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples*. The TRIZ Journal, February, March, May, June and July 2007.
- Womack J. & Jones D. (1996). *Lean Thinking*. Simon & Schuster, New York.

Curriculum Vitae:

Helena V. G. Navas é Professora do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Investigadora do UNIDEMI - Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Mecânica e Industrial. É consultora e formadora em Inovação Sistemática e TRIZ, Membro da *International Executive Board* da ETRIA (*European TRIZ Association*) no mandato 2011-2012, *Chair of 12th ETRIA TRIZ Future Conference 2012*.

V. Cruz Machado é Professor Catedrático, Presidente do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Coordenador do UNIDEMI - Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Engenharia Mecânica e Industrial, Presidente do IPEI - Instituto Português de Engenharia Industrial. É investigador, consultor e formador em Lean, *Lean thinking & philosophy*, *Lean Management*, *Lean Supply Chain Management*, *Lean & Green Systems*, *Strategy deployment & Honshi Kanri*.

Authors Profiles:

Helena V. G. Navas is Professor of Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Science and Technology, New University of Lisbon and Researcher in UNIDEMI - Unit for Research and Development in Mechanical and Industrial Engineering. She is a consultant and trainer in Systematic Innovation and TRIZ, Member of the International Executive Board of ETRIA (European TRIZ Association) from 2011 to 2012, Chair of 12th ETRIA TRIZ Future Conference 2012.

V. Cruz Machado is Full Professor, President of the Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Science and Technology, New University of Lisbon, Coordinator of UNIDEMI - Unit for Research and Development in Mechanical and Industrial Engineering, President of IPEI - Portuguese Institute of Industrial Engineering. He is researcher, consultant and trainer in Lean, *Lean thinking & philosophy*, *Lean Management*, *Lean Supply Chain Management*, *Lean & Green Systems*, *Strategy Deployment & Honshi Kanri*.

The influence of quality management on social practices

Juan José Tarí (jj.tari@ua.es)

Mariano García-Fernández (mgarcia.fernandez@ua.es)

Department of Business Management, University of Alicante, Spain

Abstract:

The aim of this paper is to analyse whether firms with a high level of quality management have more commitment to social practices, and how quality management practices support the development of social issues. It uses a case study methodology drawing on qualitative evidence from five service organisations in Spain. The results show that organisations can be classified according to their level of quality management. From this classification the study shows that companies with higher levels of quality management are more aware of certain dimensions of social responsibility. The study also shows how quality management practices influence environmental, social and ethical dimensions.

Keywords: case study; quality management; service organisations; social practices

1. Introduction

Quality management (QM) is a management system and a set of practices for managing an organization. The quality movement started initially with quality control, and today quality is applied to all aspects of the organization. In this context, the ethical foundations and the basic principles and values of QM and its evolution over the last few decades have been debated in the literature (Boje & Winsor, 1993). Two perspectives can be found about the relationship between QM and social responsibility issues. A first perspective indicates that there is no relationship between the two concepts (Boje & Winsor, 1993; Kidwell & Scherer, 2001). The second perspective suggests that a relationship between QM and social responsibility exists. Various scholars suggest that QM practices support the development of environmental management (Curkovic, 2003), require ethical behaviour (McAdam & Leonard, 2003), need a stakeholder focus (Waddock & Bodwell, 2004), and may facilitate the development of activities that are socially responsible (Withanachchi et al., 2007).

Some QM principles are related to social responsibility, such as the existence of ethical behaviour and values and the importance of satisfying people's expectations for the success of an organization (Barrett, 2009). In addition, QM approaches have been expanded through the expansion of the QM principles; thus, more advanced approaches (e.g. excellence models, such as the Malcolm Baldrige National Quality Award – MBNQA- model and the European Foundation for Quality Management –EFQM- model) have progressively incorporated social responsibility issues (Camisón et al., 2007; Dahlgaard-Park et al., 2011). For example, one of the eight principles of the EFQM model is social responsibility, and each enabler in the model includes some aspects related to social responsibility. Also, the MBNQA incorporates social responsibility issues under its criteria.

Similarly, the ISO organization has published the ISO 26000 Standard on social responsibility. Castka and Balzarova (2008a; 302) suggest that “the role of ISO 9000 is to provide a structural and infrastructural platform for organisations to develop and adopt social responsibility”. Also, various studies consider social responsibility to be a practice in QM (Parast et al., 2006; Al-Marri et al., 2007; Prasad & Shekhar, 2010).

These ideas indicate that QM includes issues related to social aspects and that QM has been expanded to include elements of social responsibility. This may explain why some authors suggest that the QM practices may help an organization to develop social responsibility (McAdam & Leonard, 2003; Withanachchi et al., 2007).

The relationship between QM and social responsibility has been theoretically established (Nayebpour & Koehn, 2003; Talwar, 2009; Tarí, 2011) and although some empirical studies analyse this relationship (McAdam & Leonard, 2003; Al-Marri et al., 2007), there is a need for more studies addressing the relationships between QM and social responsibility in more detail (Castka & Balzarova, 2008a).

There is still not enough research that covers QM and social responsibility at the same time and analyses how QM practices may facilitate the development of activities associated with social responsibility. The aim of this paper is to analyse whether firms with a high level of quality management have more commitment to social practices, and how quality management practices support the development of social practices. To this end, the paper uses case study methodology drawing on data from service organizations.

2. Review of the literature

The ethical and social foundations of QM and its evolution have been debated by different scholars. Some of them have suggested parallels between QM and social responsibility, while others criticize QM due to its ethical and social negative effects. Boje and Winsor (1993) indicated that the theory of QM suggests that QM produces and enforces uniformity within the products, the parts, the workers, the suppliers, and the overall system of production although in practice most of this control is directed towards workers' bodies, souls and spirits. This gives a new vitality and respectability to the practices of Taylorism (Boje & Winsor, 1993).

Similarly, Kidwell and Scherer (2001) showed that a collaborative, people-focused context is a key issue to improve quality. The problem in this situation is when managers use information that companies generate to eliminate workers. The question is whether they are acting ethically in a QM context. Although QM is ethical in theory, in practice some companies lay off employees in the years following their obtention of a quality award. The authors suggested that the involvement of employees in a QM context and the insecurity and fear of restructuring among the work force create an irreconcilable inconsistency. The conflict between the two causes any judgments about the ethical standards of QM to be hypothetical (Kidwell & Scherer, 2001).

These ideas suggest that the benefits of QM (e.g., people results) have been exaggerated and it is criticized for its inadequacy to respond to current societal needs and trends and the social responsibility of businesses (Hazlett et al., 2007).

Nevertheless, another part of the literature has shown positive relationships between QM and social responsibility. Some authors consider that social responsibility has entered the quality area (Barrett, 2009) as a factor to be taken into account within a quality culture. Ethics, principles and respect for people are considered to be key elements of QM (McAdam & Leonard, 2003). The evolution of quality has progressively attached importance to social responsibility, as shown by the excellence models (Asif et al., 2011; Dahlgaard-Park et al., 2011; Lee & Lee, 2013) and the ISO Standards (ISO 26000), as have a number of papers which consider social responsibility practices to be QM practices (Sureshchandar et al., 2002; Parast et al., 2006; Al-Marri et al., 2007; Holjevac, 2008; Prasad & Shekhar, 2010). For example, Talwar (2009) reviews 16 quality models and suggests that all 16 models include social responsibility as a core value. Also, ISO 9000

significantly influenced the first steps in the standardisation of social responsibility (Castka & Balzarova, 2008b; Mijatovic & Stokic, 2010).

Quality has evolved by ensuring the stakeholders' interests are incorporated; therefore QM today must look beyond the internal operations of organizations and consider the nature and management of its relationships with relevant stakeholders. In other words, QM requires consideration of both customer and non-customer stakeholders (Foster & Jonker, 2007). Therefore, social responsibility could be a natural progression for those organizations in their "quality journey" (Hazlett et al., 2007) and in this progression QM covers the totality of a business or organization including products and processes, and at the same time the concepts of transparency and responsibility of QM have emerged (Foster & Jonker, 2003).

These ideas suggest that the principles of QM, "doing things right the first time", "doing the right thing", and "continuous improvement and innovation", also apply to social responsibility (Gentili et al., 2003). Similarly, quality and ethics mean the same: doing the right things right (Jacques, 1993; Takala, 1999).

Also, QM and social responsibility focus on the responsibilities of an organisation towards different stakeholders, although in social responsibility this responsibility is a wider one (Fisscher & Nijhof, 2005).

The elements of QM and social responsibility overlap to a significant extent. Integrity, equity, benefit, voice, transparency, no-harm, liberty and care are elements of social responsibility (Ghobadian et al., 2007). Elements of QM support these elements. For example, an open and participative management style facilitates equity; a focus on stakeholders is based on meeting the needs of a diverse range of stakeholders; people participation, delegation of authority and responsibility, and empowerment are ways to give voice to employees; and openness in terms of sharing and communicating information widely is a way to provide information to all parties and thereby increase transparency (Ghobadian et al., 2007).

Additionally, QM and social responsibility share common practices. Quality may be managed through such practices as leadership, customer focus, people management, supplier relations, etc. Similarly, social responsibility may be managed through such practices as responsible vision, values, leadership built on foundation values, stakeholder engagement, strategy, human resource responsibility, integration into management

systems, responsibility measurement systems, improvement (remediation, innovation and learning), results (performance, stakeholder, and ecological outcomes and responsibility), transparency and accountability (Waddock & Bodwell, 2004). This means that some QM practices may help to develop a culture which is sensitive to certain elements of responsibility. As theory suggests QM practices, such as leadership, planning, customer focus, people management (participation, communication, teams), process management, supplier management, information and analyses and design, provide a framework incorporating the element of social responsibility (Tarí, 2011). For example, QM fulfils the expectations of customers and other stakeholders, including employees, suppliers, the community where the firm operates, society in general and investors (Foster & Jonker, 2007). This commitment to all stakeholders also implies an ethical commitment (Barrett, 2009). Similarly, people management may lead to the development of activities aimed at improving employee relations and results (e.g. training and social benefits).

