

Produção *Lean* na Indústria de Pré-fabricados de Betão Armado

Aplicação e Avaliação de Resultados em Caso de Estudo

Por

Jean Brunel Deffense

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil, Perfil de Construção

Orientador: Professor Doutor Nuno Cachadinha

Júri

Presidente: Professor Doutor Válder Lúcio

Vogais: Professor Doutor Francisco Loforte Ribeiro

Professor Doutor Nuno Cachadinha

Lisboa

2010

Agradecimentos

Ao finalizar esta dissertação de mestrado, resta-me registar os meus sinceros agradecimentos a todos os indivíduos e entidades, que de várias formas contribuíram para a sua realização.

Ao Professor Doutor Nuno Cachadinha deixo um grande agradecimento pelo seu apoio, a sua disponibilidade, partilha de conhecimentos, estímulo, e a confiança que em mim depositou para elaborar este trabalho.

Aos Engenheiros Jacques Frederique, Gerard Paul, Bernard Baudouin, Cintia Yolanda, e Alexandre Edgar pelos seus trabalhos, debate de ideias, e auxílio na concretização deste trabalho.

Às empresas que disponibilizaram o seu tempo que possibilitou a realização do caso de estudo apresentado, com principal destaque aos seus directores que foram da maior importância, pois sem a sua disponibilidade não seria possível realizar este estudo.

Aos operários pela sua colaboração e tempo despendido nas entrevistas realizadas, a ajuda no estudo e compressão de todo o processo de fabrico, e disponibilidade e estímulo no estudo implementado.

Os meus colegas de trabalho, pela excelente relação pessoal que estabelecemos, espírito de camaradagem, e partilha de conhecimentos e experiências. Deixo um especial agradecimento aos meus colegas mais próximos durante o decorrer deste trabalho, o Alexandre Braz e a Alexandra Rueff, pela verdadeira cooperação e ajuda.

E por fim mas com grande importância o meu pai, Engenheiro Georges Deffense, coordenador da subcomissão F1 – Elementos nos quais os requisitos estruturais são dominantes da CT 121 – Produtos Pré-fabricados de Betão, pela sua compreensão, ajuda, e motivação na elaboração desta dissertação.

Resumo

Lean é uma filosofia de produção nascida após a segunda guerra mundial no sector automóvel com intuito de otimizar o sistema de produção. O conceito desta filosofia baseia-se na eliminação de desperdício. Actualmente é aplicada em diversas áreas obtendo-se resultados positivos, tais como: redução de custos, aumento da qualidade, redução de tempo de processamento e aumento de produtividade.

Esta dissertação aborda e aplica os princípios fundamentais de *Lean Thinking* e *Lean Production*, numa fábrica de elementos pré-fabricados de betão armado. Os objectivos são de reduzir os desperdícios da produção e aumentar a produtividade. Foram analisadas nove fábricas, das quais foi escolhida uma para elaborar um modelo de implementação com diversas propostas de alterações com base nos conceitos *Lean* e no estudo das diversas fábricas para melhorar produtividade. Neste modelo foi desenvolvido um *Black Belt Team*, para uma boa implementação e manutenção dos conceitos *Lean*. Foi também utilizado o Mapeamento do Fluxo de Valor, como auxílio na identificação dos desperdícios existentes e oportunidades de melhoria, ao qual depois foram aplicadas diversas ferramentas e metodologias *Lean* para solucionar os problemas identificados.

As principais conclusões deste estudo são que é possível uma melhoria significativa no sistema de produção de elementos pré-fabricados em betão armado aplicando a filosofia *Lean*. Melhorias na redução do tempo de produção, na redução dos desperdícios e no aumento da produtividade com técnicas de implementação simples e de baixo custo de intervenção.

Palavras-chave: Produção *Lean*, Mapeamento do Fluxo de Valor, *Black Belt Team*, Modelo de Implementação, Pré-fabricação.

Abstract

Lean is a production philosophy born after the Second World War within the automotive industry with a view to optimize its efficiency. The concept of this philosophy is based on eliminating waste. Lean is currently applied in many different areas resulting in positive effects such as cost reduction, quality increase, reduced lead-time and increase in productivity.

This thesis exposes and applies Lean Thinking and Lean Production principles in a factory that produces prefabricated reinforced concrete components. The objectives are to reduce waste production and increase productivity. Nine factories were analyzed, of which one was chosen where a model was developed and implemented. A number of changes were projected based on Lean concepts and the study of several similar factories to improve productivity. A Black Belt Team was created to improve the execution and continuance of the lean concepts. Value Stream Mapping was also used as an aid in the identification of existing waste and improvement opportunities to which various Lean tools were applied to solve the identified problems.

The main conclusions to this study are that it is possible to achieve a significant improvement in the production system of prefabricated reinforced concrete components using Lean philosophy. Improvements in the reduction of lead-time, reduction of waste and increase in productivity are achieved with simple and low cost techniques.

Keywords: Lean Production, Value Stream Mapping, Black Belt Team, Implementation Model, Prefabrication.

Simbologia e Notações

BBT - *Black Belt Team*

FIFO - *First In-First Out*

JIT - *Just-In-Time*

MFV - Mapeamento do Fluxo de Valor

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

TQM - *Total Quality Management*

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	2
1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO DO TRABALHO	3
1.3 OBJECTIVOS	3
1.4 PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO	4
2 ESTADO DO CONHECIMENTO	7
2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DE <i>LEAN</i>	8
2.2 CONCEITOS E PRINCÍPIOS <i>LEAN</i>	9
2.2.1 <i>Princípios de Pensamento e Produção Lean</i>	10
2.2.2 <i>Processo Lean</i>	17
2.2.3 <i>Muda (Desperdício)</i>	18
2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO <i>LEAN</i>	22
2.3.1 <i>Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)</i>	22
2.3.2 <i>Black Belt Team (BBT)</i>	24
2.3.3 <i>Brainstorming</i>	25
2.3.4 <i>Produção Celular</i>	26
2.3.5 <i>5S</i>	27
2.3.6 <i>Just-In-Time (JIT)</i>	29
2.3.7 <i>Kanban</i>	30
2.3.8 <i>Heijunka</i>	30
2.3.9 <i>Kaizen</i>	30
2.3.10 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	31
2.3.11 <i>Total Quality Management (TQM)</i>	31
2.3.12 <i>First in – First out (FIFO)</i>	32

2.4	BENEFÍCIOS E BARREIRAS NA IMPLEMENTAÇÃO DOS CONCEITOS <i>LEAN</i>	32
2.5	PRODUÇÃO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS EM BETÃO ARMADO	34
2.5.1	<i>Tecnologias de Produção de Pré-Fabricados</i>	35
3	METODOLOGIA DE RECOLHA E ANÁLISE DE DADOS E DESENVOLVIMENTO DO MODELO	37
3.1	AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO	37
3.1.1	<i>Observação Directa</i>	37
3.1.2	<i>Entrevistas</i>	38
3.1.3	<i>Análise Documental</i>	39
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS FÁBRICAS A NÍVEL DE PRODUTOS.....	40
3.3	ELABORAÇÃO DO MODELO	40
3.4	OBJECTIVOS DO MODELO	42
3.5	MAPEAMENTO DO ESTADO ACTUAL	43
3.6	DESENVOLVIMENTO DAS PROPOSTAS DE ALTERAÇÃO E MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO.....	44
3.6.1	<i>Propostas para Implementação</i>	45
3.6.2	<i>Mapeamento</i>	58
3.7	IMPLEMENTAÇÃO E CONTROLO	59
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	67
4.1	AVALIAÇÃO DE FORMA ISOLADA.....	68
4.2	AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES EM CONJUNTO	79
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
5	CONCLUSÕES	85
6	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	89
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	ANEXOS	97
I	RELATÓRIO ELABORADO PELO RESPONSÁVEL DO SISTEMA DE GESTÃO DA SAÚDE E SEGURANÇA DA FÁBRICA.	99
II	ÍCONES UTILIZADOS NO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	101
III	MAPEAMENTO DO ESTADO ACTUAL DO PROCESSO	103

Índice de Figuras

FIGURA 1 – PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO	5
FIGURA 2 – CICLO DOS PRINCÍPIOS <i>LEAN</i>	12
FIGURA 3 – SETE PRINCÍPIOS DE <i>LEAN THINKING</i>	13
FIGURA 4 – PROCESSO DE MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	23
FIGURA 5 – GUIÃO DE GESTÃO DO <i>BLACK BELT TEAM</i>	25
FIGURA 6 – BENEFÍCIOS DA PRODUÇÃO CELULAR	27
FIGURA 7 – METODOLOGIA 5S	28
FIGURA 8 – CICLO <i>KAIZEN</i>	31
FIGURA 9 – BENEFÍCIOS COMUNS DA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS <i>LEAN</i>	33
FIGURA 10 – PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO	41
FIGURA 11 – PROCEDIMENTO DAS ALTERAÇÕES PROPOSTAS	45
FIGURA 12 – AÇO NAS EXISTÊNCIAS	46
FIGURA 13 – TRANSPORTE DO AÇO	48
FIGURA 14 – TRANSPORTE DOS AGREGADOS	50
FIGURA 15 – BETONAGEM DOS MOLDES COM MONTA-CARGAS	53
FIGURA 16 – LOCAL DE TRABALHO DESORGANIZADO	56
FIGURA 17 – LOCAL DE TRABALHO ORGANIZADO SEGUNDO CRITÉRIOS 5S	57
FIGURA 18 – SISTEMA <i>KANBAN</i> NAS EXISTÊNCIAS DO AÇO	60
FIGURA 19 – ESTRADOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE MOLDAGEM	63
FIGURA 20 – MESA DE PREPARAÇÃO DO AÇO DESORGANIZADA	65
FIGURA 21 – MESA DE PREPARAÇÃO DO AÇO ORGANIZADA (5S)	66
FIGURA 22 – REDUÇÃO DE RECURSOS COM A APLICAÇÃO DE <i>KANBAN</i> (AÇO)	69
FIGURA 23 – QUALIDADE DA AÇO NAS EXISTÊNCIAS	70
FIGURA 24 – NÚMERO DE ELEMENTOS PRODUZIDOS COM TROCA DE EQUIPAMENTOS	72
FIGURA 25 – EXEMPLOS DE SECÇÕES	74
FIGURA 26 – AUMENTOS RESULTANTES DAS ALTERAÇÕES À ÁREA DE TRABALHO	76
FIGURA 27 – NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS OPERÁRIOS INICIAL	77
FIGURA 28 – NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS OPERÁRIOS DEPOIS DAS ALTERAÇÕES	78
FIGURA 29 – AUMENTO NO NÚMERO DE UNIDADES PRODUZIDAS	80
FIGURA 30 – VARIAÇÃO NO NÚMERO DE UNIDADES PRODUZIDAS	81
FIGURA 31 – NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS OPERÁRIOS FINAL	82
FIGURA 32 – MÉDIA DO NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS OPERÁRIOS	83

Índice de Tabelas

TABELA 1 – SOBREPDUÇÃO	19
TABELA 2 – TRANSPORTE	19
TABELA 3 – EXCESSO DE MOVIMENTO.....	20
TABELA 4 – ESPERA.....	20
TABELA 5 – PROCESSAMENTO INAPROPRIADO	21
TABELA 6 – EXCESSO DE STOCK.....	21
TABELA 7 – DEFEITOS	22
TABELA 8 – PRODUÇÃO NIVELADA, <i>HEIJUNKA</i>	30
TABELA 9 – MAPEAMENTO DO ESTADO PRESENTE DE ACTIVIDADES NO PROCESSO	44
TABELA 10 – MAPEAMENTO DO ESTADO FUTURO DE ACTIVIDADES NO PROCESSO	59
TABELA 11 – VALORES ATRIBUÍDOS ÀS VARIÁVEIS DO NÍVEL DE SATISFAÇÃO.....	77

1 Introdução

Produtos pré-fabricados são uma forma de construção utilizada desde da época romana, onde eram aplicados nas mais variadas construções, como por exemplo em estradas e aquedutos.

No âmbito desta dissertação os produtos estudados são elementos pré-fabricados de betão armado. O ciclo de produção destes elementos começa pela armadura, que é fabricada e colocada num molde reutilizável. Após a colocação da armadura o molde é preenchido com betão previamente preparado fazendo com que o elemento ganhe a sua forma final. De seguida, este é retirado do molde e curado durante algum tempo num ambiente controlado e no final deste processo ficará pronto para ser utilizado.

Ao produzir elementos pré-fabricados de betão em ambientes controlados, o betão tem oportunidade de cura em circunstâncias consideradas “ideais” e obter assim a máxima qualidade que o produto poderá oferecer. Obter qualidade não é o único aspecto a alcançar, a velocidade de entrega do produto ao consumidor é também uma grande preocupação do produtor.

Objectivamente, pretende-se alcançar a melhor qualidade, entregue de forma rápida e a baixo custo. Com estas características as vantagens da utilização de pré-fabricados na construção são positivas pois é possível completar o processo de forma mais rápida, com melhor qualidade e a um preço competitivo. Apoiado em estudos de Chen *et al.* (2010) e Albarran (2008), as construções convencionais e as soluções *in-situ* têm sido alvo de críticas durante muito tempo, uma vez que apresentam baixa produtividade, fraco histórico de segurança e grandes quantidades de desperdício. A pré-fabricação pode então oferecer vantagens significativas, tais como, redução global dos custos, diminuição no tempo de construção, melhorias na qualidade, reforço na segurança e saúde, menos desperdícios em obra, redução nas emissões poluentes e optimização nos consumos de energia e água. Contudo, grande parte destas vantagens depende da padronização e da boa organização dos trabalhos.

1.1 Justificação e motivação

O mercado de elementos pré-fabricados é cada vez mais requisitado pelo mundo da construção. Este elevado acréscimo da procura exige um aperfeiçoamento por parte das empresas produtoras de modo a satisfazer esse aumento.