When these QM practices are implemented fully and well, and the changes in social practices are real rather than ephemeral, QM practices can help organisations improve themselves and, in the process, better serve their communities and their members (Hackman & Wageman, 1995). Therefore, a high level of QM may facilitate the creation of an environment where social responsibility is easier to develop (Tarí, 2011). Service organizations with a high level of QM practices are more likely to perform well in terms of social responsibility than their counterparts with poorer levels of QM practice implementation (Robson & Mitchell, 2007). Nevertheless, their study cannot conclude that social responsibility is driven by QM.

This literature review suggest, on the one hand:

- QM and social responsibility are not really related.
- An organization cannot build a social responsibility system without a strong foundation (Hazlett et al., 2007).

On the other hand:

- There are parallels between the two concepts (QM and social responsibility have a common philosophical root, the values they espouse show significant overlap and several practices are similar), which justify the idea that one might support the other.

- The development of QM practices (leadership, planning, customer focus, people management, process management, supplier management, information and analyses and design) may help to develop activities associated to social responsibility.

Based on this review, a relationship between quality and social practices could exist, and a higher level of QM (a higher degree of development of QM practices) could facilitate the development of social practices. This leads to the following research questions:

1. Do the firms studied that have a higher level of QM show a greater commitment to social practices?
2. How can QM practices (leadership, planning, customer focus, people management, process management, supplier management, information and analyses and design) contribute to social practices?

3. Methodology

In order to answer these research questions, the paper applies the case study method using qualitative evidence from five service industry firms (Table 1). It analyzes service organizations because they have been studied to a lesser extent than manufacturing organizations. The paper uses a case study method to examine in depth QM practices in a more detailed way than using other quantitative studies.

Table 1-Organizations analysed

Firm	Size (No. of employees)	Activity	No. of contacts	Duration of contacts	Contact person(s)	ISO 9001 Certificate
Organisation A	Large (324)	Quality management in buildings	5	5 hours	Responsible for quality and for personnel	Yes
Organisation B	Large (7171)	Savings Bank	3	5 hours	Responsible for quality and for personnel	Yes
Organisation C	Small (5)	Consultancy for Land Planning and Environmental Issues	5	5 hours	Responsible for quality and personnel	No (1)
Organisation D	Small (31)	Environmental activities	3	4.5 hours	Responsible for quality and personnel	No
Organisation E	Medium (89)	Distribution of building and decoration materials	2	4 hours	Responsible for quality and for personnel	No

(1) Although they do not have the certificate, they are implementing the standard and will become certificated in the future

The study uses three data sources:

- In-depth interviews with the persons responsible for quality and people in each organization. These in-depth interviews were recorded, with prior consent of the firms, and then listened to again in order to supplement the information obtained on-site. The total number of interviews was eight, because in two of the firms the person responsible for quality was also in charge of personnel (for the other firms, there were two respondents for each). The interviews contained a number of open questions, together with a questionnaire which made it possible to expand and streamline the information obtained from the open questions. Therefore, the questionnaire supports the interviews with open questions focusing on the items identified and then expanding the ideas suggested by respondents.
- Direct observation (visits to organisations and conversations with employees). This was carried out by means of visits to the firms, where the person responsible for quality or people offered a tour of the facilities and an explanation of each of the processes and units in the firm.
- Access to internal and external documents. The following documents were analysed: business plans, yearly company reports, quality and procedure handbooks, corporate responsibility reports, quality certificates or awards, company websites and information from the SABI database. The data from these documents (secondary data) were used to supplement the primary information (in-depth interviews and direct observation).

3.1. Measures

In relation to QM, a set of eight practices were selected in this study: leadership, quality planning, people management, process management, information and analysis, customer focus, supplier management and product design (Tarí, 2011). Social responsibility was examined using the dimensions taken from Porritt (2005). This measure included items on ethical, environmental and social issues, that is, the key social responsibility dimensions in literature.

These measures were analysed by means of open questions and a questionnaire. 59 open questions were asked in order to gauge the degree of development of the eight QM practices analysed in each firm studied, what actions, methods or techniques they use to

develop each QM practice, and those aspects shown in the 39 items in the questionnaire (see Appendix 1).

Similarly, 11 questions were used to examine social responsibility, so as to assess which actions, methods or techniques were developed. For example, the following eleven questions were used: What mechanisms do you use to be responsible for the environment? What good causes do you support and/or sponsor? How many? Do you have a code of ethics or similar? Do you have policies for equal opportunities, etc.? Is your company responsible towards society, especially in the area where your production is located? Does the firm use some kind of sponsorship or patronage? What kind? Does your company allocate resources to working with local society? How many resources are allocated? What resources does the company allocate? Regarding the questionnaire used in the interviews, social responsibility was examined with five items (see Appendix 2).

In addition, respondents were asked if QM influenced social practices. In this sense, we asked about each QM practice enquiring if each QM practice has impacted on social practices and how each QM practice (e.g., using items in Appendix 1) has helped to develop social practices (e.g., items in Appendix 2).

4. Results

4.1. Research Question 1

Based on the answers by the respondents to the open questions and questionnaire on the QM practices and their actions, methods or techniques to apply each practice (in-depth interviews), the study identifies two QM levels based on the degree of implementation of QM practices (Table 2). A higher development of QM practices indicates a higher level of QM and, therefore, a more advanced system. Table 2 shows that firms A, B and C are in the first level of QM, while firms D and E are in the second level, together with the practices for both levels. Similarly, based on answers by the respondents to the eleven questions about social responsibility and the five items in the questionnaire, Table 2 also shows the development of social responsibility elements for firms in both levels. Accordingly, Table 2 shows that firms with a higher QM level develop QM practices to a greater extent and have a greater commitment to the environmental and ethical dimensions of social responsibility. It can also be seen that all five firms clearly develop the social dimension, although to a slightly greater extent in firms with a higher level of QM.

Table 2-QM practices and social responsibility according to QM levels

	Level 2 (firms D and E)	Level 1 (firms A, B and C)
<i>Quality management practices</i>		
Leadership	The managers recognize employees through observation of their work in conflict resolution. Motivation is mainly based on promotion.	The management recognizes employees according to qualitative and quantitative indicators associated to each post (for example, on-time performance), performance assessment and seniority. Motivation is also based on financial compensation and social benefits.
Quality planning	Quality needs are planned and detected through goals related to performance time and service quality. Goals are communicated informally through dialogue.	Quality needs are planned by means of goals related to defect reduction, modernization and development of software application for the management of documents and/or teams. Goals are communicated by means of written documents.
People management	Recruitment is made on the basis of the candidates' curriculum vitae, and selection through interviews. Although training is offered, there is no quality-specific training and there is no performance assessment.	Recruitment is made on the basis of curricula which are received by the firm both online and through other institutions. Selection is made through personal interviews and other tests. There is quality training and performance assessment.
Process management	Only a few processes are documented, and there are no quality certificates.	The processes are documented and the firm has quality and environment certificates.
Information and analysis	Internal and external information is analysed through observation, dialogue, contact with customers and other documents (e.g. project reports, handbooks, etc.). Such information is analysed and areas for improvement are detected.	There are time and cost indicators for the analysis of internal information, and customer satisfaction questionnaires and other quality surveys for the analysis of external information. Other tools are used to collect information, such as annual reports. This information is analysed and areas for improvement are detected.
Customer focus	Customers participate in an informal way, through suggestions and dialogue, and the relationship is based on price.	Customer participation is formal, based on satisfaction surveys sent by e-mail or by post. The relationship is based on the price/quality relationship.
Supplier management	There is an informal protocol for action with suppliers (based on experience). No formal assessment is made of suppliers, and the choice is based first on price, then on quality.	There is a document-based protocol for action with providers. Suppliers are assessed according to quality, delivery time and price, in this order.
Product design	Mainly the responsibility of production department, taking into account customers' opinions. Product design is based on delivery time, then on quality, then on price.	All the departments involved participate in product design. Product design is based on quality, then on delivery time, then on price. In order to collect information for design, the tools used are satisfaction surveys, product demands and meetings with suppliers, which means that customers and suppliers are also involved.
<i>Social responsibility</i>		
Environmental	Basic environmental protection activities are in place, such as energy saving (e.g. low-consumption bulbs, less air conditioning) and paper recycling. The firm looks after the environment where production takes place (e.g. using and proposing to the local council areas for waste disposal). The firm has no environmental management system (ISO 14001 or similar)	The firm has measures in place in order to reduce the use of paper (e.g. recycling) and electricity and water consumption (e.g. series electricity switch-off and use of solar power). Advanced environmental management is also in place, such as the preparation of environmental reports published on the firm's website, identification and systematic assessment of main environmental impacts, and waste treatment systems. ISO 14001 certification
Social	Contributions towards an association of persons with mental disorders and sponsorship of a local football team.	Contributions to volunteer programmes, culture and programmes for social reintegration and against social exclusion. Cooperation with the Red Cross and the local council through contributions to local events (e.g. football matches for charity, popular events, tree-planting). On-line courses offered on social responsibility through its internal training platform.
Ethical	The firm has no ethical code and does not formally implement any equal opportunities policies.	Ethical standards are maintained through internal regulation and a document-based ethical code. Document-based equal opportunities policies.

Although all the managers interviewed pointed out that their firms act responsibly towards the environment, develop social activities and maintain an ethical code and equal opportunities policies, the data show that firms A, B and C have an ISO 14001 certificate and develop environmental protection policies in a much more formal way (e.g., through written documents which are kept on file) than firms D and E (see Table 2).

Similarly, as respondents indicate, all firms, although to a different extent, develop some kinds of social activity, but only firm B has an annual social responsibility report which is published in its website. Although there are no important differences, the data in Table 2 show that the most advanced firms in terms of QM are developing social actions to a greater extent.

Also, it must be mentioned that, although the managers interviewed point out that they have an ethical code and reward their employees fairly, the data show that only firms more advanced on QM have a written, published ethical code and formal equal opportunities policies (see Table 2). Thus, although all managers state that, in general, ethical actions are implemented and the information collected indicates that such actions exist, only the firms with the higher QM level have developed formal practices (Table 2), while in the other two (D and E) such commitment (which does exist, according to the respondents) is an informal one.

These results suggest that firms with a higher level of QM show a greater commitment to social practices, but does that mean that QM leads to social issues?

4.2. Research Question 2

The managers interviewed noted that QM practices have had an impact upon certain aspects of social responsibility. Regarding leadership and people management practices, the managers state that managerial commitment and people policies have influenced certain aspects of social responsibility. For example, the managers from organisations more advanced in QM suggest that they:

“Develop quantitative and qualitative indicators linked to each post, offer more training to the employees, use performance assessment, involve employees (e.g. teams and suggestions schemes) and offer social benefits [...]. Some of these

actions have helped us towards a clearer commitment to social responsibility, because a commitment to quality has also led to consideration of ethical issues”.

Also, when developing actions in order to improve employee satisfaction, they have included, amongst other initiatives, greater training, greater employee participation and social benefits, which are practices associated with social responsibility. The managers of the more advanced firms also mention that:

“A quality philosophy (doing the right things and keeping stakeholders satisfied) has improved our environmental commitment (e.g. addressing issues valued by customers and society in general) and, as a result, we offer some courses in environmental management”.

“People policies also impact on social practices because training includes courses on quality, environment and safety at work”

“We have a suggestion scheme that allows employees to provide improvement ideas to adapt the company to the changing needs of customers and the environment”

In relation to process management, the managers of the firms with higher levels of QM point out that:

“Process standardization has helped us to standardize other activities related to social responsibility (e.g. ethical code, equal opportunities policy, environmental procedures)”.

As for quality planning, some managers indicate that:

“Having clearly defined goals and communicating these goals to employees is a way to improve relationships with employees, which in turn has helped to improve communication with employees”.

In firms with a lower level of QM this has happened in an informal way, whereas in those with a higher level of QM the managers have mentioned that this practice improves communication with employees. As a result, a clear influence of QM on aspect of social responsibility can be seen, helping to improve relationships with a key stakeholder, the employee.

Concerning customer focus and supplier management, all respondents answered that these practices have improved relationships with stakeholders because communication mechanisms have been used which had not been in place before (e.g. surveys, action protocol with suppliers). However, these practices are more formal in firms with a higher level of QM, and therefore, as the managers of these firms mentioned, the formal relationship with these stakeholders has improved. Respondents with a higher QM indicated that:

“Stakeholder focus facilitates an increase in the organization’s contacts with customers and other stakeholders”.

“We establish specific programmes on relationships with customers and other stakeholders”.

Regarding the information gathering and analysis practice, respondents also point out that:

“When more information is collected, relationships with stakeholders improve”.

In the case of firms with a higher level of QM, the effect is a more visible one, because, as a manager suggests:

“We collect information through formal mechanisms (e.g. internal information through indicators and external information through satisfaction questionnaires)”.

Another manager indicated:

“The firms collect internal and external data towards quality improvement”.

The managers of firms with a higher QM level also indicate that a more advanced development of practices such as planning, information and analysis and customer and supplier focus have helped environmental management practices, supported the definition of environmental goals and indicators (as it is done in the quality area) and promoted consideration of the needs of customers and society regarding these issues.

As for design, a manager suggests that:

“It has an impact upon social responsibility because stakeholders’ opinions are taken into account”.

Another manager indicated:

“In design, usefulness and degree of acceptance by customers is checked before massive production is started”.

For example, in firms with a higher level of QM, formal procedures are used to collect customers' and suppliers' opinions. In addition, these firms consider environmental issues as a factor in design.

These data indicate that the QM practices leadership, planning, people management, customer focus, supplier management, process management, information and analysis and design, could help to develop actions associated with social responsibility, as firms with more developed QM practices employ QM actions, methods or techniques which are linked to social practices.

Although all the managers state that QM practices have helped their firms to develop social practices, respondents from firms with a higher level of QM give examples of QM practices in a more formalized way, which implies, as the managers themselves point out, the development of formal actions associated with social responsibility.

These results indicate that the firms analysed that have a higher level of QM, that is, those with a higher level of development of QM practices, show a greater commitment to the social practices examined, as these more developed QM practices imply the development of the practice to a higher extent and then the possibility to develop more issues (actions, methods or techniques) also associated with social responsibility.

5. Conclusions

This study has shown that a certain relationship between QM and social practices may exist. In relation to the first research question (Do the firms studied that have a higher level of QM show a greater commitment to social practices?), the research indicates that there are service organisations with higher levels of QM that develop socially responsible actions to a greater extent than those with a lower level of QM. For example, only the firms with a higher level of QM maintain high ethical standards in a formal way through documentation, with internal regulations (binding rules within the firm) and an ethical code, and have document-based equal opportunities policies.

In relation to the second research question (How can QM practices contribute towards social practices?), the study shows how QM has an influence on social responsibility. The results about the research question 2 show that greater influence can be seen in a fuller development of QM practices, implying that such practices are applied more widely. That is to say, more aspects of QM are developed, some of which may be associated with social responsibility. The practices of leadership, planning, people management, customer focus, supplier focus, process management, information and analysis, and design have an influence on social practices as theoretical studies suggest (Tarí, 2011). For example, the results show that leadership may have an impact on environmental, social and ethical aspects if there is a genuine commitment to quality. Some of the components of people management related to a quality culture, such as employee participation (e.g. teams), communication, training (e.g. in environmental issues) and recognition, are issues to which social responsibility also pays attention, as other authors suggest (Zwetsloot & van Marrewijk, 2004). More advanced quality systems attach more importance to these human aspects, as in the case of the firms studied here that have a higher level of QM. This is why these QM practices have an influence on environmental, social and ethical aspects of social responsibility. Planning and information and analysis practices, are also more developed in firms that have a higher level of QM, and they employ more developed internal and external analyses than firms with a lower level of QM, which allows them to be aware of the needs of stakeholders and to integrate them into their strategies. This provides information which can be used to define improvement actions. This formal planning process supports social responsibility, confirming the views of other scholars who find that planning activities are related to social responsibility (Galbreath, 2010). Similarly, QM helps to meet the demands and expectations of stakeholders, such as employees, customers and suppliers, which is one of the requirements of social responsibility as previously suggested (Waddock & Bodwell, 2004). This indicates that these practices make it possible to improve relationships with stakeholders, and therefore also have an influence on ethical issues, because quality fosters an improvement of these relationships based on trust. On the other hand, these practices of planning, information and analysis and supplier and customer management also help to define environmental goals and indicators and promote consideration of the environmental demands of customers and society. Also, the results show that process management may help to interiorize ethical and environmental aspects in internal procedures or regulations.

Finally, design allows firms to consider their stakeholders (and therefore ethical issues) and environmental issues.

Therefore, leadership, planning, information and analysis, customer and supplier focus, good people management, process management and design can help to develop environmental, social and ethical practices. These results supplement the literature that suggests that QM practices may facilitate the development of social responsibility (McAdam & Leonard, 2003; Withanachchi et al., 2007; Tarí, 2011), and show that the presence of a QM culture may create an awareness of environmental, social and ethical practices when such QM practices are developed to a greater extent (higher levels of QM). Firms with a higher level of QM may possess resources and capabilities which complement those required to create an awareness of aspects of social responsibility.

Consequently, why is it that firms more advanced in QM lay a greater emphasis upon various aspects of social responsibility? The results indicate that this is because they develop QM practices to a greater extent, that is, they implement more actions, methods or tools in a formal way in order to develop these practices within the firm. This may lead them to develop more actions than firms which are less advanced in QM and which may also be associated to socially responsible actions. These results have shown that QM practices may lead to social initiatives showing that QM culture can be only one factor among the numerous other factors involved in working with social practices.

This study has managerial implications. Managers should understand that QM can be one driver towards the development of social practices. They should understand that firms with a more advanced QM system may be more likely to exhibit more socially responsible behaviour.

The limitation of this study is that it analyses five firms, and it may not be extrapolated to other organizations. The study was undertaken to comprehend better the nature of the problem, since very few empirical studies have considered these issues. Future studies may continue in this line and analyse, within a wider sample of firms and measuring social practices using a more completed construct, the relationships between QM levels and social practices as a way to identify causal relationships between the two.

References

- Al-Marri, K., Ahmed, A.M.M.B., & Zairi, M. (2007). Excellence in service: an empirical study of the UAE banking sector. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24**:164-176.
- Asif, M., Searcy, C. Garvare, R., & Ahmad, N. (2011). Including sustainability in business excellence models. *Total Quality Management & Business Excellence*, **22**: 773-786.
- Barrett, D. (2009). Corporate social responsibility and quality management revisited. *The Journal for Quality & Participation*, **31**:24-30.
- Boje, D.M., & Winsor, R.D. (1993). The Resurrection of Taylorism: Total Quality Management's Hidden Agenda. *Journal of Organizational Change Management*, **6**:57-70.
- Camisón, C., González, T., & Cruz, S. (2007). *Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid: Pearson Education.
- Castka, P., & Balzarova, M.A. (2008a). Adoption of social responsibility through the expansion of existing management systems. *Industrial Management & Data Systems*, **108**:297-309.
- Castka, P., & Balzarova, M.A. (2008b). The impact of ISO 9000 and ISO 14000 on standardisation of social responsibility—an inside perspective. *International Journal of Production Economics*, **113**:74-87.
- Conca, F., Llopis, J., & Tarí, J.J. (2004). Development of a measure to assess quality management in certified firms. *European Journal of Operation Research*, **156**: 683-697.
- Curkovic, S. (2003). Environmentally Responsible Manufacturing: the development and validation of a measurement model. *European Journal of Operational Research*, **146**:130-155.
- Dahlgaard-Park, S.M. (2011). The quality movement: where are you going? *Total Quality Management & Business Excellence*, **22**:493-516.
- Fisscher, O., & Nijhof, A. (2005). Implications of business ethics for quality management. *The TQM Magazine*, **17**:150-160.
- Foster, D., & Jonker, J. (2007). Towards a third generation of quality management. Searching for a theoretical re-conceptualisation of contemporary organisations based on the notions of stakeholders and transactivity. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24**:683-703.
- Galbreath, J. (2010). Drivers of corporate social responsibility: the role of formal strategic planning and firm culture. *British Journal of Management*, **21**:511-525.
- Gentili, E., Stainer, A., & Stainer, L. (2003). Ethical dimensions of total quality management. *International Journal of Business Performance Management*, **5**:237-244.
- Ghobadian, A., Gallea, D., & Hopkins, M. (2007). TQM and CSR nexus. *International Journal of Quality and Reliability Management*, **24**:704-721.
- Hackman, J.R., & Wageman, R. (1995). Total quality management: empirical, conceptual and practical issues. *Administrative Science Quarterly*, **40**:309-342.
- Hazlett, S-A., McAdam, R., & Murray, L. (2007). From quality management to socially responsible organisations: the case for CSR. *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24**:669-682.
- Holjevac, I.A. (2008). Business ethics in tourism-as a dimension of TQM. *Total Quality Management & Business Excellence*, **19**:1029-1041.
- Jacques, M.L. (1993). A question of ethics. *The TQM Magazine*, **October**:55-60.
- Kaynak, H. (2003). The relationship between total quality management practices and their effects on firm performance. *Journal of Operations Management*, **21**:405-435.
- Kidwell, R.E., & Scherer, P.M. (2001). Layoff and their ethical implications under scientific management, quality management and open-book management. *Journal of Business Ethics*, **29**:113-124.
- Lee, D., & Lee, D.H. (2013). A comparative study of quality awards: evolving criteria and research. *Service Business*, **7**:347-362.