Como exemplo de inovação no mundo dos elementos pré-fabricados de betão destaca-se o estudo realizado por Carlos Chastre Rodrigues e Válder Lúcio, doutorados em Engenharia Civil e professores da Universidade Nova de Lisboa, que desenvolveram uma nova solução para torres eólicas e postes de grande dimensão com a utilização de elementos pré-fabricados de betão armado para a sua construção. Esta ideia surgiu em resposta da necessidade do mercado, fornecendo assim um sistema mais fácil de transportar e mais económica. Pois quanto mais altas, mais eficientes são as torres eólicas. Este estudo encontra-se num artigo do jornal Diário Económico de Novembro de 2009.

Lean Production teve a sua origem na produção desenvolvida por Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno para a Toyota, baseando-se em Henry Ford e na sua produção de automóveis. A essência desta ideia foi deixar de se focar em partes individuais da produção e visualizar a linha de produção como um todo, de forma a assegurar o fluxo dos processos, com a possibilidade de entregar variedade de produtos ao consumidor.

O termo desta prática de produção *Lean*, foi proposto pela equipa de James P. Womack e descrito no livro “The Machine That Changed The World” (Womack *et al.*, 1990) que tem sucintamente como principal objectivo aplicar menos para produzir mais. *Lean* é uma forma de pensar dinâmica, frequentemente confundida com um programa ou ferramenta complexa de restrita utilização.

Apesar de ter encontrado nas suas fases iniciais cepticismo num mercado altamente tradicionalista, *Lean* pode ser aplicado a todo o tipo de trabalhos e processos independentemente das suas características (Melton, 2005). Este conceito é cada vez mais a base de artigos e estudos que demonstram as suas

potencialidades de optimização e encontra-se aplicado a um grande leque de diferentes processos e trabalhos, como por exemplo, em laboratórios de histologia (Buesa, 2009), no mundo da saúde (Waring e Bishop, 2010) e no campo da construção (Ballard e Howell 2003).

1.2 Campo de Aplicação do Trabalho

Neste trabalho de investigação, o campo de aplicação é o processo de produção de elementos pré-fabricados de betão armado. Focando-se na gestão de materiais, fluxo nos processos, substituição de equipamentos, ambiente de trabalho e disposição da fábrica.

Apesar de o modelo elaborado ser focado numa fábrica, este pretende ter uma aplicação a todos os sistemas de produção neste ramo industrial. Embora nem sempre as mesmas regras tenham o mesmo resultado. Conforme as situações existentes é preciso saber escolher quais as que melhor se adaptam (Dawood, 1995).

O princípio é sempre igual, ou seja, obter uma visualização geral de toda a cadeia de valor com o objectivo de eliminar desperdício e encontrar pontos de melhoria. Para isso, é no entanto necessário conhecer e compreender os conceitos da filosofia *Lean* para a sua correcta adaptação do modelo ao sector a que se pretende aplicar (Gonçalves, 2009).

1.3 Objectivos

A presente dissertação de mestrado tem como objectivo contribuir para a definição de um modelo de aplicação dos conceitos *Lean* à produção de pré-fabricados de betão armado. Pretende-se aumentar a eficiência, eliminando-se os desperdícios, aumentando o fluxo e reduzindo os tempos de produção.

Como mencionado anteriormente, a pré-fabricação é cada vez mais requisitada, forçando a necessidade de se tornar as empresas cada vez mais dinâmicas.

Nos tempos que correm, eliminar desperdício é uma das maiores preocupações e a aplicação de *Lean Thinking* tem neste momento a oportunidade de dar um contributo importante para o desenvolvimento e progresso da Humanidade. Este conceito é algo recente na sua aplicação em Portugal e será da maior importância verificar as vantagens previstas nesta metodologia.

O estudo em causa será feito de forma a verificar o estado presente de uma empresa “não *Lean*” e descrever o funcionamento actual. Objectivamente de estudar as técnicas e os costumes na sua produção e aplicar métodos e ferramentas com princípios *Lean* de forma a avaliar os benefícios, as limitações e a proporcionar um constante melhoramento na sua produção.

1.4 Programa de Desenvolvimento da Investigação

Esta investigação transpõe uma análise teórica da filosofia *Lean* para uma aplicação prática. Foi para isso necessário executar um estudo exaustivo do tema, de modo a obter um bom enquadramento teórico.

Em paralelo com o estudo do tema *Lean* foi necessário pesquisar e obter empresas no sector de pré-fabricados de betão armado que autorizasse o seu estudo e uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos da filosofia *Lean*.

Foi analisado o funcionamento actual do processo de produção destas empresas, através da visualização directa, realização de entrevistas e análise documental.

Com os conhecimentos adquiridos sobre o tema e o âmbito da sua aplicação, foi seleccionada um processo de produção. Foi desenvolvido e proposto um modelo de aplicação dos princípios *Lean*.

Com a proposta aceite, foi feita a implementação em fábrica. A proposta e monitorização, foi realizada com a ajuda de uma equipa desenvolvida por diversos intervenientes do processo. Esta equipa designa-se por *Black Belt Team* (BBT).

Com a conclusão da implementação, foi realizada a análise e avaliação dos resultados.

Pode observar-se o processo do programa de desenvolvimento da investigação na Figura 1.

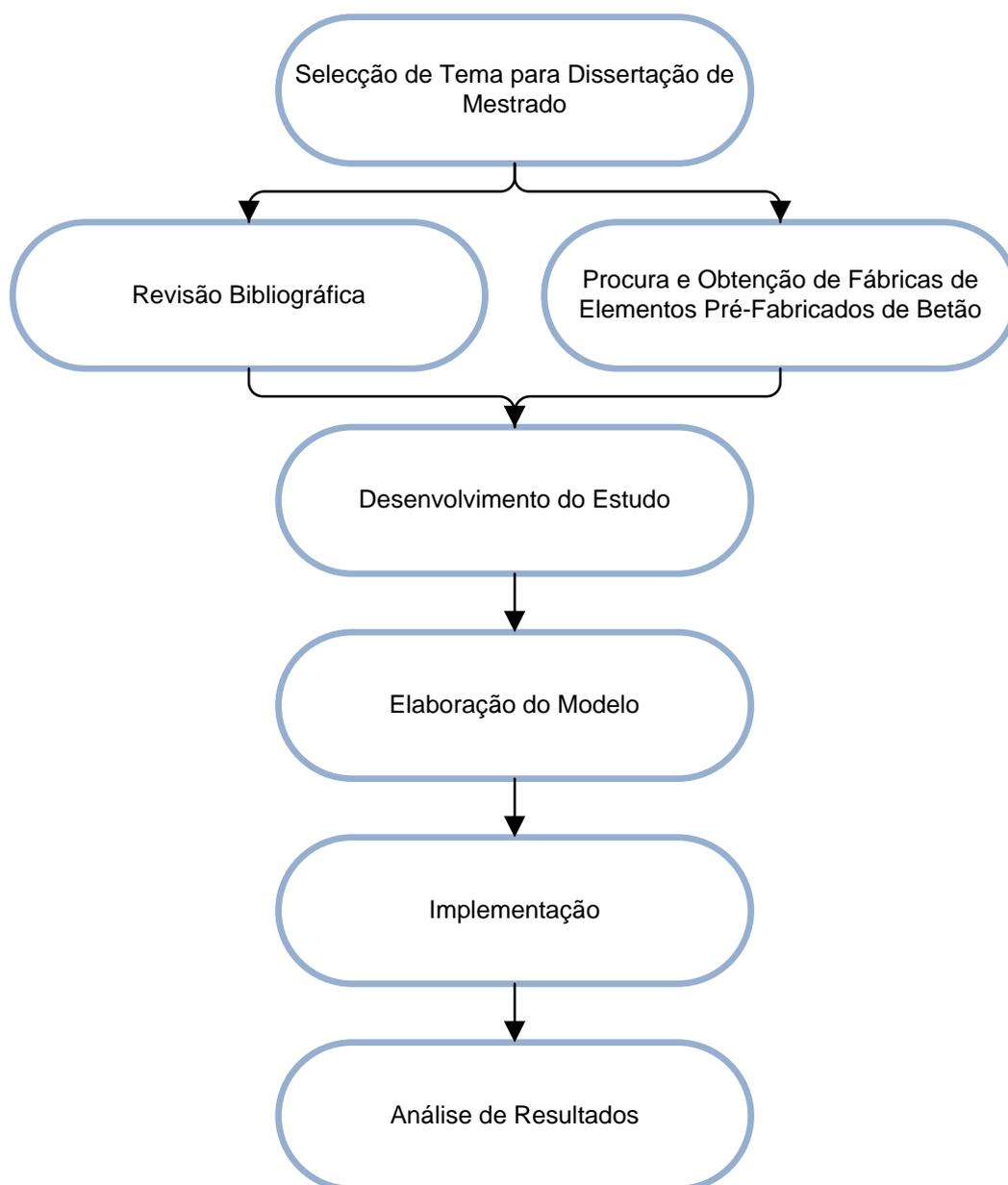


Figura 1 – Programa de Desenvolvimento da Investigação

2 Estado do Conhecimento

Foi efectuada uma revisão bibliográfica com uma pesquisa em diversos temas que rodeiam o conceito *Lean*. A informação foi recolhida de artigos científicos e publicações da *ISI Web of Knowledge*, sobretudo nos temas *Lean Thinking* e *Lean Production*, e em diversos livros sobre os princípios e conceitos *Lean*.

O estudo dos conceitos *Lean* e o seu desenvolvimento histórico permitiu criar uma base sólida sobre os seus princípios, permitindo de seguida aprofundar na análise de metodologias e ferramentas para desenvolver o modelo de implementação.

Lean Thinking tem uma tradução directa para português de “Pensamento Enxuto”. Com isto pretende-se reduzir a área de trabalho, tempo, custo e todo o tipo de elementos que possam ser necessários num processo de forma a torná-lo mais eficiente. Resumidamente, a ideia base da filosofia *Lean* é maximizar o valor para o consumidor minimizando o desperdício e os recursos necessários (Womack, 2008).

Segundo Warnecke e Hüser (1995), produção *Lean* é uma abordagem intelectual que consiste num conjunto de métodos e medidas, que têm o potencial de acarretar um estado *Lean* e, portanto de tornar uma empresa mais competitiva. Por empresa *Lean* entende-se uma empresa que utiliza na totalidade dos seus processos acções de princípios *Lean*. A ideia central é tornar todas as actividades realizadas o mais *Lean* possível (Kosonen e Buhani, 1995).

O termo *Lean* provém da equipa de investigação dirigida por James P. Womack para descrever a ideologia utilizada no processo de produção implementado na Toyota, empresa pioneira na aplicação deste conceito.

2.1 Origem e evolução de *Lean*

Os conceitos *Lean* são utilizados desde a época romana com a padronização dos processos de construção. O início do pensamento na integração do processo de produção em massa, que se focava nas necessidades do consumidor, deve-se a Henry Ford. Tendo em conta que nessa época a mobilidade não era algo acessível a todos, Henry Ford pretendia resolver esta situação oferecendo ao mercado um produto fiável, a baixo custo e com uma entrega ao cliente bastante rápida. Com isto foi criado o Ford Model T, um carro produzido num único modelo. A linha de produção era simples e eficiente, sem qualquer possibilidade de produzir variedade. No entanto, este processo fornecia o produto final a uma grande velocidade e a baixo custo, algo que não podia ser ignorado.

Após a Segunda Guerra Mundial a equipa da Toyota, liderada por Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno, olhando para o estado de desenvolvimento do mundo e para as necessidades do mercado percebeu que, com algumas modificações na ideia original de Henry Ford, podia oferecer variedade e qualidade a um preço competitivo com boa velocidade de entrega, nascendo assim a *Toyota Production System* (TPS). A essência desta ideia foi deixar de se focar em cada etapa individual da produção e visualizar a linha de produção como um todo, de forma a assegurar o fluxo dos processos e a otimizar a produção.

Outra preocupação era reduzir o processamento inapropriado, como reparações ou reprocessamentos causados por defeitos de produção ou excesso de *stock* (Hicks, 2007). Os conceitos da TPS giram sempre em volta da eliminação de “*Muda*” (Desperdício em Japonês).

Uma base importante na otimização procurada pela Toyota foi a formação de trabalhadores de forma a que estes fossem versáteis no seu conhecimento e habilidade e assim terem capacidade de trabalhar com varias máquinas e operar em várias áreas na linha de produção. A formação e versatilidade dos operários é essencial na criação de uma equipa flexível no trabalho desenvolvido e

capazes de se substituírem ou auxiliar, qualquer que seja a tarefa (Kosonen e Buharist, 1995).

O processo *Lean* foi pensado e descrito com a publicação do livro “The Machine That Changed the World” (1990) por James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones. Aborda o tema *Lean Production*, desenvolvida com base no sistema de produção da Toyota.

Um caso de estudo descrito por Melton (2005) teve como objectivo demonstrar os benefícios verificados na implementação da produção *Lean*. Após uma breve avaliação da situação em causa concluiu-se o seguinte:

O processo demorava 10 semanas até à entrega do produto final e era composto por 34 etapas das quais apenas 25% criavam valor para o produto, sendo que 75% eram desperdício.

Com a implementação dos princípios *Lean* verificaram-se algumas alterações no processo em causa. De modo geral, os benefícios para a empresa em estudo resultaram numa redução de aproximadamente 50% no tempo de produção, 25% de aumento na precisão das encomendas quanto à entrega e à qualidade e 30% de redução no *stock*.

A essência *Lean* é utilizar apenas metade dos recursos quando comparado com os sistemas tradicionais de produção (Warnecke e Hüser, 1995). Na mesma linha de pensamento, Womack *et al.* (2007) defendem que, utilizando metade do esforço dos operários, metade do espaço, metade do investimento e metade do *stock*, resulta em muito menos defeitos e maior variedade de produtos.

2.2 Conceitos e princípios *Lean*

Segundo Doolen e Hacker (2005), as estratégias de fabricação devem ser multifacetadas, e *Lean* revela igualmente esta vertente de variedade. A conceptualização de que *Lean* é multifacetado é suportada por um leque de

estudos que definem diferentes pontos-chave na aplicação desta ideologia, tais como Womack *et al.* (1990), Cochran *et al.* (2000) e Detty e Yingling (2000).

2.2.1 Princípios de Pensamento e Produção *Lean*

O livro publicado em 1990 “The Machine That Changed the World” por James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones, enuncia que a filosofia *Lean* pode ser aplicada por qualquer empresa, em qualquer circunstância, e que terá uma eficácia máxima quando aplicada a todos os elementos da empresa. Este define que a produção *Lean* é composto por três elementos chave:

- **Propósito:** Especificar e fornecer valor para o consumidor. O objectivo da empresa produtora deve ser resolver os problemas do consumidor.
- **Processo:** Deve ser uma sequência de etapas na forma correcta, na ordem certa e na altura indicada. O processo deve ter “*Design*”, “*Delivery*” e “*Support*” (Womack, 2008)
- **Pessoas:** Todas as pessoas que estão ligadas ao processo, desde da administração, ao empregado, incluindo o consumidor, devem trabalhar em conjunto para chegarem ao que é realmente importante

Embora muito semelhantes, Warnecke e Hüser (1995) identificam quatro aspectos individuais de produção *Lean*, que são:

- Desenvolvimento do produto.
- Cadeia de fornecimento.
- Gestão.
- Serviço pós venda.

“*Lean Thinking*” (1996), por James P. Womack e Daniel T. Jones, o livro sucessor do “*The Machine That Changed the World*” sobre os conceitos *Lean*, descreve que se deve implementar *Lean* para otimizar o processo de produção e este deve ser aplicado de forma a que todas as etapas sejam etapas *Lean*. O livro descreve os conceitos e princípios de pensamento *Lean* e especifica-os em cinco categorias distintas:

- **Especificar Valor** - Primeiro passo para a aplicação dos conceitos *Lean*. Entregar ao consumidor um produto específico que vai ao encontro das suas necessidades. As empresas por vezes negligenciam o que o consumidor precisa e, em vez de produzirem um produto que preenche as suas necessidades, estas convencem-no a consumir o que é produzido. O importante é dar ao consumidor o que realmente precisa, pois fornecer da melhor maneira o produto errado é um desperdício (Womack, 2008).
- **Identificar a Cadeia de Valor** – Conjunto de actividades específicas solicitadas para produzir determinado produto. A análise da cadeia de valor deve ser feita de uma forma global, abrangendo todos os seus elementos (Womack e Jones, 1996). Isto permite observar que muitas etapas criam valor de forma ambígua e outras não incorporam valor ao produto, sendo algumas destas inevitáveis com os meios usados para produção e outras facilmente evitáveis. Deve procurar-se eliminar do processo as etapas que não agregam valor ao produto.
- **Criar Fluxo** – As etapas devem estar interligadas e criar fluxo entre si para se conseguir um movimento contínuo do produto. Para se ser um fabricante *Lean* é necessário um processamento que se foque em produzir um produto com continuidade pelos processos sem que haja interrupções (Scherrer-Rathje *et al.*, 2009). Com um bom fluxo entre etapas aumenta-se a velocidade de produção e quanto maior esta for, mais perto se está da entrega ao consumidor. E assim deixar de produzir por previsão de encomendas e produzir-se após encomenda.

- **Estabelecer Produção “Pull”** – O princípio desta produção define que os produtores só devem desenvolver e fornecer o que o consumidor deseja e apenas quando o deseja (Hicks 2007). Produzir unicamente quando é efectuado o pedido pela etapa seguinte, ao contrário da produção “empurrada” que resulta em *stocks*. Na visão global do processo, este sistema proporciona uma produção após encomenda.
- **Procurar a Perfeição** – Após especificar valor para o cliente, identificar a cadeia de valor, eliminar as etapas desnecessárias, estabelecer fluxo entre as etapas e criar o sistema de “puxar” na produção, com a obtenção de melhorias estimula-se o desejo de melhoria contínua e a procura da perfeição. Os princípios referidos interagem entre si num ciclo, pois repetimos os processos anteriores continuamente até se conseguir atingir o estado de perfeição. Estado que nunca se atinge mas que se procura sempre alcançar. Processo cíclico exemplificado na Figura 2.

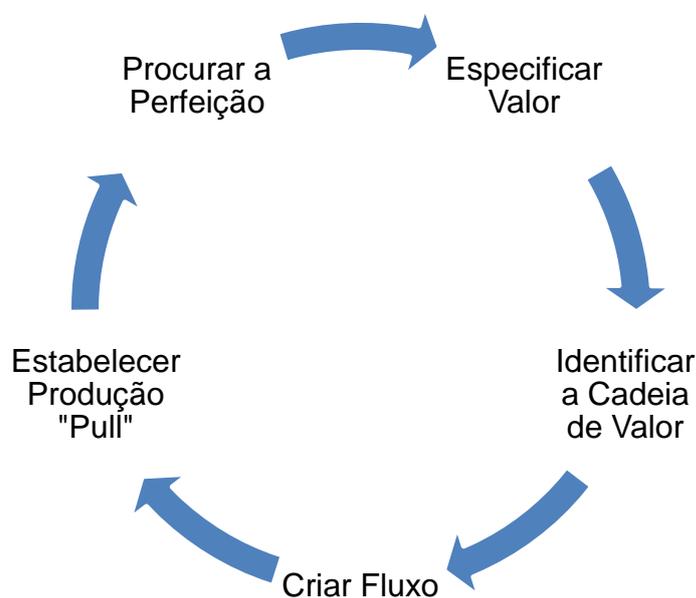


Figura 2 – Ciclo dos Princípios *Lean*

No entanto, João Pinto da Comunidade *Lean Thinking* (2008) apresenta algumas lacunas nos cinco princípios da filosofia *Lean Thinking* estipulados por Womack e Jones (1996). Este considera apenas a cadeia de valor do cliente quando de facto há várias cadeias de valor, pelo que transforma o desafio na criação de vários valores em vez de um só. Outra limitação é que estes tendem a levar organizações a entrar em ciclos intermináveis de redução de desperdícios, ignorando a criação de valor através da inovação de produtos, serviços e processos. Então aos cinco princípios previamente estipulados, juntam-se dois novos princípios: Conhecer o *Stakeholder* e Inovar Sempre. Pode-se observar na Figura 3 os sete princípios de *Lean Thinking* segundo Pinto (2008).

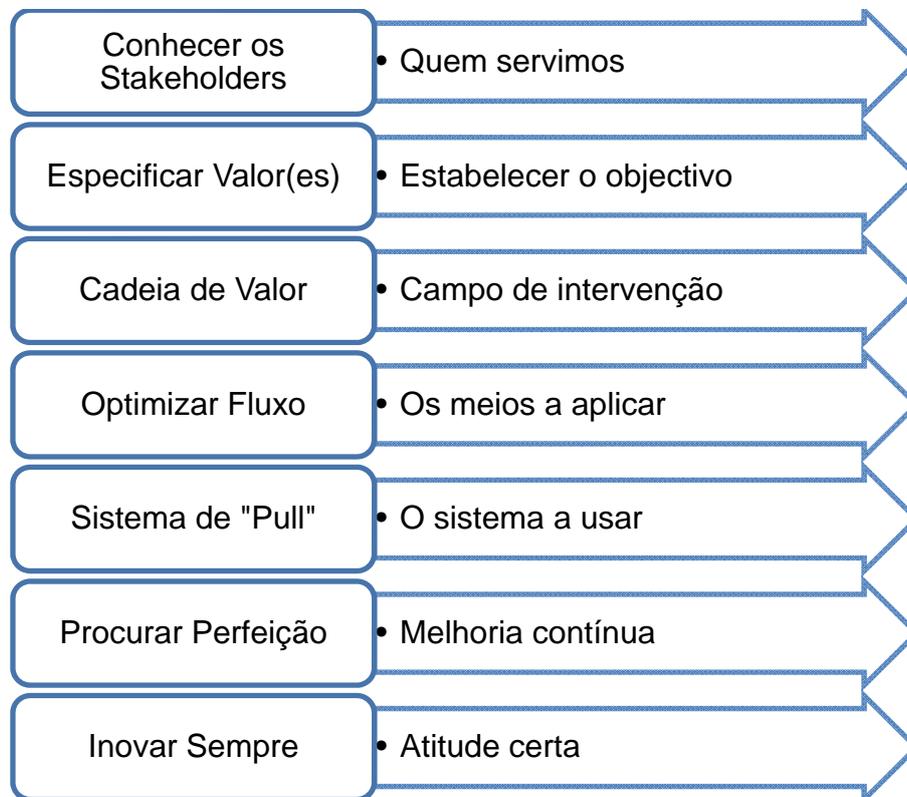


Figura 3 – Sete Princípios de *Lean Thinking*

Segundo Liker (2003), um dos focos mais importantes na filosofia *Lean* é de que o processo é visto como um todo, de forma a ser examinada e testada para trazer aperfeiçoamento. Este autor apresenta e descreve o pensamento *Lean* em 14 princípios, organizados em 4 categorias a que chama *The Toyota Way*:

Categoria I – Filosofia Longo Prazo

1. Fundamentar decisões de gestão numa filosofia a longo prazo, mesmo que à custa de objectivos financeiros de curto prazo.

Ou seja, as pessoas precisam de uma razão para encontrar motivação e estabelecer objectivos.

Categoria II – O Processo Certo Produz Os Resultados Certos

2. Criar fluxo de processo contínuo de forma a fazer realçar os problemas.

Neste princípio, os processos são redesenhados de forma a eliminar desperdício, através da melhoria contínua.

3. Utilizar produção “Pull” de modo a evitar sobreprodução.

Neste método um processo alerta a sua actividade antecessora de que mais materiais ou produtos são necessários.

4. Nivelar a carga de trabalho.

Ajuda a minimizar desperdício, não sobrecarregar pessoas ou equipamento e conseguir uma produção constante.

5. Construir uma cultura de paragens para resolução de problemas de forma a conseguir produto de qualidade à primeira.

Na TPS qualquer operário tem a autoridade para parar o processo para sinalizar algum erro de produção.

6. Criar tarefas padronizadas.

A transformação de tarefas em tarefas padronizadas permite uma melhoria contínua, e contribui para o aumento do poder de decisão por parte dos funcionários

7. Utilizar controlo visual para que não haja problemas escondidos.

A utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma boa contribuição no auxílio da visualização do processo na procura de pontos de melhoria.

8. Utilizar tecnologia fiável, que sirva as pessoas e os processos.

Tecnologia deve ser “Pull” pela produção, e não “Empurrada” para a produção.

Categoria III – Acrescentar Valor à Organização por Formação de Pessoal

9. Desenvolver líderes que compreendam profundamente o trabalho, que vivam a filosofia e ensinem os outros.

Se não existir uma constante atenção, os princípios *Lean* desaparecem. Os princípios têm que ser bem integrados, e devem estar sempre presentes no pensamento dos trabalhadores. Os funcionários devem ser formados e procurar manter uma organização *Lean*.

10. Desenvolver pessoas e equipas que compreendam e sigam a filosofia da organização.

Estas equipas devem ser constituídas por 4-5 pessoas e o sucesso deve ser baseado na produtividade da equipa e não no do indivíduo.

11. Respeitar a rede de parceiros e fornecedores da organização, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

Lean Thinking é uma filosofia que se estende a toda a rede externa ligada à organização (Scherrer-Rathje *et al.*, 2009).

Categoria IV – Resolver Problemas Continuamente Proporciona Aprendizagem

12. Visualizar pessoalmente o processo para melhor compreender a situação.

Sem presenciar o processo em primeira mão não é possível entender como esta pode ser melhorada.

13. Tomar decisões pensadas e consensuais, considerando minuciosamente todas as opções, e então implementar essas decisões rapidamente.

As decisões não devem ser tomadas sem que antes sejam bem estudadas, mas uma vez tomadas, a sua implementação deve ser imediata, pois a espera é um desperdício.

14. Tornar a aprendizagem intrínseca à organização, através da reflexão persistente e melhoria contínua.

O processo de transformação de aprendizagem numa organização envolve criticar todos os aspectos que são realizados, de forma a evoluir com os próprios erros.

2.2.2 Processo *Lean*

Um processo é uma sequência de acções e segundo Womack (2008) para se conseguir com que o processo seja *Lean*, cada etapa deve respeitar os seguintes critérios:

- **Valor** – Produção *Lean* foca-se na eliminação de desperdício e produzir de acordo com as exigências do consumidor (Sullivan *et al.*, 2002). Todas as etapas devem produzir valor para o consumidor e as etapas que não produzem valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo, no caso de etapas fundamentais no processo devido aos meios de processamento existente.
- **Capacidade** – Cada etapa deve ser sempre capaz de produzir um bom resultado. Caso contrário é necessário repetir a etapa ou fazer reparações até que se consiga obter um bom resultado. Este reprocessamento origina enormes desperdícios de tempo e de mão-de-obra, aumentando o custo final do produto sem que se produza valor para o consumidor.
- **Disponibilidade** – Todos os passos de um processo devem estar sempre disponíveis e prontos quando se iniciar a sua actividade. Qualquer actividade deve estar sempre funcional e apta para desencadear o processo ao qual foi designada.
- **Adequado** – Todos os elementos da linha de produção devem estar adequados à capacidade necessária. Normalmente em todos os processos existe uma etapa que se designa por “*bottleneck*”. Isto é a designação para a etapa de menor capacidade ou velocidade que vai definir o tempo do processo. Todos concentram a sua atenção neste “*bottleneck*”, o que é positivo, mas deixam de parte as outras etapas que devido a este ponto na linha de produção tem excesso de capacidade.