- McAdam, R., & Leonard, D. (2003). Corporate social responsibility in a total quality management context: opportunities for sustainable growth. *Corporate Governance*, **3**:36-45.
- Mijatovic, I.S., & Stokic, D. (2010). The influence of internal and external codes of CSR practice: the case of companies operation in Serbia. *Journal of Business Ethics*, **94**:533-552.
- Nayebpour, M.R., & Koehn, D. (2003). The effects of quality: problems and preconditions, *Journal of Business Ethics*, **44**:37-48.
- Parast, M.M., Adams, S.G., Jones, E.C., Rao, S.S., & Raghu-nathan, T.S. (2006). Comparing quality management practices between the United States and Mexico. *Quality Management Journal*, **13**:36-49.
- Porritt, D. (2005). The reputational Failure of Financial Success: The Botton line Backlash effect, *Corporate Reputation Review*, **8**:198-213.
- Prasad, M.D., & Shekhar, B.R. (2010). Impact of service quality management (SQM) practices on Indian railways-a study of South Central Railways. *International Journal of Business and Management*, **5**:139-146.
- Robson, A., & Mitchell, E. (2007). CSR performance: driven by TQM implementation, size, secto? *International Journal of Quality & Reliability Management*, **24**:722-737.
- Samson, D., & Terziovski, M. (1999). Relationship between total quality management practices and operational performance. *Journal of Operations Management*, **17**:393- 409.
- Sila, I. (2007). Examining the effects of contextual factors on TQM and performance through the lens of organizational theories: An empirical study. *Journal of Operations Management*, **25**:83-109.
- Sureshchandar, G.S., Rajendran, C., & Anantharaman, R.N. (2002). The relationship between management's perception of total quality service and customer perceptions of service quality. *Total Quality Management*, **13**:69-68.
- Takala, T. (1999). Business and leadership ethics conference-three current themes. *Leadership & Organization*, **20**:360-364.
- Talwar, B. (2009). Comparative study of core values of excellence models vis-a` -vis human values. *Measuring Business Excellence*, **13**:34-46.
- Tarí, J.J. (2011). Research into quality management and social responsibility. *Journal of Business Ethics*, **102**:623-638.
- Waddock, S., & Bodwell, C. (2004). Managing responsibility: what can be learned from the quality movement. *California Management Review*, **47**:25-37.
- Withanachchi, N., Handa, Y., Karandagoda, K.K.W., Pathirage, P.P., Tennakoon, N.C.K., & Pullaperuma, D.S.P. (2007). TQM emphasizing 5-S principles. A breakthrough for chronic managerial constraints at public hospitals in developing countries. *International Journal of Public Sector Management*, **20**:168-177.
- Zwetsloot, G.I.J.M., & van Marrewijk, M.N. (2004). From Quality to Sustainability. *Journal of Business Ethics*, **55**:79-82.

Appendix 1. QM Questionnaire

Leadership (Samson & Tzervioski, 1999; Kaynak, 2003; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Top management actively directs our quality programme

Managers actively communicate a quality commitment to their employees

Those responsible for departments and/or functional areas take part in the quality improvement process

Managers and supervisors motivate their employees and help them to perform at a great level in their work

Employees are encouraged to help implement changes in the organization

Quality planning (Samson & Tzervioski, 1999; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Its development and implementation is based on strategies and schemes

Management sets goals for managers

Management sets goals for all employees

Management communicates its strategies and goals to the whole staff

Staff become involved in setting goals and plans

Goals and plans are regularly assessed

People management (Samson & Tzervioski, 1999; Kaynak, 2003; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Management are trained in quality principles

Employees are trained in quality principles

Employees are trained in specific skills for their jobs

Employees are trained for teamwork

Performance measurement and employee recognition aimed at supporting quality development

There are efficient bottom-up communication processes

There are efficient top-down communication processes

Process management (Samson & Tzervioski, 1999; Kaynak, 2003; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Operational processes are standardized

Our processes are automated

Methods are set in order to measure and improve our processes

Process design minimizes the likelihood of employees' mistakes

Information and analysis (Samson and Tzervioski, 1999; Kaynak, 2003; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Quality data are collected (no. of mistakes, no. of defects, etc.)

The quality data (no. of mistakes, no. of defects, quality costs, etc.) are used as tools to manage and improve quality

The quality data are made available to employees

External information is collected and it is analysed internally in order to obtain quality improvements (benchmarking)

Customer focus (Samson & Tzervioski, 1999; Conca et al., 2004; Sila, 2007)

Direct, personal contact with customer has increased between the organization and the customers

Customer demands are disseminated and understood by employees

Customer requirements are taken into account for the development of new products and/or services

Customer complaints are used as a method for continuous improvement

Customer satisfaction is systematically and regularly measured

Suppliers management (Kaynak, 2003; Conca et al. 2004; Sila, 2007)

Long-term relationships are maintained with suppliers

Suppliers are involved in the development of the product and/or service

Suppliers are selected on the basis of quality and price, in this order

Suppliers are evaluated considering quality criteria, delivery time and price, in this order

Product design (Kaynak, 2003)

New products and/or services are revised before they are produced

There is coordination among the departments involved in the development of a product and/or service

Clarity in the specifications of the product/service

Quality criteria are emphasized in the development of the product and/or service

Appendix 2. Social responsibility questionnaire

Social responsibility (Porritt, 2005)

The firm is responsible concerning the environment

The firm supports fair causes

The firm behaves responsibly in the community where it operates

The firm maintains high ethical standards within the company

The firm rewards its employees fairly

Authors Profiles:

Juan José Tarí (jj.tari@ua.es), Senior Lecturer in Business Management at the University of Alicante, Spain. His Ph. D. dissertation was an analysis of Quality Management. His current research includes Total Quality Management and the relationship between Quality Management, Environmental Management and Social issues.

Mariano García-Fernández (mgarcia.fernandez@ua.es), Lecturer in Business Management at the University of Alicante. He is developing his Ph. D. on Quality Management, Innovation and Performance.

CORK + - Um Programa de Desenvolvimento de Equipas

Rui M.F. Dias
rdias1263@hotmail.com
Equipar – A&I – Grupo Amorim

Resumo:

Só a melhoria continua, baseada na satisfação do cliente, na eliminação do desperdício, promovendo as actividades que acrescentam valor, reduzindo o custo da operação, pode contribuir para tornar as empresas competitivas.

Kaizen é uma filosofia de melhoria contínua, que envolve todos os níveis dentro da organização.

A metodologia Kaizen utiliza várias ferramentas que podem variar de empresa para empresa, mas os conceitos base são sempre os mesmos: mente aberta, atitude positiva, rejeitar as desculpas, buscar as soluções, perguntar porquê? porquê?, não existem perguntas estúpidas.

É necessário agir, implementando melhorias mesmo não atingindo a perfeição.

Implementar as melhorias com os recursos disponíveis, fazendo uso dos conhecimentos da Equipa.

Implementar essa filosofia de um modo eficaz e continuado, num grupo de empresas com uma cultura de mais de 100 anos, ligadas a um sector tradicional da indústria portuguesa, mantendo os valores do grupo promovendo a melhoria continua todos os dias, em todas as actividades, por todos os colaboradores é o objectivo do programa Cork +.

Um programa de desenvolvimento de equipas que visa garantir e melhorar a qualidade dos produtos; melhorar a eficiência dos processos, reduzir os desperdícios e criar uma cultura orientada para o Cliente.

Palavras-chave: Cork +, Kaizen, Melhoria Continua.

Abstract

Only continuous improvement based on customer satisfaction, waste elimination, promoting activities that add value by reducing the cost of operation, can contribute to making competitive companies.

Kaizen is a philosophy of continuous improvement, which involves all organization levels.

The Kaizen methodology uses several tools that may vary from company to company, but the basic concepts are always the same: open mind, positive attitude, rejecting excuses, find solutions, ask why? why? there are no stupid questions.

It's necessary to act, implementing improvements even not reaching perfection.

Implement the improvements with available resources, making use of knowledge Team. Implement this philosophy of effective and continuous basis, in a group of companies with a culture of more than 100 years linked to a traditional Portuguese industry sector,

keeping the values of the Group, promoting continuous improvement, every day, in all activities, by all employees is the aim of Cork + program.

A development program teams that aims to ensure and improve the quality of products, improve the efficiency of processes, reduce waste and create a customer-oriented culture.

Keywords: Continuous improvement, Cork +, Kaizen

1. Introdução

O conceito de melhoria contínua tem vindo a tornar-se muito popular nos últimos anos, sendo amplamente referido nos referenciais ISO 9000, 14000, 22000, assim como em outras metodologias tais como o Lean Production, Six Sigma e até na Teoria das Restrições.