- **Flexibilidade** – O consumidor necessita de variedade. O sistema de produção deve poder fornecer variedade de produto sem que haja penalização no tempo e custos de produção. A flexibilidade deve estar presente em todos os aspectos da produção, quer estes sejam as matérias-primas, processos de produção, equipamentos utilizados ou até mesmo o trabalho realizado pelos operários. É constatada por Kosonen e Buhanist (1995) a importância de ter uma equipa de operários capazes de boa flexibilidade para realizar diversos trabalhos e desta forma conseguir uma boa aplicação *Lean*.

Para compreender como se desencadeia a produção estudada e se esta respeita os critérios estipulados para que o processo seja um processo *Lean*, Womack (2008) define um processo de verificação onde acompanha a sequência de eventos do processo, “*Walking through the process*”. Com este processo de estudo, é possível compreender o processo de produção, identificar os desperdícios e fazer uma análise aos pontos de melhoria possíveis.

2.2.3 *Muda* (Desperdício)

Um processo *Lean* procura fornecer valor aos consumidores. Qualquer que seja o consumidor, o seu interesse reside no valor do produto que lhe é feito chegar e não na quantidade de trabalho dispendido para o produto. Assim sendo, é do maior interesse do produtor conseguir entregar um produto com valor para o consumidor utilizando os menores recursos possíveis.

Um dos pontos fundamentais na conceptualização do *Lean* é a eliminação de desperdício. Embora a eliminação de desperdício pareça ser algo simples e de bom senso, é notável a frequência e facilidade com que se encontram diversos processos com vários pontos de desperdício. Ohno (1988) defende que o desperdício provém de qualquer actividade que não fornece valor ao produto final apontando sete tipos de desperdícios, que designou “*Muda*”.

Sobreprodução – É o fabrico de um produto antes que este seja realmente necessário ou em quantidades maiores do que é pedido. A sobreprodução tem um custo elevado, pois inibe o fluxo constante, empata valor de mão-de-obra, obriga à necessidade da existência de *stocks* e acaba por degradar a qualidade da produção.

Tabela 1 – Sobreprodução

Desperdício	Sobreprodução
Definição	Produzir antes ou em maior quantidade do que é necessário
Exemplos	Produzir para <i>stock</i> ; Etapas mais eficientes que geram <i>stock</i> .
Causas	Previsão de vendas; Falta de fluxo entre etapas
Contra Medidas	Produção “Pull”; <i>Heijunka</i> ¹

Transporte – É o movimento e transporte desnecessário de materiais ou produtos. Algumas das actividade de transporte são imprescindíveis e nestes casos devem ser reduzidos ao mínimo. Este desperdício tem origem num fluxo de trabalho pobre, má disposição do processo e desorganização das zonas de trabalho.

Tabela 2 – Transporte

Desperdício	Transporte
Definição	Movimentos de produtos que não acrescentam valor ao produto
Exemplos	Transporte do produto entre etapas; Transporte para <i>stock</i>
Causas	Produção em grandes quantidades; Produção “Empurrada”; <i>Stock</i> ; <i>Layout</i> funcional
Contra Medidas	Produção “Pull”; <i>Kanban</i> ² ; 5S ³

¹ Conceito de nivelamento da produção (ver pág. 30)

² Cartão de sinalização que controla os fluxos de produção. (ver pág. 30)

³ Metodologia de tarefas, que visa a organização e padronização de trabalho. (ver pág. 27)

Excesso de Movimento – Refere-se aos movimentos excessivos dos operários ou equipamentos para acomodar a ineficiência (Hicks, 2007). Este desperdício está directamente ligado à má organização de espaço e das ferramentas de trabalho. Os movimentos desnecessários podem ser resolvidos com redefinição do espaço, organização do local de trabalho, manutenção, e melhoria contínua.

Tabela 3 – Excesso de Movimento

Desperdício	Excesso de Movimento
Definição	Movimento desnecessário de operários ou trabalho
Exemplos	Procura de ferramentas de trabalho; Transportar material; Recolha e entrega do produto nas etapas anteriores e seguintes
Causas	Área de trabalho desorganizada; <i>Design</i> das estações de trabalho
Contra Medidas	Fluxo no processo de produção; <i>Just-In-Time</i> ⁴ ; 5S

Espera – Seja de material, equipamento, ferramentas ou trabalho, é um período de inactividade num processo devido à não entrega dos antecedentes ou devido ao processamento de uma actividade. *Lean* exige que todos os recursos cumpram os princípios *Just-In-Time* (JIT) fornecidos, nem muito cedo nem muito tarde (Peneirol, 2007).

Tabela 4 – Espera

Desperdício	Espera
Definição	Tempo perdido devido a materiais, pessoas, equipamentos ou informação não estarem prontos
Exemplos	Espera de material; máquinas; mão-de-obra
Causas	Produção “Empurrada”; <i>Layout</i> funcional; Falta de fluxo entre etapas
Contra Medidas	Produção “Pull”; MFV; <i>Kanban</i> ; 5S

⁴ Conceito de fornecimento instantâneo. (ver pág. 29)

Processamento Inapropriado – São operações que não acrescentam valor ao produto, tais como trabalhos de reprocessamento, armazenamento, excesso de etapas, inspecções, máquinas excessivamente potentes para o objectivo proposto e consequente tentativa de rentabilização máxima desta (Gonçalves, 2009)

Tabela 5 – Processamento Inapropriado

Desperdício	Processamento Inapropriado
Definição	Tarefas que não agregam valor para o consumidor
Exemplos	Reprocessamento; Reparações de produtos ou equipamentos; Ferramentas de difícil manuseamento
Causas	Etapas não capazes; Mão-de-obra não apropriada; Falta de fluxo; Ferramentas inapropriadas
Contra Medidas	Substituição de equipamentos; Flexibilidade; <i>Total productive maintenance</i> (TPM) ⁵

Excesso de Stock – Significa ter *stock* para além do necessário para satisfazer os processos ou exigências do consumidor. Está directamente relacionado com a sobreprodução e com o processamento inapropriado. Tem um impacto negativo no fluxo contínuo e resulta na necessidade de espaço de armazenamento.

Tabela 6 – Excesso de Stock

Desperdício	Excesso de Stock
Definição	Materiais ou produtos em excesso
Exemplos	Excesso de existências; <i>Stock</i> ; Pontos de <i>stock</i>
Causas	Falta de fluxo; Produção “Empurrada”; Previsão de vendas
Contra Medidas	Produção “Pull”; JIT; <i>Kanban</i> ; 5S

⁵ Sistema de manutenção com base em medidas preventivas. (ver pág. 31)

Defeitos – Erros durante o processo de produção, forçando assim o reprocessamento. Estes defeitos originam desperdício sobre quatro formas: materiais consumidos; mão-de-obra desperdiçada na produção onde se originou o defeito; mão-de-obra necessária para a reparação ou reprocessamento; maior quantidade de recursos humanos consumidos para resolver reclamações dos consumidores (Ohno, 1988)

Tabela 7 – Defeitos

Desperdício	Defeitos
Definição	Produtos com defeitos
Exemplos	Erros de execução; Tarefas ineficazes
Causas	Matérias-primas danificadas; Ferramentas inapropriadas; Mão-de-obra inapropriada; Produção de grandes quantidades
Contra Medidas	<i>Kanban</i> ; Equipamentos capazes; TPM; Operários com as características adequadas

2.3 Ferramentas e Metodologias de Aplicação *Lean*

2.3.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

O MFV é uma ferramenta de aplicação comum em implementações *Lean*, na procura de melhoria contínua, que visa um dos princípios fundamentais do *Lean*, a eliminação de tarefas e etapas que não agregam valor ao processo. Este ajuda a compreender e melhorar o fluxo do processo de uma organização.

O MFV é um método facilmente compreendido pelas pessoas que trabalham no processo de produção. Considerada uma ferramenta de “papel e caneta”, que se cria através de um conjunto de ícones padronizados, apresentados por Rother e Shook (1998).

Em primeiro lugar faz-se a escolha do processo que se pretende tornar mais eficiente, seguido pela elaboração do mapeamento do estado actual do

processo. Com o mapeamento traçado e desenhado, faz-se uma análise do processo identificando as fraquezas e os pontos onde existe desperdício, propondo as alterações para melhoria dos aspectos negativos encontrados. O penúltimo passo consiste na elaboração do mapeamento do estado futuro previsto, tornando-se este mapa a base para as mudanças necessárias. Por fim implementam-se as propostas, medindo e concluindo o novo processo, e verifica-se as alterações efectuadas (Abdulmalek e Rajgopal, 2007).

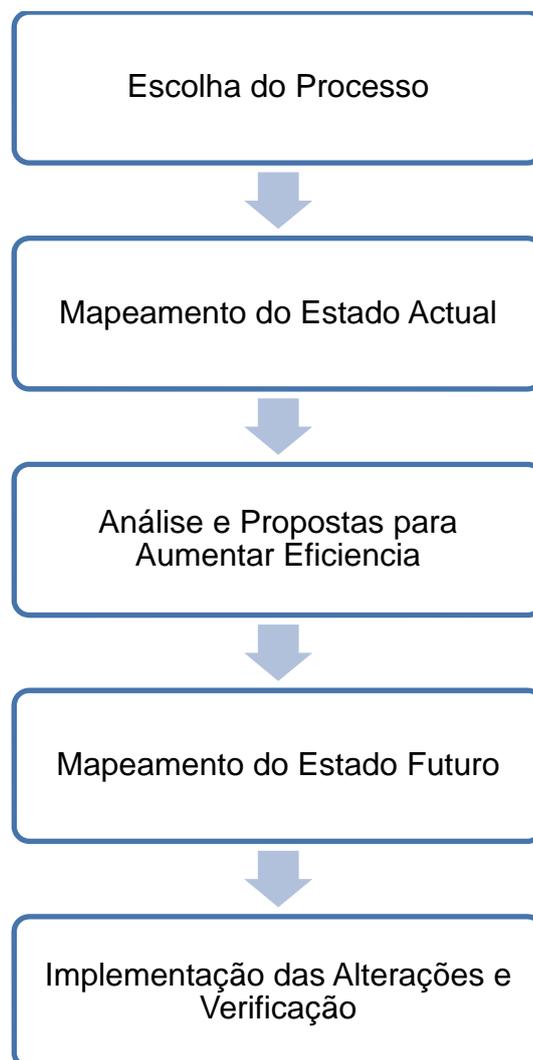
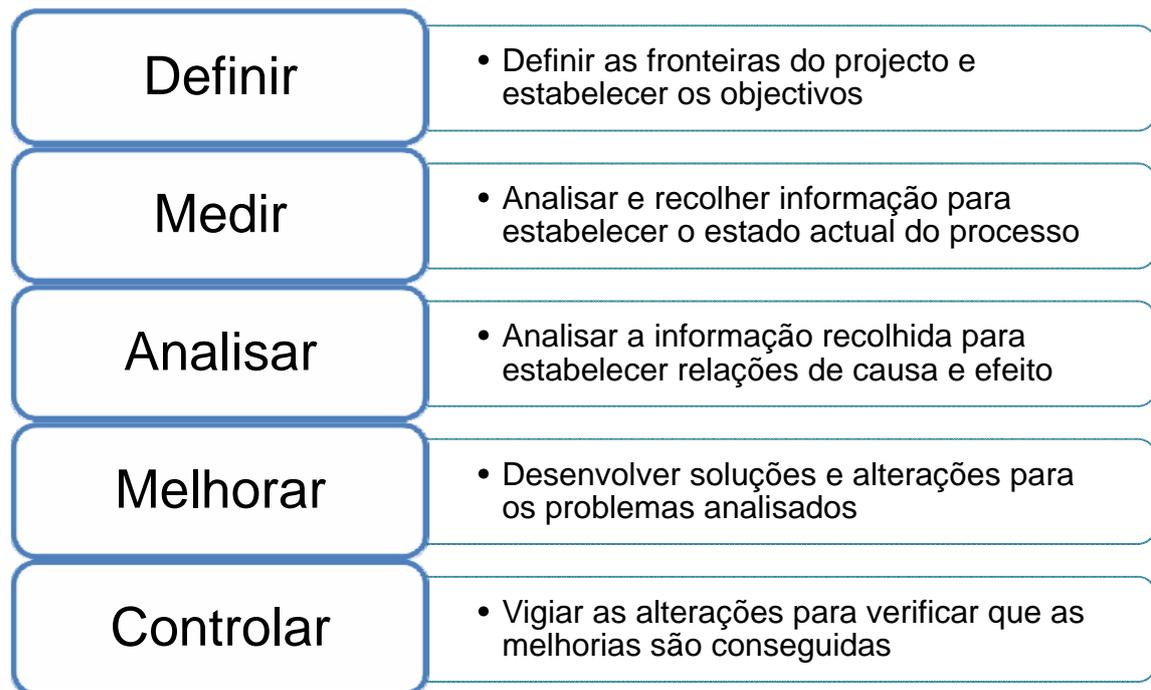


Figura 4 – Processo de Mapeamento do Fluxo de Valor

2.3.2 Black Belt Team (BBT)

Um dos maiores problemas numa empresa relativamente ao conceito *Lean*, caracterizado por George (2002), está na sua implementação. Frequentemente é dada alguma formação sobre o conceito e é realizado algum esforço para se conseguir melhorias no processo aplicando-se algumas das suas técnicas. No entanto, observam-se resultados desanimadores, havendo pequenos impactos no tempo total do ciclo com baixos níveis de redução nos custos, o que resulta na desmotivação dos intervenientes, que acabam por voltar aos métodos habituais e esquecem a filosofia *Lean*. Uma organização *Lean* não significa apenas aplicar os seus conceitos na execução de tarefas ou no processo de produção, significa incorporar uma mentalidade *Lean* em todos os aspectos do trabalho. Parte desta filosofia é na gestão das fronteiras entre processos e não apenas o processo em si (Gonçalves, 2009).

Um dos principais problemas e barreiras na implementação dos conceitos *Lean* é a falta de tempo para a sua aplicação (Melton, 2005). Para uma implementação *Lean* eficaz, devem-se formar equipas para coordenarem a transição e manter-se a procura contínua de melhoria. Esta equipa tem o nome de BBT, e tem como função ter um estudo e conhecimento profundo dos conceitos *Lean*, analisar e compreender a empresa e os seus processos, encontrar oportunidades de melhoria, proporcionar as alterações e por fim controlar e verificar se são cumpridas as alterações. Um guião de gestão para melhoria usado pelas BBT é demonstrado na Figura 5:

Figura 5 – Guião de Gestão do *Black Belt Team*

2.3.3 *Brainstorming*

A actividade *Brainstorming* propõe a formação de grupos de pessoas que se sirvam das suas diferenças para que possam produzir ideias inovadoras que solucionem o problema proposto de uma forma eficiente (Osborne, 1963). Esta técnica pode não aumentar a produtividade de um grupo, mas conseguem-se alguns benefícios, como aumento da moral e satisfação dos elementos, bem como o trabalho de equipa (Mullen *et al.*, 1991).

Existem quatro regras básicas em *Brainstorming*, estabelecidas com o intuito de reduzir as inibições sociais e aumentar a criatividade das ideias do grupo.

1. **Focar na Quantidade:** Quanto maior for o número de ideias, maior será a probabilidade de se alcançar uma proposta radical e efectiva.

2. **Reter a Crítica:** A tendência para a crítica deve ser impedida, os participantes devem focar-se em complementar as ideias já propostas. O criticismo deve ser utilizado num estado final do *Brainstorming*, para que os participantes se sintam à vontade para gerar ideias pouco usuais.

3. **Aceitar Criatividade:** Inicialmente as ideias comuns parecem ser as mais desejáveis, mas podem estar longe da solução. É necessário deixar as inibições e gerar ideias criativas, estabelecendo um verdadeiro clima de *Brainstorming*.

4. **Combinar e aperfeiçoar:** Algumas das melhores ideias são conseguidas através da complementação ou transformação das ideias criadas por outros.

2.3.4 Produção Celular

Baseado em princípios de agrupamentos, procura tirar-se o máximo partido da semelhança entre elementos num processo. Consiste em agrupar equipamentos e áreas de trabalho unidos pelas suas semelhanças, de forma a manter um fluxo constante do produto ao longo do processo (Abdullah, 2003). Uma boa implementação destas “células de trabalho” resulta em diversos benefícios descritos na Figura 6.

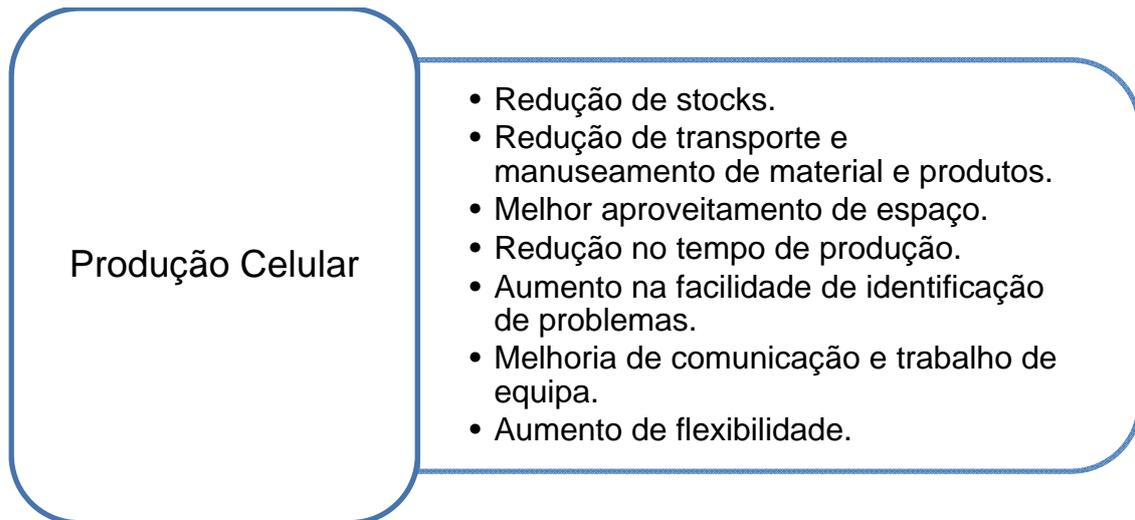


Figura 6 – Benefícios da Produção Celular

2.3.5 5S

O 5S é uma metodologia de tarefas de origem japonesa distribuída em cinco acções, que visa a organização e padronização de trabalho. Corresponde a cinco princípios ou sentidos, cujas palavras japonesas transliteradas iniciam-se com a letra “S” (Womack e Jones, 1996). Pode-se verificar os 5S’s desta metodologia na Figura 7. Estes 5 sentidos são:

- **Seiri** (Sentido de Utilização): Refere-se à verificação de todas as ferramentas e materiais, eliminando tudo o que não é utilizado e deixando apenas o necessário para executar a tarefa. Este processo conduz a uma diminuição da quantidade de obstáculos no espaço de trabalho.
- **Seiton** (Sentido de Organização): Consiste na identificação e localização dos elementos utilizados num determinado espaço. Neste sentido, a organização diz respeito à disposição das ferramentas, equipamentos, e materiais de forma que permita fluxo de trabalho. Estes devem estar localizados em lugares de fácil acesso, evitando movimentos desnecessários.

- **Seiso** (Sentido de Limpeza): Consiste em manter o espaço o mais limpo possível. Nas empresas japonesas, ao fim de cada dia de trabalho, procede-se à limpeza do espaço e é tudo recolocado nos seus devidos lugares, tornando mais fácil determinar o que é essencial. O foco deste procedimento é fazer com que seja um procedimento diário de forma a ter um espaço limpo e organizado de forma a ser mais fácil e mais rápido de executar as tarefas necessárias nesse espaço.
- **Seiketsu** (Sentido de Padronização): Significa procurar padronizar os trabalhos e a organização do espaço, seguindo as regras anteriormente estabelecidas.
- **Shitsuke** (Sentido de Autodisciplina): Este princípio refere-se à manutenção das quatro regras anteriores, tornando-as numa nova maneira de trabalhar, mantendo-se a procura de melhorar, repetindo as cinco regras do 5S.

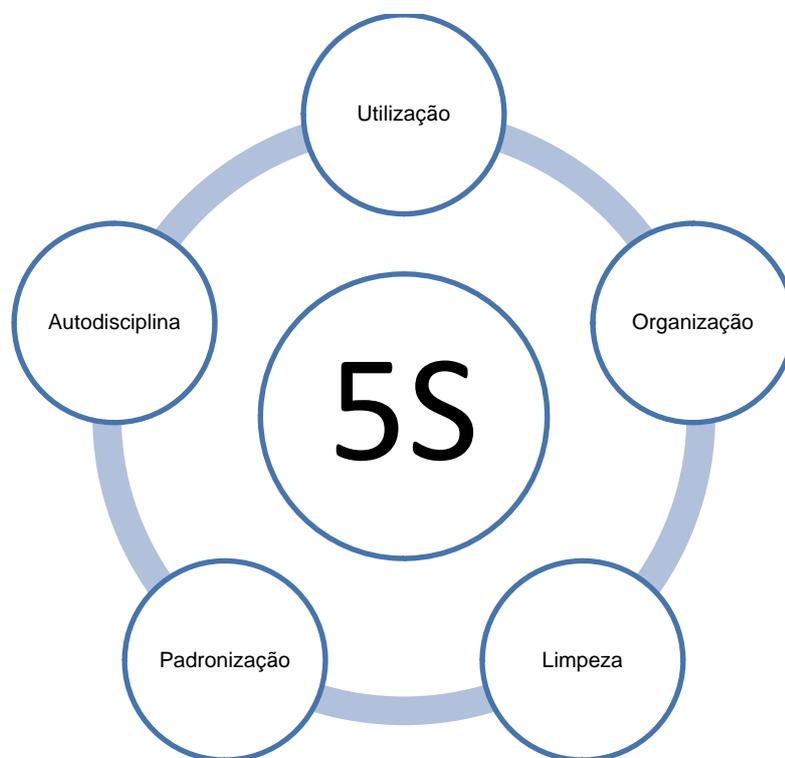


Figura 7 – Metodologia 5S

O objectivo desta metodologia é melhorar a eficiência através da organização, limpeza e identificação de materiais e espaços. Os principais benefícios resultantes da metodologia 5S são:

1. Aumento de produtividade pela redução do tempo perdido à procura de ferramentas e materiais.
2. Redução de despesas e um melhor aproveitamento de materiais.
3. Melhoria de qualidade dos produtos e serviços.
4. Redução de acidentes de trabalho.
5. Maior grau de satisfação dos intervenientes.

2.3.6 *Just-In-Time (JIT)*

A *Toyota Motor Company* introduziu a metodologia JIT no Japão para coordenar uma produção que procurava especificar diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo de atraso. Esta metodologia baseia-se na produção “Pull” e define-se como um sistema no qual a produção e a movimentação ocorrem à medida que são necessários. Produto certo, no momento certo, e na quantidade certa (Pinto, 2008). JIT assenta no fornecimento instantâneo, fazendo desaparecer *stocks*, pilar da filosofia TPS. Em muitas empresas de produção *high-tech*, a filosofia JIT foi adoptada para minimizar o nível de *stock* (Chan, 2001). No entanto, este sistema de produção adapta-se mais facilmente às empresas que têm uma procura do seu produto relativamente previsível e constante.

2.3.7 *Kanban*

Palavra japonesa, com o significado de cartão de sinalização, que controla os fluxos de produção. *Kanban* é um subsistema do TPS que foi desenvolvido para controlar os níveis das existências ou *stocks*. Este controla a quantidade e a altura necessária para entrega de produtos (Junior e Filho, 2010). Frequentemente *Kanban* é utilizado para encomenda e entrega de matéria-prima em que existe um cartão que sinaliza a necessidade de proceder à encomenda. O sistema de sinalização pode ser de forma variada, como luzes, caixas vazias, ou pontos demarcados.

2.3.8 *Heijunka*

Conceito de nivelamento da produção, onde se converte a instabilidade de encomenda num processo de produção nivelado e previsível. O nivelamento permite aumentar a estabilidade no processo de produção, melhorando o fluxo contínuo de materiais e obtendo-se uma minimização de *stock* e períodos de espera (Hüttmeir *et al.*, 2009). É demonstrado na Tabela 8 como funciona o *Heijunka* com um exemplo para uma empresa que produz elementos do tipo Y e Z.

Tabela 8 – Produção Nivelada, *Heijunka*

Encomenda de 5 Y e 5 Z	<i>Heijunka</i>	Tradicional
Sequência de Produção	YZYZYZYZYZ	YYYYYZZZZZ

2.3.9 *Kaizen*

É uma palavra de origem japonesa, com o significado de melhoria contínua. Representa todas as actividades no sentido de melhorar o desempenho dos processos e sistemas de trabalho. Pode envolver pessoas, equipamentos, ou

materiais. *Kaizen* é um processo cíclico que pode sempre trazer melhoria, na procura da perfeição (Lyu, 1996). Este processo é exemplificado na Figura 8.

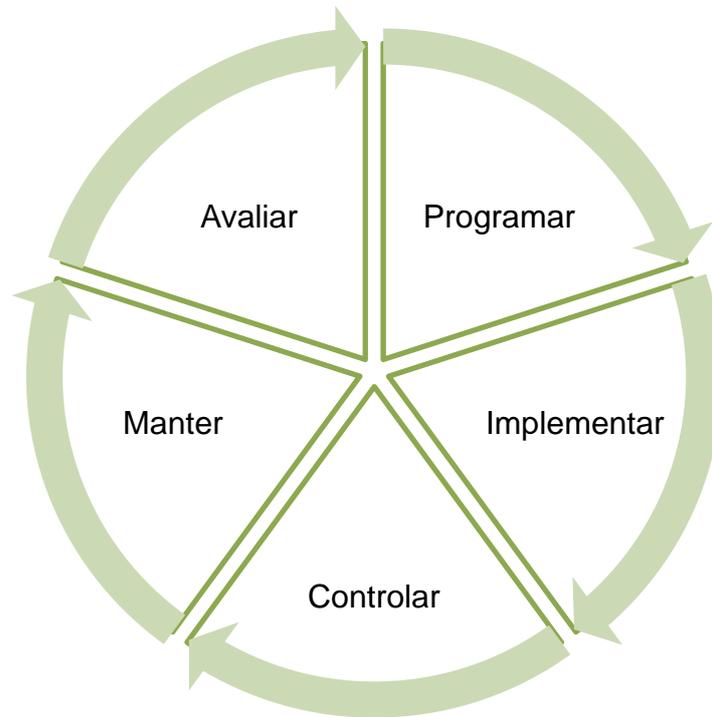


Figura 8 – Ciclo *Kaizen*

2.3.10 *Total Productive Maintenance (TPM)*

O sistema TPM procura maximizar a performance global do processo através da gestão do funcionamento de equipamentos ou tarefas. O objectivo é de passar do reprocessamento, ou reparação para a prevenção. TPM gera ordens de intervenções frequentes para proceder à manutenção e monitorização para evitar que ocorra qualquer problema, mantendo um histórico de reparações e operações realizadas a determinado equipamento ou trabalho (Pinto, 2008).

2.3.11 *Total Quality Management (TQM)*

O TQM integra os princípios de *Kaizen*. É um sistema de aperfeiçoamento da eficácia e flexibilidade de uma empresa que se foca na criação de valor para o

consumidor (Miller, 1996). Este método é conduzido pelo envolvimento de todos os elementos da organização no intuito de se conseguirem resultados de progresso. Womack (2008) afirma que um bom chefe não tem as soluções certas, mas sim as perguntas certas. É através do envolvimento de todos que se consegue obter os melhores resultados e respostas para as necessidades exigidas.

2.3.12 *First in – First out (FIFO)*

Utilizado na produção em cadeia onde a primeira unidade que entra no processo deve ser a primeira a sair. Todos os processos devem ser programadas e processadas segundo a ordem de entrada no fluxo. (Gonçalves, 2009)

2.4 Benefícios e Barreiras na Implementação dos Conceitos *Lean*

A implementação dos conceitos *Lean* tem mostrado capacidade para proporcionar benefícios ao processo aplicado, sendo que os mais comuns são os representados na Figura 9 (Melton, 2005).