Temos no entanto que referir que o conceito tem vindo a evoluir face à constante alteração dos mercados, á aldeia global em que as empresas concorrem, ao refinar das exigências dos consumidores e aos desafios cada vez maiores associados à redução de custos.

São bastas e variadas as definições existentes na literatura para o conceito de melhoria contínua, mas no essencial todas têm por base a necessidade de melhorar o desempenho das empresas, o envolvimento de todos os colaboradores e exceder as expectativas dos consumidores.

Caffyn & Bessant (4) definem o conceito de uma forma simples como um conceito para toda a empresa, focado na inovação incremental e sistemática.

Merli (10) contextualiza a melhoria contínua na história do Japão, onde é vista como parte da cultura da organização, ou seja, a melhoria contínua não é eficaz se tratada isoladamente ou apenas como informação, precisa ser vivida.

Destaca ainda que a melhoria contínua só será realmente efectiva na empresa, quando for tratada como prioridade de negócio, difundida em todos os processos da empresa e contando com o envolvimento de todos os funcionários.

Da mesma forma Caffyn (5), diz que para que os planos de melhoria sejam conduzidos com sucesso, é necessário estarem alinhados com os objectivos estratégicos que fundamentam a vantagem competitiva da empresa.

Segundo Bessant *et al.* (2,3), a melhoria contínua está relacionada com a capacidade de resolução de problemas e pode ser definida como um processo de inovação incremental, focada e contínua, envolvendo toda a empresa. As pequenas melhorias são efectuadas frequentemente, provocando pequenas mudanças, as quais analisadas separadamente, têm

pouco impacto, mas somadas no tempo, podem ser significativas para o desempenho da empresa.

Os ciclos de mudança são causados pela alternância de momentos de ruptura e de controlo do desempenho.

Ruptura (do inglês, *breakthrough*) significa mudar os padrões de desempenho para níveis melhores e controlo pode ser entendido como cumprimento dos padrões, levando à manutenção do *status quo*. Com significados opostos, essas duas actividades, complementares entre si e partes do mesmo ciclo, são vitais para a sobrevivência da maioria das organizações, na medida em que elas possibilitam às organizações implementar mudanças e perpetuá-las ao longo do tempo. (8)

As actividades de ruptura e controlo formam a base do processo de melhoria contínua, que pode ser caracterizado por esforços sistemáticos e iterativos que causam impactos positivos e acumulativos no desempenho da organização. A melhoria é sistemática porque utiliza uma abordagem científica, ou seja, o processo de resolução de problemas é estruturado em etapas como a identificação das causas, definição de acções correctivas, planeamento e verificação da eficácia.

A melhoria é iterativa porque o ciclo de resolução de problemas é realizado indefinidamente para buscar uma solução ou melhorar algo já atingido. O ciclo PDCA é um método que permite que esforços sistemáticos e iterativos de melhoria sejam levados a cabo.

Ainda para o mesmo autor (2,3) a melhoria contínua é um processo amplo concentrado na inovação incremental que envolve toda a organização. Por ser um processo simples de fácil entendimento e de baixo custo, tem-se consagrado como uma das formas mais eficientes de aumentar a competitividade das empresas.

No entanto, são muitas as empresas que têm encontrado dificuldade para implementar de uma forma efectiva o conceito de melhoria contínua, o que tem motivado uma basta investigação e análise no âmbito académico, empresarial e até sindical, dados os possíveis impactos sobre a organização do trabalho e na produção. Contudo, apesar do fácil acesso à literatura, cursos e especialistas nas ferramentas do Melhoria Contínua, muitas são as empresas que têm fracassado ou têm enfrentado dificuldades para consolidar e incorporar o conceito.

Na mesma linha de Bessant, Slack *et al.* (11) destacam que a melhoria contínua, é diferente da melhoria radical (melhoria baseada na inovação radical), pois consiste num processo de pequenas melhorias incrementais. Enquanto a melhoria radical se traduz em grandes mudanças, as quais requerem avultados investimentos, a melhoria contínua efectua-se gradualmente, passo a passo com baixo investimento.

A melhoria continua não é algo que ocorre sempre e naturalmente nas organizações, assim sendo existe a necessidade de desenvolver de uma forma consciente e estruturada a assimilação dos conceitos e dos comportamentos de modo a que estes sejam rotineiros, para que a melhoria seja sustentável no longo prazo.

Para Marshall *et al.* (7), a base da filosofia da melhoria contínua é representada pelo ciclo de Deming - PDCA (Plan, Do, Check e Act). Este ciclo utilizado de uma forma cíclica e ininterrupta, promove a melhoria contínua e sistemática da empresa, consolidando a uniformização de práticas.

Finalmente segundo o guru japonês Imai (7) a melhoria contínua constitui-se numa abordagem de senso comum, de baixo custo e risco, enquanto a inovação é onerosa e, muitas vezes drástica. De acordo com o autor, *Kaizen* significa melhoria contínua.

Mas nem tudo o que parece simples o é na realidade, existindo muitas e variadas razões para a demora e o insucesso destes processos.

- Várias empresas apostam em tentativas pontuais de Melhoria Contínua, ou assumem de forma errada que o seu programa de mudança conduzirá à Melhoria Continua;
- Outras perdem pela falta de equilíbrio entre a orientação para o resultado e a capacidade para a iniciativa;
- Algumas focam-se demasiado na dimensão operacional resultando na perda de outras;
- Por vezes os conceitos básicos são interpretados de forma errada;
- Muitas conseguem atingir focos de sucesso mas sem êxito a uma escala macro;
- Finalmente algumas cometem erros na ordenação dos seus esforços perdendo o impulso.

Existem características comuns às empresas que implementam com sucesso projectos de melhoria continua.

- Uma visão clara de como e onde a Melhoria Contínua mais contribui para os resultados e um forte envolvimento dos líderes na mudança a todos os níveis da gestão;
- Um ciclo de gestão da mudança, que permite estender políticas de melhoria e um controlo do progresso em relação aos objectivos previamente definidos;
- Uma aprendizagem organizacional, baseada em abordagens de resolução de problemas. (13)

2. Kaizen – Uma metodologia de Melhoria Contínua

A metodologia Kaizen é reconhecida hoje em todo o mundo como uma das melhores metodologias para a implementação nas empresas do conceito de melhoria contínua.

Na década de oitenta do século passado as técnicas de Gestão baseadas no envolvimento de todos os colaboradores, no trabalho em equipa, na comunicação para melhoria do desempenho no trabalho, não eram novas, mas as companhias Japonesas, conseguiam implementar estas metodologias melhor que as outras.

A lição a tirar dos anos 80 é que as companhias Japonesas conseguiam ser mais competitivas do que as empresas Ocidentais, pois tinham um maior comprometimento com a melhoria contínua.

Nessa caminhada as empresas Japonesas usavam a filosofia Kaizen.

Kaizen é uma palavra Japonesa que significa melhoria contínua, Kai – contínua e Zen – melhoria.

A metodologia Kaizen envolve toda a organização, desde a gestão de topo até ao trabalhador de chão de fábrica.

No Japão este conceito está profundamente enraizado na cultura dos Gestores e de todos os trabalhadores, sendo usado rotineiramente nas suas práticas do dia-a-dia.

Segundo Imai esta filosofia é “um modo de vida – na vida profissional, social ou familiar – tudo merece ser constantemente melhorado”. (6)

Para alguns, o criador do conceito Kaizen foi o americano Edwards Deming, um estatístico, que no pós-guerra colaborou com os Japoneses e para muitos o responsável pela força motriz que esteve por detrás do ressurgimento da economia Japonesa.

Ironicamente os americanos olharam com pouco interesse para o trabalho deste seu compatriota, até que em 1970 começaram a verificar o impacto das exportações Japonesas para o mercado americano.

Kaizen é ao mesmo tempo o uso do bom senso e um rigoroso método científico que faz uso do controlo estatístico da qualidade, de uma estrutura de valores organizacionais e da crença que mantém os trabalhadores e gestão focados no zero defeitos.

Kaizen é a manutenção do espírito da eterna insatisfação, o que hoje está bem, amanhã poderá estar melhor através de pequenas melhorias. (1,13)

A melhoria começa no reconhecimento da existência de problemas que criam a oportunidade para a mudança.

A melhoria contínua é a constante alteração do *status quo*, através do envolvimento de todos, cruzando toda a organização de uma forma multifuncional.

De acordo com Womack no seu livro “ The Machine that Changed the World ” (12), com o Kaizen o trabalho de melhoria nunca está terminado e o *status quo* está constantemente a ser alterado.

Um dos objectivos do Kaizen é tornar o trabalho das pessoas mais simples, através do seu estudo e da aplicação de melhorias, com o contributo de todos.(1)

Imai (13) apresenta a metodologia Kaizen como um chapéu debaixo da qual estão diversas ferramentas:

- Orientação para o cliente
- Controlo da qualidade
- Robótica
- Programa de recolha de ideias
- Automatização
- Disciplina no local de trabalho
- TPM
- Kanban
- Melhoria da qualidade
- Just in Time
- Zero defeitos
- Trabalho em equipa
- Melhoria da produtividade
- Desenvolvimento de novos produtos

Segundo Imai (13) são dez os mandamentos da metodologia *Kaizen*:

- Eliminação do desperdício;
- Melhoria continua;
- Envolvimento e todos os colaboradores, o Kaizen não é elitista;
- Baixo custo das intervenções efectuadas;
- Aplicável a qualquer negócio e em qualquer cultura;
- Gestão visual – total transparência de procedimentos, processos e valores, tornando os problemas e os desperdícios visíveis aos olhos de todos;
- Foco na criação de valor;

- Orientação para os processos;
- Prioridade às pessoas – orientação pessoal para a qualidade, trabalho em equipa, motivação, conhecimento, autodisciplina, sugestões de melhoria;
- Aprender fazendo.

Uma das principais mensagens Kaizen é de que nenhum dia deverá chegar ao fim sem que uma melhoria, por menor que seja, seja implementada no processo ou na organização. Nem sempre existem ideias, para grandes mudanças.