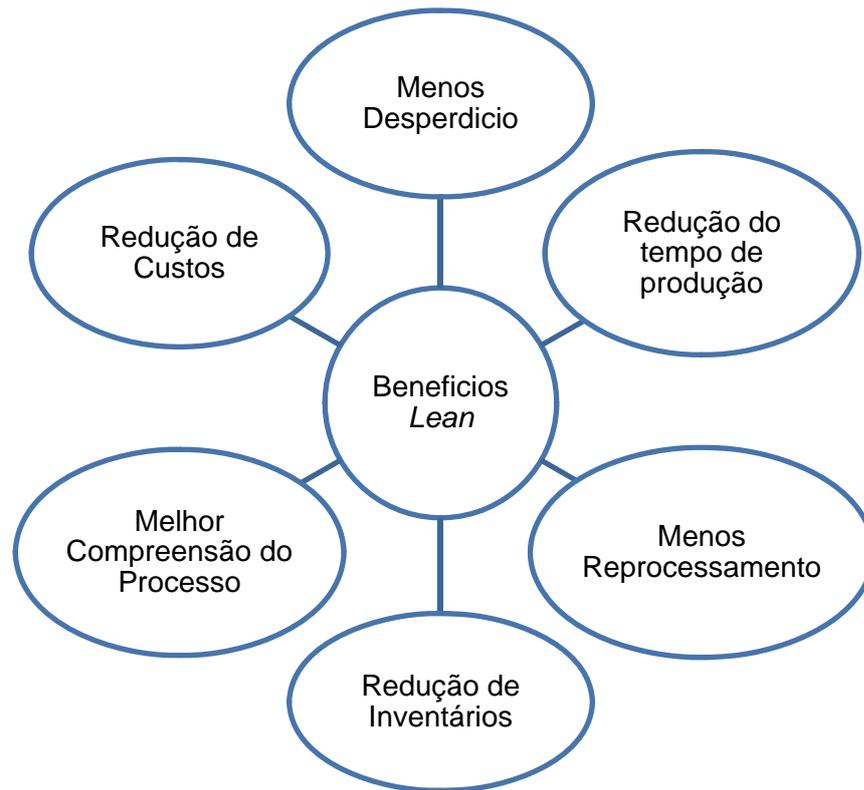


Figura 9 – Benefícios comuns da aplicação dos conceitos *Lean*

Com benefícios tão claros, qual a razão pelo qual *Lean* não é implementado a todos os processos? Womack (2008) define algumas barreiras na implementação de *Lean*:

- Ideia predefinida dos produtores que resolver as questões do consumidor será mais dispendioso.
- Fraca capacidade de visão de melhoria por parte da administração.
- Pressuposto que o processo já é eficiente.
- Não produz substâncias nem benefícios tangíveis.

Outras barreiras à implementação *Lean* estudadas por Alarcón *et al.* (2005) são:

- Falta de tempo para estudar *Lean* e trabalhar na sua implementação.
- Falta de formação e baixo conhecimento dos princípios *Lean*.

- Insuficiência de elementos para proceder a uma correcta organização e implementação.
- Fraca capacidade de auto-crítica, o que limita a aprendizagem com os erros.
- Pouca comunicação entre os elementos do processo de produção.

Do acima exposto resultaram situações identificadas de resistência à filosofia de *Lean Thinking*, que resulta da resistência natural à mudança, bem como do pressuposto de que *Lean* se trata de uma ideia reciclada ou que é uma moda passageira. Estas são grandes barreiras na implementação de *Lean*. Mas a maior resistência aos conceitos *Lean* é o medo da mudança, que leva a que se prefira deixar o comodismo vencer, mantendo-se sempre as tradicionais técnicas de produção (Melton, 2005).

2.5 Produção de Elementos Pré-Fabricados em Betão Armado

Apresenta-se em seguida uma breve descrição do âmbito dos produtos pré-fabricados de betão armado.

Nos últimos anos, os elementos pré-fabricados de betão têm sofrido uma grande evolução, sendo cada vez mais utilizados para soluções complexas na indústria de construção que procura otimizar as construções, tornando-as mais eficientes e económicas (Albarran, 2008 parafraseando Elliot, 2006). A utilização de elementos pré-fabricados é a forma mais comum para a padronização de construções e pode encontrar-se uma grande variedade de produtos pré-fabricados em betão armado, como manilhas, pilares, lajes e vigas, entre outros.

2.5.1 Tecnologias de Produção de Pré-Fabricados

Tipicamente, o processo de produção nas fábricas, apoiado em Chan e Hu (2001), dá-se da seguinte forma:

1. Preparação do betão.
2. Fabrico da armadura.
3. Preparação dos moldes.
4. Colocação e preparação da armadura no molde.
5. Betonagem do molde.
6. Cura.
7. Desmoldagem.
8. Colocação do elemento em *stock* onde tem que permanecer até atingir resistência de entrega.
9. Entrega ao consumidor.

A maior parte das indústrias de pré-fabricados de betão armado pode ser classificada em dois métodos fundamentais de produção.

- Moldes fixos.
- Moldes móveis.

No método de moldes fixos, os elementos encontram-se imobilizados durante a sua preparação, betonagem e cura. Para completar a produção, os operários e o equipamento têm que se movimentar e trabalhar em volta dos moldes fixos. Este método é geralmente utilizado para elementos de grandes dimensões e peso. No caso dos moldes móveis, os operários e equipamento constituem postos trabalho por onde o produto passa. Neste método é frequente a utilização de um compartimento de cura. O produto passa pelo compartimento onde é acelerado o processo de cura de uma forma controlada, para reduzir do tempo da etapa (Kovács, 1998).

3 Metodologia de Recolha e Análise de Dados e Desenvolvimento do Modelo

3.1 Avaliação e Caracterização do Caso de Estudo

Em paralelo, com a revisão bibliográfica descrita anteriormente, foi feita uma procura de empresas e fábricas de elementos pré-fabricados de betão armado que estivessem interessadas em participar neste trabalho. Autorizando o estudo dos seus processos de fabrico e que concordassem com a implementação de um modelo com bases *Lean*. Conseguiu-se um total de 9 fábricas que autorizaram o seu estudo, desde que fosse mantida a confidencialidade relativamente à sua identidade.

A avaliação e caracterização do estado actual de funcionamento na fábrica recorre a várias visitas às instalações, com investigação documental e entrevistas para obtenção dos dados relevantes na avaliação do estado presente da empresa, segundo determinados parâmetros:

- Identificação do caso em estudo.
- Descrição e levantamento de dados do caso em estudo.
- Estrutura de gestão e organização.
- Tecnologias e equipamentos empregues na linha de produção.
- Planeamento e controlo da produção.

3.1.1 Observação Directa

De forma a conseguir uma análise do processo de produção, foi feita a observação directa deste nas fábricas, verificando-se a sua organização, zonas de armazenamento, espaços de trabalho, intervenientes no processo e

equipamento utilizado de forma a conseguir-se uma boa compreensão do processo e das práticas correntes.

3.1.2 Entrevistas

As entrevistas realizadas com o intuito de recolher dados para percepção dos vários intervenientes nos processos são uma das fontes mais importantes para o estudo e compreensão das actividades que se sucedem nesta linha de produção. Estas entrevistas fornecem informação sobre a opinião e sensibilidade dos diversos trabalhadores acerca dos processos, gestão da produção e ideias para melhoria do sistema presente. As entrevistas com os trabalhadores contêm uma estrutura com a seguinte forma:

Introdução – apresentação, garantia de confidencialidade, breve descrição do conceito *Lean* e dos objectivos do estudo a decorrer.

Identificação – recolha de informação referente ao entrevistado, tais como: nome, idade, função, formação e anos de experiência profissional na secção em que trabalha.

Corpo – nesta secção da entrevista será feita uma sequência de perguntas, de modo a conseguir obter-se informação relevante para o conhecimento dos vários pontos referidos anteriormente, para a avaliação e caracterização do estado presente de funcionamento e verificação do quão *Lean* o processo de fabrico realmente é. Esta parte da entrevista baseia-se em perguntas referentes aos critérios estipulados por Womack (2008) para um processo *Lean*, que são os seguintes: Valor, Aptidão, Disponibilidade, Adequabilidade e Flexibilidade. Critérios já descritos no capítulo do Estado do Conhecimento desta dissertação.

Conclusão – Com o fim da entrevista é feito um agradecimento pela disponibilidade e honestidade das respostas e, novamente é lembrado o carácter confidencial da entrevista.

Para o estudo do âmbito deste trabalho de investigação procurou entrevistar-se pessoas que pudessem contribuir para o aumento do conhecimento na área, e que estivessem directamente ligadas com a produção.

Foram realizadas um total de 57 entrevistas a pessoas de diferentes áreas. Estas foram distribuídas da seguinte forma:

- 4 Pessoas Administrativas.
- 7 Directores de Fábrica.
- 3 Responsáveis pelo Departamento Técnico.
- 4 Responsáveis pelo Sistema de Gestão da Saúde e Segurança.
- 39 Operários envolvidos na produção.

3.1.3 Análise Documental

De forma a complementar o estudo das fábricas e confirmar as informações obtidas pela observação directa e entrevistas realizadas, foi executada uma análise documental. A maior parte da informação recolhida foi retirada da seguinte documentação:

- Plantas das instalações.
- Organograma da empresa e da fábrica.
- Fichas técnicas das matérias-primas.
- Especificações dos equipamentos de produção.
- Plano de Segurança e Saúde.
- Relatório de Contas.
- Matriz e registo de funções dos operários.
- Documentos de controlo de desempenho.

3.2 Caracterização das Fábricas a Nível de Produtos

Todas as fábricas estudadas têm como objecto social principal a produção e comercialização de produtos pré-fabricados em betão. Os tipos de produtos estudados foram:

Postes – com aplicação principal na distribuição de energia eléctrica. Estes estão divididos em postes de baixa tensão, com alturas entre os 8 e 12 metros, e postes de alta tensão, com alturas entre 14 e 32 metros.

Colunas – com aplicação principal na iluminação pública e telecomunicações.

Manilhas, Tubos e Diversos. As manilhas variam entre os 10 e 80 centímetros de diâmetro e os tubos variam entre os 0,8 e 2 metros de diâmetro. Os diversos representam uma grande variedade de produtos tais como: lancis, caixas de visita, cones, postes de vedação, placas e flutuadores para marinas.

3.3 Elaboração do Modelo

Após um estudo profundo dos conceitos *Lean* e a compreensão do processo e actividades presentes nas fábricas foi escolhida uma das nove fábricas para a realização das alterações proposta. Esta escolha foi baseada na disponibilidade e autorização conseguidas para implementar as alterações propostas, bem como na sua localização, de forma a ser mais fácil a deslocação à fábrica.

Uma vez escolhida foi elaborado um modelo com as propostas de alterações baseadas nas regras e princípios *Lean* para se eliminar desperdício e reduzir-se o tempo e o custo de produção. Para qualquer caso não se deve aplicar todas as ferramentas e conceitos *Lean* existentes. A selecção das ferramentas certas para as condições presentes é a chave para o sucesso de uma implementação dos conceitos *Lean* (Wan e Chen, 2009)

Através da apresentação de um modelo, pretende-se analisar os benefícios que o paradigma *Lean* pode trazer quando aplicado ao segmento de pré-fabricados de betão.

O modelo desenvolvido contou com o auxílio do MFV. O processo de desenvolvimento do modelo apresenta-se na Figura 10.

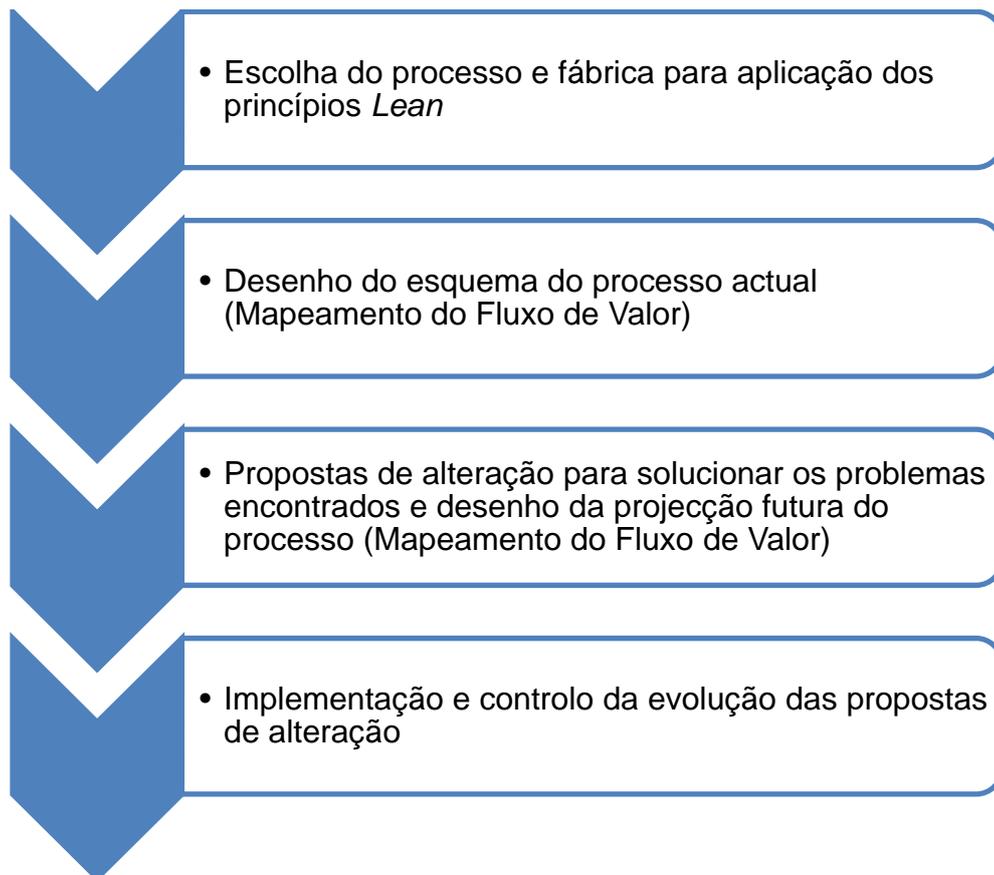


Figura 10 – Processo de Desenvolvimento do Modelo

O modelo proposto visa introduzir os princípios *Lean* e os seus conceitos ao processo de fabrico de elementos pré-fabricados de betão. O processo em causa foi estudado numa empresa especializada em elementos deste tipo.