A metodologia Kaizen é baseado na implementação de pequenas mudanças numa base regular, em qualquer lugar onde estas se afigurem importantes e necessárias, sempre com o objectivo de incrementar a produtividade, reduzir o desperdício, acrescentar valor e melhorar o serviço ao cliente.

A abordagem Kaizen é baseada na premissa de que não existem processos perfeitos, existem sim processos que podem e devem ser constantemente melhorados, melhorando os seus standards, optimizando e reduzindo desperdícios.

3. Caso de Estudo – CORK + - Programa de Melhoria de Equipas

3.1. Apresentação da empresa

Amorim & Irmãos é uma das unidades de negócios do Grupo Amorim, líder mundial na produção e comercialização de produtos à base de cortiça.

A Amorim & Irmãos tem como core business a produção e comercialização de rolhas de cortiça, nas suas diferentes apresentações: rolha natural, rolha de champanhe, rolha técnica e rolha capsulada.

Tem instaladas em Portugal oito unidades de produção e mais 18 Sales Company espalhadas pelo resto do mundo.

Vende cerca de 4 mil milhões de rolhas e é detentora de 35% do mercado mundial de vedantes.

A Amorim & Irmãos introduzi-o, desde 2006, no seu plano estratégico, elaborado segundo a metodologia Balanced Scorecard o Pilar da Eficiência Operacional e da Inovação e Qualidade do Produto.

Durante o período que decorreu entre 2006 e 2014, fez a reorganização industrial das suas unidades, investiu bastante em novas tecnologias, promoveu a investigação e

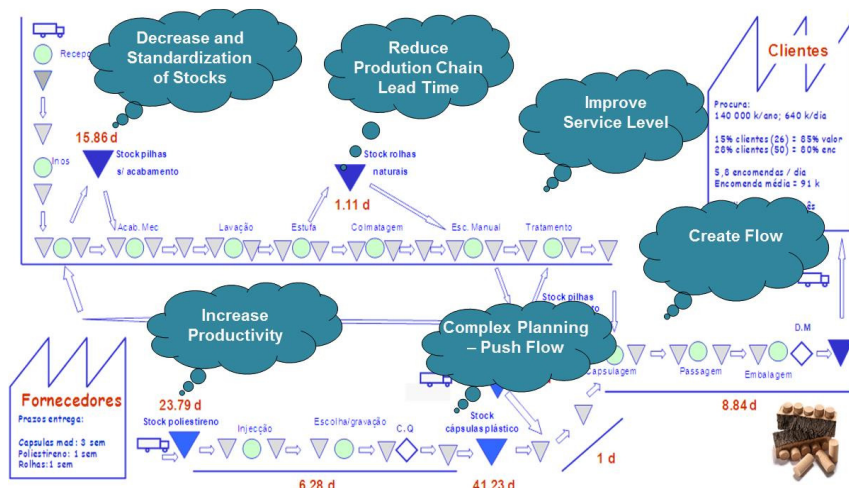
desenvolvimento, formou e desenvolveu as suas equipas e apostou fortemente a partir de 2012 num programa de melhoria continua a que chamou CORK + - Programa de Desenvolvimento de Equipas.

3.2. Kaizen na Amorim & Irmãos

A metodologia Kaizen surge na A&I no ano de 2008 através da necessidade de incrementar a produtividade, melhorar a qualidade e melhorar o serviço ao cliente de uma das unidades fabris dedicada à produção de rolhas capsuladas.

A unidade fabril iniciou a actividade efectuando o seu VSM (Value Stream Mapping), do qual saíram uma série de debilidades que urgia resolver.

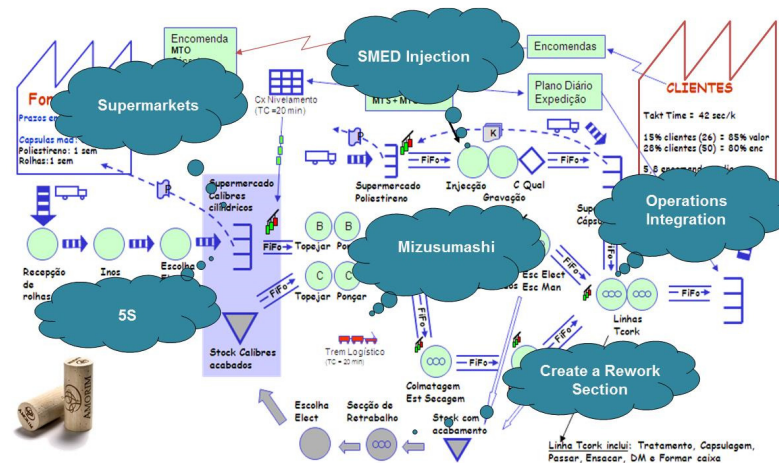
Figura 1 – VSM (Value Stream Mapping)



Fonte: Amorim & Irmãos

Do trabalho dos diferentes grupos criados resultou uma visão futura para a unidade, com base nessa visão, foram identificadas as ferramentas a utilizar e estabelecido um cronograma para a sua implementação.

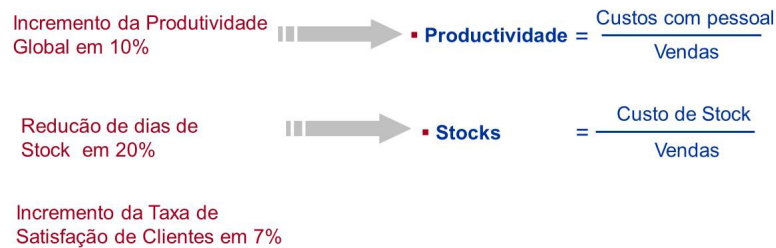
Figura 2 - Drawing Future Vision – Projectos Chave



Fonte: Amorim & Irmãos

Desenvolvido e implementado o trabalho os resultados foram de tal modo positivos, que a Gestão decidiu alargar estes projectos a outras unidades fabris do universo da unidade de negócios.

Figura 3 – Indicadores de projecto



Fonte: Amorim & Irmãos

Os projectos desenvolvidos variaram de unidade para unidade, de acordo com as necessidades de cada uma.

Quadro 1 – Projectos Kaizen por Unidade

Área/Unidade de Negócio	Unidade Industrial	Layout e/ou Desenho de Linha	Logística Interna	Pull Planning	KK Qualidade	KKOEE	Gestão de Fluxos de Inf.	Manutenção Autónoma	Supermercados	Process Mapping	Standard Work	Montagem de Indicadores	SMED	Manutenção Planeada	Melhoria do nível de serviço	Aumento de Produtividade	Aumento de Capacidade	Melhoria de Eficiência	Redução de Stocks	Redução de área	Melhoria de Qualidade	Redução Tempo Ensaio
Amorim & Irmãos	Raro																					
	AD																					
	A&I																					
	Equipar																					
	ChampCork																					
	DeSousa																					

Fonte: Amorim & Irmãos

Durante os primeiros tempos o ritmo dos projectos e os resultados obtidos foram positivos, no entanto com o decorrer dos tempos começou a verificar-se que os projectos iniciais estavam a perder dinamismos e os resultados começavam a decair.

No decorrer desta caminhada as diferentes equipas da A&I foram fazendo visitas de benchmarking a empresas de referencia, tendo verificado que em todas elas existiam programas de melhoria continua com base na metodologia Kaizen, que eram de uma abrangência total, que envolviam todos os colaboradores, devidamente calendarizados e faseados no tempo e que garantiam através da aplicação de metodologias de melhoria continua, especialmente a auditoria e a certificação a continuidade dos programas e dos seus resultados.

Surge assim a ideia para o nascimento do programa CORK + - Programa de Desenvolvimento de Equipas.

3.3. CORK + - Programa de Desenvolvimento de Equipas

O Programa CORK + nasce da necessidade que a Unidade de Negócios sentiu de ser mais competitiva, mais produtiva, de aumentar o nível de satisfação dos seus clientes e de melhorar a qualidade dos seus produtos, através do envolvimento, fortalecimento e motivação de todas as suas equipas.

O CORK + - Programa de Desenvolvimento de Equipas foi orientado para prática no posto de trabalho tendo como principais objectivos:

1. **Garantir a Qualidade dos Produtos Amorim & Irmãos** através do treino sistemático dos operadores nas melhores práticas/procedimentos internos e no controlo rigoroso das especificações estabelecidas.

2. **Garantir os níveis de Eficiência** adequados através da introdução e treino em técnicas de melhoria contínua e combate ao desperdício.

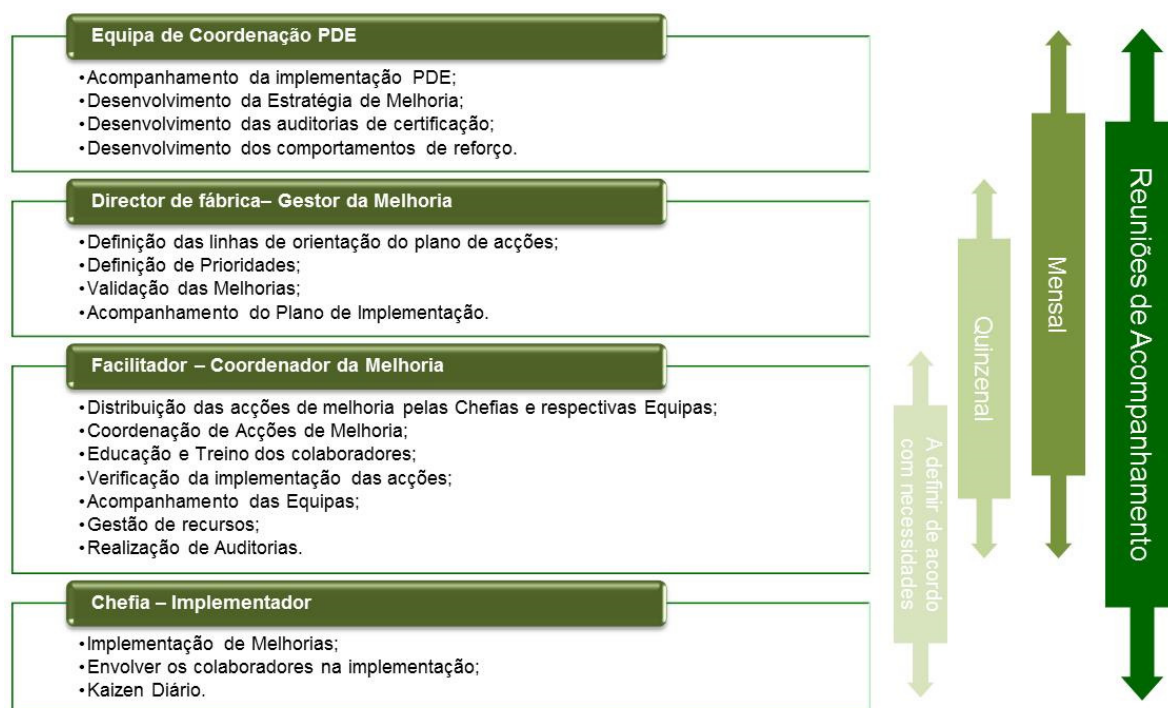
3. **Garantir uma Cultura de Orientação para o Cliente** através do treino em práticas de inovação para melhoria sistemática dos níveis de serviço interno e externo.

Este desafio foi lançado às equipas no início de 2012, tendo como certo que a melhor qualificação dos colaboradores iria contribuir de uma forma sustentada para:

- Mais qualidade dos produtos
- Mais eficiência dos processos
- Mais orientação para os clientes
- Uma cultura de excelência

e assim melhorar a performance da Unidade de Negócios.

O programa CORK + teve na sua génese o envolvimento de todos os colaboradores sendo atribuída a cada um deles uma função muito específica, desde o pessoal das Operações à Gestão de Recursos Humanos, a qual fazia parte da Equipa de Coordenação, no sentido de garantir a comunicação, a orientação pedagógica, o desenvolvimento de conteúdos de formação e a motivação de todas as equipas.



Fonte: Amorim & Irmãos

Analizado o grau de desenvolvimento da população alvo e de acordo com os objectivos estabelecidos, a equipa de Coordenação decidiu-se por lançar numa primeira fase, que compreendia o ciclo 2012 – 2014, a implementação de 3 ferramentas estruturantes assim como interiorizar nos colaboradores os conceitos de redução de desperdício e de actividades que acrescentam valor, com o objectivo de:

- Melhorar a organização do posto de trabalho, eliminar desperdícios (MUDAS) e facilitar a comunicação – **5S e Gestão Visual**.

MUDA

MUDA é a palavra Japonesa para desperdício.

A eliminação de desperdícios é a base da filosofia Kaizen, onde desperdício significa actividade, ou processo que não acrescenta valor.

São sete os MUDAS que de alguma forma podem não acrescentar valor:

- Defeitos e erros
- Produção em excesso
- Pessoas paradas
- Movimento de pessoas

- Reprocessamento
- Inventário
- Transporte de materiais

5S

A ferramenta 5S permite de uma forma simples e intuitiva melhorar a organização do local de trabalho, facilitar as operações, melhorar a qualidade do trabalho dos operadores, incrementar a produtividade e eliminar desperdícios.

Como o próprio nome indica divide-se em 5 etapas sequenciais que em português significam:

Triar – Eliminar o desnecessário

Arrumar – um lugar para cada coisa, cada coisa no seu lugar

Limpar – inspeccionar

Normalizar – manter as boas condições do local de trabalho

Disciplinar – cumprir as normas estabelecidas, melhorar as normas

Gestão Visual

A função da Gestão Visual é ajudar as pessoas ou as equipas a comunicar, identificar problemas ou a promover o seu empowerment.

Através da gestão visual pode-se:

- Melhorar a segurança
 - Disponibilizar informação crítica para o processo de uma forma simples
 - Apresentar resultados obtidos
 - Organizar o trabalho
 - Melhorar a comunicação entre áreas
- Melhorar a comunicação entre as equipas e entre os elementos das equipas, com informação relevante para o elevado desempenho no posto de trabalho – **Kaizen Diário**.

A ferramenta Kaizen Diário envolve a criatividade das pessoas de todos os níveis da organização para melhorar o seu próprio trabalho, incrementando o espírito e a comunicação dentro da equipa.

O Kaizen Diário é uma metodologia para envolver as equipas na prática diária de rotinas como o:

- Acompanhamento do cumprimento de normas de trabalho e qualidade;
- Identificação de potenciais melhorias;
- Resolução de problemas;
- Acompanhamento de indicadores de desempenho pelas equipas locais,

À medida que essas práticas se tornam habituais, as melhorias de desempenho são sustentadas, criando um feedback positivo que promove o processo de mudança cultural.

Os benefícios do Kaizen Diário são:

- Alinhamento dos objectivos em toda a organização;
 - Melhor comunicação;
 - Criação de mecanismos de resolução rápida de problemas;
 - Criação e manutenção de normas pelas equipas locais;
 - Minimização do impacto de tarefas não planeadas;
 - Contribuição para a criação de uma cultura de Melhoria Contínua (13).
- Promover e incrementar o conhecimento e uniformização dos processos – **Standard Work**.

Standard Work é uma ferramenta Lean focada no movimento e no trabalho do operador. É de aplicação em processos repetitivos e é usada para eliminar desperdícios.

A ferramenta estabelece procedimentos e sequências precisas para a realização da actividade, a usar por todos os operadores no processo produtivo.

O Standard Work assegura a estabilidade básica do processo, garante eventuais melhorias e assegura a sua estabilidade ao longo do tempo.

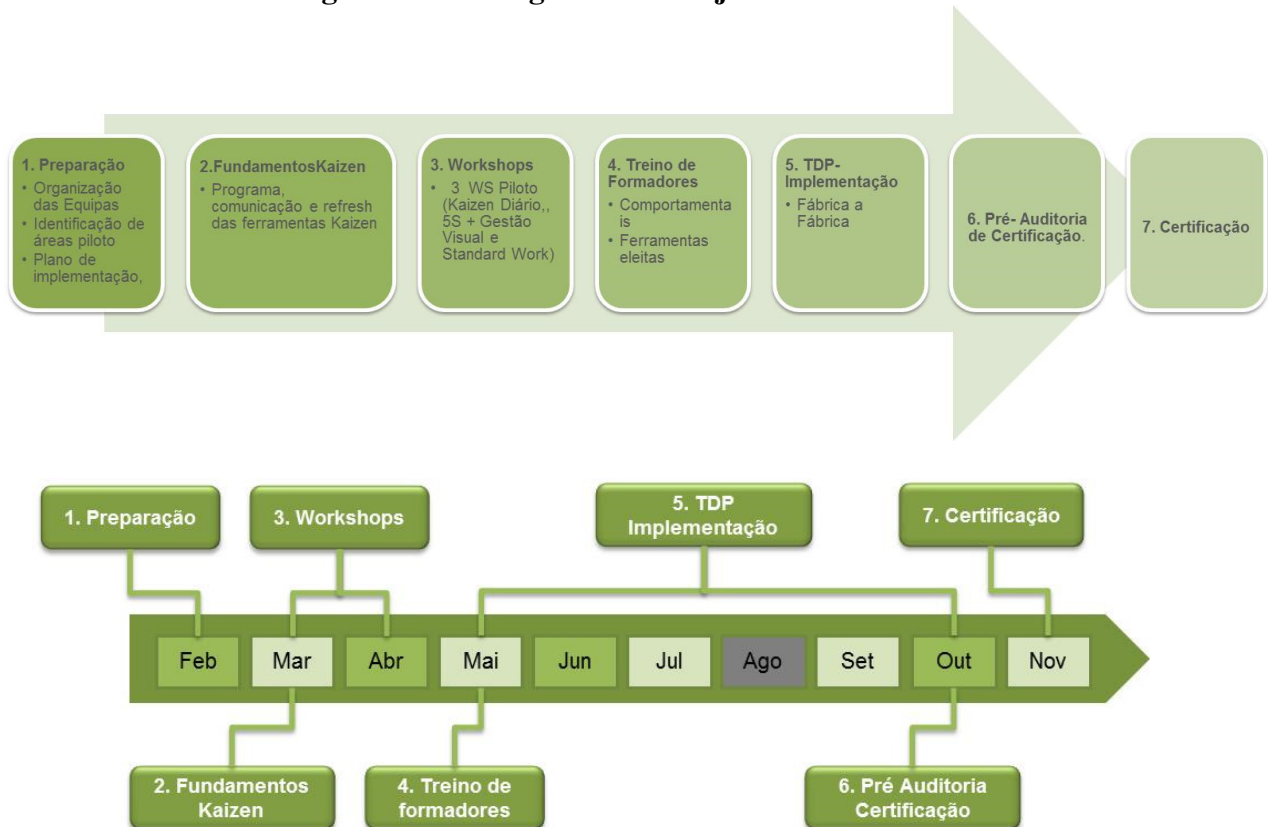
A sua aplicação implica:

- Identificação de um objectivo, com um indicador associado para sua monitorização;
- Estudo do trabalho, com base na realidade do momento;
- Estudo e teste de melhorias que possam melhorar a sequência das operações do trabalho de modo a que seja garantido o Takt time (ritmo de produção de acordo com a procura do mercado);
- Após identificadas e testadas as melhorias a efectuar, torna-se necessário normalizar as actividades redigindo uma norma;

- Treinar é a etapa última, necessária para garantir a estabilidade do processo ao longo do tempo.

Decididas quais as ferramentas a implementar passou-se para a estruturação e lançamento do programa, o qual apresentava para o ano de 2012 as seguintes etapas e o seguinte cronograma:

Figura 4 – Cronograma do Projecto Cork +



Fonte: Amorim & Irmãos

1. Preparação

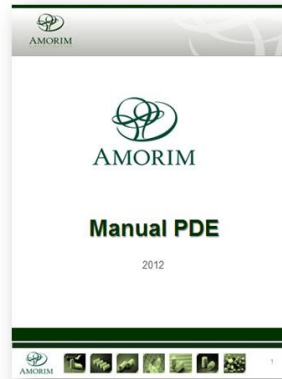
Durante esta fase foi efectuada a composição das equipas em cada uma das unidades, quais as unidades que iriam desenvolver os pilotos, assim como foi definido o plano de implementação para o 1º ano do projecto.