Os elementos chave que melhor se aplicam no estudo e desenvolvimento de um modelo de implementação *Lean* - e que serão os pontos de focagem - são os de

acordo com Pheng e Chuan (2001) parafraseando Howell (1999), numa aplicação de JIT para elementos pré-fabricados de betão:

- Entregar valor ao consumidor através da eliminação de tudo o que não acrescenta valor ao produto.
- Organizar produção de forma que haja fluxo contínuo.
- Melhorar o produto e estabelecer fluxo fiável com implementação de produção “Pull”.
- Procurar a perfeição com a entrega de um produto produzido após encomenda, que vai ao encontro das exigências do consumidor.

3.4 Objectivos do Modelo

O objectivo da implementação de um modelo baseado nos princípios *Lean* é tornar mais eficiente o processo de fabrico ao qual o modelo for aplicado. Isto é conseguido através da redução de desperdícios, uma melhor gestão do espaço e da organização de tarefas, e tornando o fluxo de valor contínuo e simples. Para além disso, também pretende transmitir-se uma aprendizagem dos conceitos *Lean*, para que o trabalho desenvolvido se mantenha e surja a procura constante de melhorar mais ainda o processo de produção. O modelo pretende:

- Auxiliar a visualização de todas as operações do processo.
- Identificar, localizar e reduzir os desperdícios.
- Simplificar a linha de produção.
- Obter áreas de trabalhos limpos e organizados.

- Diminuir os tempos das operações.
- Criar fluxo de materiais e tarefas.
- Procura continua de melhorar.

3.5 Mapeamento do Estado Actual

Em primeira análise, para melhorar o fluxo do valor de um processo, é necessário observá-lo e compreendê-lo. O mapeamento fornece uma visualização do estado actual de fabrico e permite facilitar a identificação dos desperdícios e barreiras do fluxo contínuo.

De modo a conseguir informação actualizada e real para a criação do mapa do estado actual, este deve ser realizado com a colaboração das equipas intervenientes no processo. Deve-se iniciar o mapeamento com uma sessão de esclarecimento aos elementos que vão participar nele sobre os conceitos de Pensamento *Lean*, Produção *Lean*, e MFV.

Escolhida a fábrica e feita a recolha de informações através das visitas às fábricas, as entrevistas realizadas e a análise documental, procedeu-se à elaboração do mapa do estado actual. Considerou-se para o caso de estudo como unidade de produção postes de betão armado com 9 metros de comprimento.

O desenho do fluxo de actividades consiste em desenhar integralmente o processo, desde o seu início até ao seu fim, utilizando uma série de ícones, ordenados segundo a sequência de actividades. A padronização e definição dos elementos integrantes do MFV foram propostos por Rother e Shook (1998), no sentido de que esta linguagem seja comum e perceptível por todos. O mapeamento do processo completo encontra-se em Anexo.

No processo de produção dos elementos foram detectados quatro fluxos de actividades predominantes que são descritos na Tabela 9, sendo que as actividades que agregam valor ao produto final estão destacadas a negrito.

Tabela 9 – Mapeamento do Estado Presente de Actividades no Processo

Betão	Armaduras	Moldagem	Cura
<ul style="list-style-type: none">• Encomenda da matéria-prima• Entrega da matéria-prima• Armazenagem• Recolha dos agregados para o doseador• Dosagem• Transporte dos inertes para a misturadora• Inserção do cimento e água• Mistura	<ul style="list-style-type: none">• Encomenda de Aço• Entrega do Aço• Armazenagem• Transporte para o local de preparação• Preparação do aço• Fabrico das armaduras• Transporte para os moldes	<ul style="list-style-type: none">• Preparação dos moldes• Transporte do betão para os moldes• Betonagem dos moldes• Período inicial de cura	<ul style="list-style-type: none">• Desmoldagem• Transporte do elemento para stock com permanência obrigatória de 20 dias• Entrega ao consumidor

3.6 Desenvolvimento das Propostas de Alteração e Mapeamento do Estado Futuro

O objectivo deste passo é obter uma percepção clara de todos os aspectos do processo estudado e estabelecer oportunidades de melhoria que possam ser aplicadas.

Para esta etapa foi criado um BBT constituído pelos diversos intervenientes do processo de produção. A materialização das soluções *Lean* propostas para os problemas detectados foi obtida através da técnica de *Brainstorming* no seio do BBT.

As alterações propostas pela equipa são baseadas nos princípios *Lean* e nos processos de produção das fábricas visitadas. São feitas as alterações necessárias para o caso de estudo em análise, com uma proposta de solução e avaliados os potenciais benefícios. Este procedimento está definido na Figura 11.

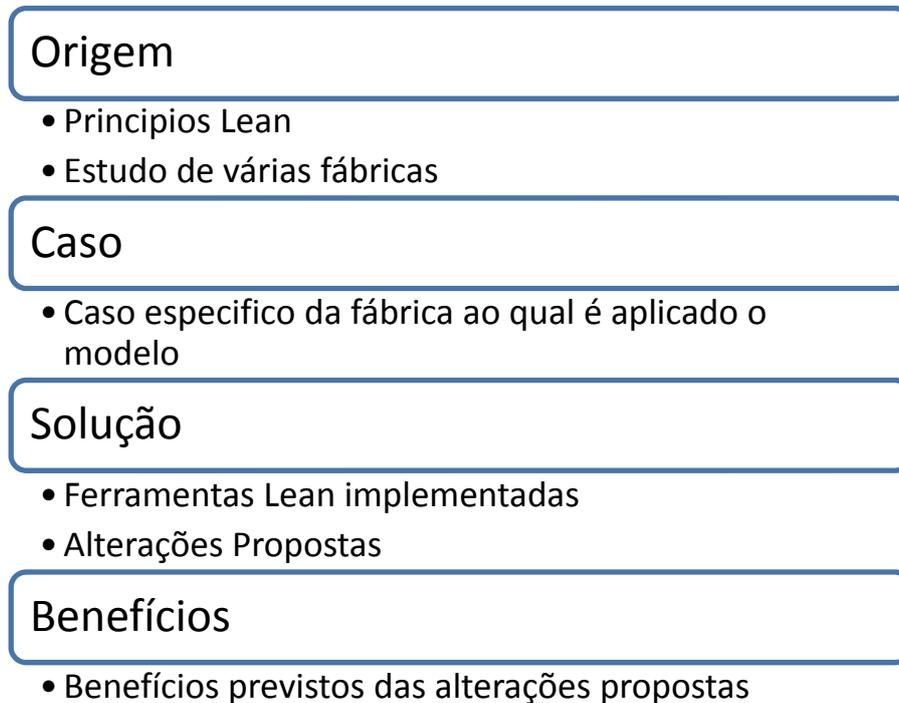


Figura 11 – Procedimento das Alterações Propostas

3.6.1 Propostas para Implementação

1. Gestão de Existências

Origem – Um dos sete desperdícios definidos por *Muda* é “Excesso de *Stock*”. O excesso de matérias-primas requer grandes áreas para o seu armazenamento. Este excesso de existências juntamente com a sua pobre gestão sobreutilizam recursos financeiros e não favorece o fluxo do produto.

O sistema de gestão de existências utilizado nas fábricas é quase inexistente, sendo encomendadas matérias-primas quando os operários acham que se justifica fazê-lo. Isto resulta numa fraca optimização das encomendas pois cada operário tem uma noção diferente de quando se deve ou não encomendar mais matéria-prima.

Caso – Existe um excesso de matéria-prima nas existências do aço. Como este não está optimizado, frequentemente o material nunca chega a ser utilizado, pois a reposição de *stock* não é bem gerida, o que obriga a grandes áreas de armazenamento. Esta falha na gestão de *stock* é prejudicial para a qualidade final do produto, provocando a sua oxidação, acumulação de pó e outros elementos nocivos para este. O caso da oxidação é visível na Figura 12.



Figura 12 – Aço nas Existências

Solução – Redução de existências e gestão de encomenda de matéria-prima através da implementação de JIT e *Kanban* de modo a sinalizar aos trabalhadores qual a altura de encomendar mais matérias-primas.

Benefícios – Redução das áreas necessárias para o seu armazenamento, diminuição do capital cativo em material em espera e conservação do material com o decréscimo nos riscos de danos causados nas matérias-primas aumentando assim a qualidade do produto final entregue ao cliente.

2. Localização das Existências do Aço

Origem – “Transporte” e “Excesso de Movimento” são dois dos elementos estabelecidos por *Muda*. O movimento e transporte desnecessário de mão-de-obra e materiais são um grande desperdício de tempo e aumentam o risco de dano do material transportado e a insegurança no local de trabalho.

O estudo concretizado nas várias fábricas de elementos pré-fabricados revela que geralmente a localização das existências do aço se encontra afastada da zona de preparação do aço. Este facto justifica-se pela falta de gestão do espaço em fábrica, pois os camiões que descarregam o aço têm dificuldade em colocar o aço junto ao local onde é feita a preparação das armaduras. Idealmente as existências do aço devem estar localizadas de forma a ser possível o aço passar das existências para a preparação das armaduras sem que seja necessário o seu transporte ou um excesso de movimento por parte dos operários.

Caso – Na fábrica em estudo, as existências do aço encontram-se afastadas da zona de preparação do aço com as características anteriormente referidas. No processo de fabrico deve existir fluxo. No caso exposto existe uma enorme discrepância em relação a este ponto, pois a localização das existências do aço não satisfaz estas necessidades.

Este encontra-se numa forma perpendicular e afastada da zona de preparação do aço. O operário tem de suspender as suas tarefas habituais para fazer o aço passar das existências para a etapa seguinte do processo, como se pode observar na Figura 13.



Figura 13 – Transporte do Aço

Solução – Colocar as existências do aço de forma alinhada junto à zona de preparação do aço eliminando assim o desperdício no transporte.

A eliminação do transporte desnecessário do aço e excesso de movimento dos operários seguiu as regras de produção celular e a metodologia 5S. Estes referem-se à disposição das ferramentas e equipamentos para que estejam distribuídos pela fábrica de forma organizada e em grupos de modo a permitir o fluxo de trabalho e a eliminar movimentos desnecessários.

Benefícios – As alterações proporcionam uma redução no tempo de fabrico, melhor fluxo no processo de produção e um aumento na segurança do local de trabalho.

3. Localização das Existências dos Agregados

Origem – “Transporte” e “Excesso de Movimento”, os mesmos dois elementos estabelecidos por “*Muda*” referenciados na localização das existências do aço, são os que vão referenciar o desperdício na localização das existências dos componentes para o betão.

O estudo realizado das diversas fábricas revela que existe um grande desperdício no transporte dos agregados da zona das existências para a misturadora. Os agregados são puxados para o doseador que os descarrega para um elevador, onde este os transporta para a misturadora. Idealmente, neste processo as existências dos agregados deveriam estar localizadas a uma cota mais elevada que a misturadora, de forma a ser possível que os agregados sejam puxados para o doseador e deste passem directamente para dentro da misturadora.

Caso – Verifica-se que na fábrica estudada existe a situação referenciada anteriormente onde há necessidade de fazer elevar os agregados para dentro da misturadora. Apesar de neste processo de fabrico existir fluxo, trata-se de uma etapa que não agrega qualquer valor ao produto, aumentando assim o tempo de produção e consumo de energia. Pode-se verificar na Figura 14 o sistema de elevador que leva os agregados para a misturadora.



Figura 14 – Transporte dos Agregados

Solução – Assim como na localização das existências do aço, este ponto também é coberto pela ferramenta *Lean* “5S”. A disposição da fábrica não deve ser só vista numa perspectiva horizontal mas também vertical. Com os agregados localizados a uma cota mais alta, a sua passagem do doseador para a misturadora pode ser directa.

Benefícios – Com esta alteração obtêm-se uma redução no tempo de produção e no consumo energético.

4. **Moldagem**

Origem – “Processamento inapropriado” onde o esforço de rentabilização máxima de algum equipamento resulta em “Sobreprodução”, duas vertentes do “*Muda*” que são identificadas como produtoras de desperdício. Outra vertente já referida ao longo deste trabalho é o transporte, que não agrega qualquer valor ao produto, consome grandes quantidades de tempo, promove a insegurança no local de trabalho, aumenta o risco de danos causados ao produto e geralmente requer a utilização de maquinarias e/ou mão-de-obra.

Caso – Presentemente os moldes utilizados são fixos e são utilizados apenas uma vez em cada dia de produção. Este sistema não se adequa aos princípios *Lean* nos aspectos de fluxo, flexibilidade e adequabilidade.

Este equipamento limita o número de elementos produzidos num dia de trabalho ao número de moldes existentes na fábrica. Este sistema de moldagem resulta noutro problema que é o transporte das armaduras e do betão para o molde.

Solução – De forma a conseguir adequabilidade desta etapa no processo e para obter fluxo de etapa para etapa, o processo de moldagem deve ser alterada para um sistema de moldes que procedem à desmoldagem sobre um estrado. Estes moldes permitem utilizar apenas um molde para produzir todos os elementos, eliminando o transporte das armaduras e do betão. Os estrados utilizados neste sistema podem ser arrumados de forma ordenada na área de presa, ocupando desta forma pouco espaço.