2. Fundamentos Kaizen

Esta foi fase de criação e desenvolvimento dos conteúdos temáticos a apresentar em cada uma das ferramentas, tais como materiais de formação, brochuras, mensagens de

divulgação, assim como foi efectuado um refreshing acerca de cada uma das ferramentas eleitas.

Figura 5 – Manual PDE



Fonte: Amorim & Irmãos

3. Workshops

Foram seleccionadas três equipas plurifuncionais e multisite, as quais em 3 unidades distintas desenvolveram e testaram as ferramentas e os conteúdos programáticos de cada uma das ferramentas, tais como quadro para Kaizen Diário, estrutura, lay-out e metodologia para o Standard Work, brochura de regras e metodologia para implementação de 5S e Gestão Visual.

Figura 6 – Workshop



Fonte: Amorim & Irmãos

4. Treino de formadores

Após a identificação de todos os facilitadores, com competência reconhecida para o desempenho da função foi dada formação detalhada sobre cada uma das ferramentas, tendo por apoio os materiais desenvolvidos nas etapas 2 e 3.

5. Implementação

A implementação foi efectuada em cada uma das fábricas, tendo começado pela formação em sala de todos os colaboradores, agrupados em equipas de trabalho identificadas com cada uma das áreas operacionais da unidade industrial (houve casos onde foram agrupadas mais do que uma área operacional).

A formação totalizou no mínimo 15 horas de formação para as três ferramentas, 5 das quais em sala e 10 no chão de fábrica.

A fase seguinte liderada pelos líderes de área e supervisionada pelos respectivos facilitadores consistiu na implementação no terreno das matérias apreendidas na formação.

Figura 7 – Actividades de Chão de Fábrica



Fonte: Amorim & Irmãos

6. Pré-auditoria de certificação

Esta pré-auditoria foi efectuada pela empresa que apoiou na primeira fase de programa, em conjunto com os colaboradores da unidade fabril e constitui-se como um momento de reflexão e análise do trabalho efectuado até aí, assim como avaliação da distância a percorrer para atingir o objectivo.

Permitiu também avaliar o posicionamento de cada uma das equipas, o grau de implementação e maturidade de cada uma das ferramentas.

No final da pré-auditoria foi possível a cada facilitador medir o grau de desenvolvimento da sua equipa e refazer o plano de implementação de modo a conseguir a certificação.

Esta auditoria foi efectuada de acordo com uma lista de verificação elaborada de modo a identificar o grau de implementação de cada ferramenta. A lista de verificação era pontuada permitindo assim identificar as equipas e as ferramentas com melhor ou pior performance.

7. Auditoria de certificação

Finalmente a certificação teve como objectivo garantir, que as várias unidades da Unidade de negócio alcançaram o nível de implementação das diferentes ferramentas de acordo com os objectivos estabelecidos previamente pela equipa de coordenação, mais especificamente em três áreas:

- Conhecimento de Melhoria Continua – pretendia-se que a linguagem da melhoria continua e da metodologia Kaizen fosse do conhecimento de todos.
- Aplicação das ferramentas Kaizen – pretendia-se que todos os colaboradores conhecessem as ferramentas seleccionadas e as aplicassem no chão de fábrica.
- Sistema de Melhoria Contínua – pretendia-se verificar se o sistema de melhoria contínua estava organizado de modo a garantir que a melhoria acontecia, todos os dias, em todas as áreas e com todas as pessoas.

De modo a incentivar as equipas e a motivar os colaboradores envolvidos no programa a Equipa de Coordenação decidiu criar os chamados Prémios Cork +.

Com periodicidade anual, transversais a toda a unidade de negócio estes prémios visam premiar, a unidade ou equipa que obtenha o/a melhor:

- Índice de Qualidade
- Transformação 5S e Gestão Visual
- Reunião Kaizen Diário
- Standard Work

A entrega de prémios é efectuada em cerimónia especialmente marcada para o efeito e que tem a presença da Gestão de Topo da Unidade de negócios.

3.4. Alguns indicadores do programa Cork +

3.4.1. 2012 – ano de arranque do projecto

Envolvimento das áreas de produção de 6 das 8 fábricas da Unidade de Negócios, finalizando com a certificação no final do ano de actividade.

Figura 8 – Indicadores Cork + - 2012



Fonte: Amorim & Irmãos

3.4.2 2013 – Novo ciclo do Programa Cork+

Figura 9 – Cork + - 2013 – Novos projectos



Fonte: Amorim & Irmãos

Alargamento do programa às restantes unidades industriais, com extensão também às áreas de laboratório e manutenção.

Este foi o ano em que o programa saiu das áreas fabris e alargou-se, às áreas de suporte administrativo, nomeadamente: Controlo de Gestão, Administrativo- Financeiro e Recursos Humanos, em todas estas áreas foram implementadas as três ferramentas atrás descritas.

Figura 10 – Indicadores Cork + 2013



Fonte: Amorim & Irmãos

Ao longo deste ano realizaram-se mais de 500 auditorias 5S, das quais saíram cerca de 3000 acções correctivas, as quais foram implementadas em mais de 70% pelas equipas naturais.

Ainda durante este período as equipas apresentaram e implementaram autonomamente cerca de 300 fichas de melhoria, as quais consistiram em melhorias ao nível das transformações 5S, alterações de lay-out, incremento de produtividade, eliminação de desperdícios e melhoria da qualidade do produto.

Conclusão:

Actualmente, mais do que em qualquer altura da nossa história, as empresas necessitam de ser competitivas, inovadoras e fornecer produtos com qualidade a preço adequado, de modo a satisfazer e se possível superar as expectativas dos seus consumidores.

Os programas de melhoria continua, que tem vindo a ser desenvolvidos desde a década de 80 do século passado são um conjunto de ferramentas poderoso para atingir esses objectivos.

No Japão do pós-guerra devido à conjectura, à cultura e à necessidade foram desenvolvidas um conjunto de ferramentas simples, intuitivas, de fácil aplicação que traziam a novidade de envolverem todos os colaboradores na obtenção dos objectivos traçados para a organização.

A metodologia Kaizen é hoje reconhecida como um dos mais poderosos programas de melhoria continua aplicado pelas organizações.

O envolvimento de todos os colaboradores na tomada de decisão e contribuição para obtenção dos objectivos da organização promove a sua motivação, a sua participação e o alargamento do espírito de equipa.

A metodologia Kaizen quando aplicada capazmente pode melhorar ou até transformar a cultura da empresa.

Foi com esse sentido que a Amorim & Irmãos unidade de negócios da Corticeira Amorim, empresa com mais de 100 anos de história e uma cultura bem vincada de compromisso, serviço e qualidade dos seus produtos, aderiu a esta metodologia.

Adequar uma cultura centenária, sem a adulterar, promovendo a melhoria contínua dos seus processos, produtos e serviços, envolvendo todos os seus colaboradores foi a razão de ser da criação do Programa de Desenvolvimento de Equipas – Cork +.

Mais de 800 colaboradores participando e contribuindo para o programa, mais de 9000 h de formação no último ano, mais de 3000 de acções correctivas decorrentes da realização de mais de 500 auditorias 5S distribuídas pelas 8 unidades de produção, são o resultado de um programa que com êxito pretende que as pequenas melhorias do dia-a-dia contribuam para o sucesso e crescimento global da empresa.

Referências Bibliografia:

- (1) Barnest, T. (1996) *Kaizen strategies for successful leadership*. Pitman Publishing, London.
- (2) Bessant, J.; Caffyn, S.; Gilbert, J.; Harding, R.; Webb, S. (1994) Rediscovering continuous improvement. *Technovation*, v.14, p.17-29.
- (3) Bessant, J., Caffyn, S.; Gallagher, M. (2001) An evolutionary model of continuous improvement behaviour. *Technovation*. v.21, n. 1, p. 67-77.
- (4) CAFFYN, S.; BESSANT, J. (1996) *A capability-based model for continuous improvement*. Proceedings of 3th International Conference of the EUROMA. London.
- (5) Caffyn, S. (1999) Development of a continuous improvement self-assessment tool. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 19, n.11, p. 1138 – 1153.
- (6) Imai, M. (1986) *Kaizen :The key to Japan's competitive success*. McGraw Hill. USA.
- (7) Imai, M. (1997) *Gemba Kaizen: a common sense, low-cost approach to management*. McGraw-Hill. New York.
- (8) Juran, J.M. (1995) *Managerial breakthrough*. McGrawHill. New York.
- (9) Marshall, I. e Cierco, A. A. e Rocha, A.V. e Mota, E. B. (2003) *Gestão e qualidade*. 2ª. Edição. Editora FGV. Rio de Janeiro.
- (10) Merlli, G. (1993) *EuroChallenge*. The TQM Approach to Capturing Global Markets. Information Press Ltd. Oxford, Inglaterra.
- (11) Slack, N. e Johnston, R. e Chambers, S. (2002) *Administração da Produção*, 2ª. ed. Atlas. São Paulo.
- (12) Womack, J. & Jones, D. (1991) *The machine that changed the world :The story of lean production*. Harper Collins. New York.
- (13) www.kaizen-institute.com/gemba.htm

Curriculum Vitae

Rui M.F. Dias, aluno do Doutoramento em Engenharia Industrial da FCT da UNL, com MBA em Gestão pela FEUC em 2009 e Licenciado em Química Industrial pela FCTUC em 1987.
 Director Industrial da Equipar – A&I desde 2009.
 Áreas de interesse: Gestão da Qualidade, Gestão de Operações, Segurança Alimentar, Lean, Six Sigma e Teoria das Restrições.

Rui M.F. Dias s PhD in Industrial Management student from FCT-UNL, with MBA in Management from FEUC in 2009 and degree in Chemical Industry from FCTUC in 1987.
 Industrial Manager in Equipar – A&I since 2009.
 Interests area are Quality Management, Operation Management, Food Safety, Lean, Six Sigma and Theory of Constrains.