Benefícios – Aumento significativo no número de elementos produzido, e redução nos equipamentos necessários para a tarefa, representando uma redução nos custos de produção e uma menor área necessária em fabrica.

5. Betonagem

Origem – Como referido para a localização das existências do aço, tem-se igualmente os pontos de desperdiço, o “Transporte” e o “Excesso de Movimento” mas acrescenta-se um terceiro ponto, a “Espera”.

Nas fábricas visitadas o betão é fabricado numa misturadora, e depois é levado num monta-cargas que recebe, guarda, transporta, e descarrega o betão para os moldes. Este processo não só é um grande consumidor de tempo como também produz resíduos e causa espera.

Caso – No caso estudado a preparação do betão é feita numa misturadora que é seguidamente carregada para um monta-cargas. Este é então conduzido para a zona de betonagem e descarrega o betão para dentro dos moldes.

Enquanto o betão está a ser transportado, os operários encarregues da moldagem têm de esperar para que este chegue. Este processo traz uma grande perda de tempo e proporciona grandes quantidades de resíduos, já que no caminho é frequente perderem-se porções substanciais de betão. Pode-se verificar na Figura 15 o monta-cargas a descarregar o betão para o molde.



Figura 15 – Betonagem dos Moldes com Monta-cargas

Solução – A misturadora deve estar localizada de forma a que seja possível descarregar o betão directamente para os moldes, respeitando os critérios de JIT e 5S, proporcionando fluxo de processos e organização de ferramentas e equipamentos.

O facto de este sistema não ser implementado deve-se a dois motivos. Primeiro as misturadoras são reaproveitadas de outras fábricas ou de tarefas posteriores e a sua realocação e alteração do modo de funcionamento é dispendioso e ignorado. A segunda razão é o facto de o sistema de moldes utilizado não possibilitar que a misturadora descarregue o betão directamente para os moldes, pois estes estão fixos e espalhados pela área de produção. No entanto, com as alterações feitas no ponto anterior para o equipamento de moldagem é removido o impedimento para esta alteração.

Benefícios – Eliminação de etapas do processo reduzindo o tempo e os custos de produção, pois deixa de ser necessário ter um manobrador e uma máquina afectos ao transporte do betão. Consegue-se desta forma uma redução de

resíduos produzidos pela etapa de transporte e também uma redução da área de fábrica necessária. Simultaneamente liberta-se mão-de-obra para actividades que gerem valor.

6. Assentamento

Origem – No processo de fabrico de elementos pré-fabricados, quando o betão é colocado no molde, este tem de ser vibrado para se conseguir o preenchimento de todos os cantos e áreas do elemento pelo betão, eliminando-se assim os espaços de ar.

Caso – Verifica-se que após o enchimento dos moldes, estes são vibrados de forma a assentar o betão no molde. Este processo acrescenta um grande período de tempo ao processo de fabrico e danifica os moldes a longo prazo. Produz também um elevado nível de ruído na fábrica, que afecta particularmente os operários desta etapa.

Solução – A utilização de adjuvantes no betão faz com que este passe a ser auto-compactável, o que oferece a possibilidade de eliminar o processo de vibração.

Benefícios – A vida útil dos moldes aumenta significativamente, reduz-se o tempo de produção e elimina-se o barulho do processo de vibração.

7. Stock

Origem – “Excesso de *Stock*”, um dos desperdícios dentro do *Muda* igualmente definido no sistema de gestão de existências. Na totalidade das fábricas estudadas existe uma grande quantidade de *stock*.

Caso – Na fábrica referente ao caso de estudo existe um excesso de *stock* dos elementos pré-fabricados de betão, obrigando assim a ter-se uma grande área em fábrica para o armazenamento destes elementos.

Solução – *Lean* define que a produção deve ser baseada no sistema de “puxar” e não no sistema de “empurrar”. Com isto pretende-se não produzir para *stock*, mas sim produzir após encomenda. A redução do *stock* contribui para o fluxo do produto de acordo com os critérios JIT.

Benefícios – Redução na área de fábrica ocupada por grandes quantidades de elementos em *stock* e aumento do fluxo do produto.

8. Área de Trabalho

Origem – Alguns dos elementos descritos por “*Muda*” são “Processamento Inapropriado”, “Espera” e “Excesso de Movimento”. O excesso de tarefas no processamento de uma etapa, a espera de trabalho, material ou operários e o movimento desnecessário de operários contribui para um aumento no tempo e dos custos de produção.

Na maioria dos casos estudados, a área de trabalho encontra-se desorganizada e confusa. Os operários perdem muito tempo à procura das ferramentas que

necessitam para realizarem as suas tarefas. Cada área de trabalho deve ser unicamente ocupada pelas ferramentas, materiais e operários necessários nessa etapa de trabalho. Para além disso, estas ferramentas e materiais devem estar arrumados em locais estratégicos para que sejam facilmente acessíveis em todos os momentos da produção, de modo a minimizar os movimentos desnecessários.

Caso – Como referido anteriormente a área de trabalho está de modo geral, desorganizada, suja e confusa. Isto verifica-se sobretudo na zona de preparação do aço e do fabrico das armaduras, onde os equipamentos utilizados para as tarefas nunca estão no seu devido local, o espaço está repleto de lixo e sucata e o ambiente de trabalho é bastante desagradável. Estas condições podem ser verificadas na Figura 16.



Figura 16 – Local de Trabalho Desorganizado

Solução – Os operários devem receber uma breve formação sobre os conceitos *Lean*, com enfoque nos princípios da ferramenta 5S. Senso de utilização,

organização, limpeza, padronização, e auto-disciplina. Os espaços de trabalho devem estar sempre limpos e organizados, devem também obedecer à produção celular, sendo agrupados em células de trabalho unidos pelas suas semelhanças.

Segue-se um exemplo na Figura 17 de um espaço de trabalho organizado segundo os critérios 5S. Em primeira análise foi verificado o sentido de utilização. Foi feita a verificação de todas as ferramentas e materiais, eliminando tudo o que não era utilizado deixando apenas o necessário para executar o trabalho. Uma vez o espaço só fosse ocupado por ferramentas e materiais necessários estes foram organizados de forma e ter um acesso fácil e rápido, evitando os movimentos desnecessários.

Embora nota-se uma limpeza e organização do espaço de trabalho, este encontra-se sobrecarregado de material. Tendo um desperdício em “Excesso de *Stock*”. Idealmente pretende-se reduzir o *stock* conseguindo um fornecimento JIT.



Figura 17 – Local de Trabalho Organizado Segundo Critérios 5S

Benefícios – Com a devida organização da área de trabalho reduz-se os movimentos desnecessários dos operários à procura dos equipamentos e dos diversos utensílios para concretizar o seu trabalho, reduzindo-se assim o tempo do processo de produção e a espera de mão-de-obra. A satisfação geral dos trabalhadores em relação ao seu local de trabalho aumenta, que por sua vez também contribui para um aumento da eficiência na produção (Petty *et al.*, 1984)

3.6.2 Mapeamento

A elaboração do mapeamento da projecção futura é assente nas soluções propostas anteriormente para os desperdícios identificados. Este mapeamento serve de guião para a implementação das propostas.

O MFV só por si não é garantia de sucesso, é apenas uma ferramenta que permite visualizar o processo do início ao fim e implementar outras ferramentas nos casos considerados como oportunidades de melhoria (Gonçalves, 2009).

Neste caso, o desenvolvimento de um mapeamento geral não seria tão benéfico. As alterações propostas não seriam facilmente perceptíveis.

Optou-se pela elaboração da Tabela 10 em que as alterações são evidenciadas a negrito (no caso de uma tarefa nova) ou riscadas (no caso de tarefas eliminadas). No caso da Desmoldagem este é feito de forma diferente sendo transferido do processo de Cura para a Moldagem. É feita uma descrição dos fluxos de actividades predominantes com descrição dos passos para que fosse mais susceptível a compreensão das alterações podendo fazer uma comparação com a Tabela 9.

Tabela 10 – Mapeamento do Estado Futuro de Actividades no Processo

Betão	Armaduras	Moldagem	Cura
<ul style="list-style-type: none"> • Encomenda da matéria-prima • Entrega da matéria prima • Armazenagem • Recolha dos inertes para o doseador • Dosagem • Transporte dos inertes para a misturadora • Inserção do cimento e água • Mistura 	<ul style="list-style-type: none"> • Encomenda de Aço • Entrega do Aço • Armazenagem • Transporte para o local de preparação • Preparação do aço • Fabrico das armaduras • Transporte para os moldes • Colocação da armadura no molde 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparação dos moldes • Transporte de betão para os moldes • Betonagem dos moldes • Desmoldagem • Transporte do Estrado para Zona de Cura • Período inicial de cura 	<ul style="list-style-type: none"> • Desmoldagem • Transporte do elemento para stock com permanência obrigatória de 20 dias • Entrega ao consumidor

Algumas das alterações não são directamente visíveis na Tabela 10, como por exemplo a do tratamento da área de trabalho, mas todas estas alterações serão debatidas e apresentadas na análise e discussão de resultados.

3.7 Implementação e Controlo

Estando definidas as propostas para solucionar os problemas identificados, deve-se efectuar a implementação destas e fazer um controlo das suas variações.

Acompanhado de perto o modelo proposto é avaliado de duas formas. Primeiro as propostas são avaliadas de forma isolada, fornecendo informação de cada uma das aplicações sem que esta seja influenciada pelas restantes. De seguida avaliadas em conjunto para verificar interacções positivas ou negativas e analisar a solução proposta no seu todo, obtendo as conclusões finais dos resultados.

Gestão das Existências

Como mencionado nas propostas de alteração, a gestão das existências do aço não se encontra de forma organizada e otimizada. A solução será implementar o conceito de JIT com utilização de *Kanban* para a gestão do aço.

Baseado nos estudos de Chan (2001) e Junior e Filho (2010), criou-se um sistema de cestos para armazenar o aço, onde para cada tipo de aço utilizado existem dois cestos. O cartão de sinalização do *Kanban* neste sistema é a existência de um cesto vazio. Como para cada tipo de aço existem dois cestos, utiliza-se o aço de um cesto até que este se encontre vazio. Quando isto acontece passa-se a consumir o aço do outro cesto e é sinalizada a necessidade de encomendar mais matéria-prima.

Após a encomenda, o aço demora entre três a cinco dias úteis a ser entregue. Assim cada cesto foi desenvolvido para ter uma capacidade capaz de armazenar aço suficiente para manter a produção em funcionamento durante cinco dias.



Figura 18 – Sistema *Kanban* nas Existências do Aço

Localização das Existências do Aço

Na fábrica estudada o aço armazenado está localizado longe da área de preparação do aço, que obriga a utilizar um veículo para proceder ao seu transporte para a próxima etapa do processo. Este facto justifica-se pela falta de gestão do espaço em fábrica e a necessidade de facilitar as manobras dos camiões que descarregam o aço.

De forma a eliminar o transporte excessivo, proveniente da aplicação dos critérios de “*Muda*”, respeitando também a metodologia 5S e os critérios da produção celular, deve ser melhorado o *lay-out* da fábrica. Alterando a localização das existências do aço obtém-se um aumento do fluxo de produção, redução do tempo do processo, espaço necessário em fábrica e aumento da segurança no local de trabalho. A sua localização em fábrica deve estar alinhada e próxima da área de preparação do aço. As existências do aço para esta solução foram transferidas de modo a respeitar estas medidas.

Localização das Existências dos Agregados

Na fábrica estudada, os agregados são arrastados para o doseador, que os descarrega para um balde transportando-os para a misturadora. A proposta de alteração é o posicionamento dos agregados a uma cota mais elevada que a misturadora. Desta forma os agregados passariam directamente do doseador para a misturadora, sem que haja necessidade do seu transporte.

A proposta para a localização das existências dos agregados não pôde ser testada pois a fábrica em estudo não aceitou a sua implementação. A justificação foi de que seria necessário um grande investimento em equipamento novo e o tempo de implementação prejudicaria a produção.

Moldagem

O sistema de moldagem presente utiliza moldes fixos e após a betonagem estes têm de permanecer em repouso até ao dia seguinte, antes que se possa fazer a desmoldagem. Isto significa que o número de elementos produzidos por dia está limitado ao número de moldes existentes e estes têm um custo bastante elevado.

Este sistema tem uma grande ocupação de espaço em fábrica pois como estes elementos estão fixos, não têm um método de arrumação, e para proceder à sua betonagem é necessário deslocar o betão para os moldes num monta-cargas alterado para o caso, sendo necessário espaço suficiente entre os moldes para o monta-cargas passar para se fazer a betonagem.

A alteração proposta será utilizar moldes com que se consiga fazer a desmoldagem dos elementos directamente para um estrado, pouco tempo após a sua betonagem. Estes continuam a ter que esperar para de um dia para o outro antes que possa ser removido do estrado e colocado em *stock*.

Desta forma é apenas necessário utilizar-se um único molde durante o processo de produção. Para se proceder à cura, os estrados são organizados e empilhados, ocupando-se um espaço menor relativamente ao sistema anterior, em que os elementos tinham de permanecer nos moldes fixos para a sua cura.

Em conclusão, os estrados acabam por substituir os moldes e são mais simples, económicos e fáceis de manusear. Este sistema também oferece uma boa flexibilidade, pois o molde utilizado pode ser substituído com facilidade, sendo possível obter variedade nos elementos produzidos.



Figura 19 – Estrados Utilizados no Processo de Moldagem

Betonagem

O processo de produção presente na fábrica obriga a que seja necessário fazer o transporte do betão da misturadora para os moldes. Esta etapa é feita com a ajuda de um monta-cargas alterado para o caso. Este sistema demora bastante tempo, atrasando o tempo do processo, forçando os operários a esperar, requer limpeza demorada e também produz grandes quantidades de resíduos, pois este perde quantidades substanciais de betão pelo transporte e descarga para os moldes. Segundo a análise documental estes desperdícios representam 2% do consumo total de betão.

Esta alteração não é possível fazer-se isoladamente pois os moldes estão fixos e é necessário manter o transporte do betão, mas com a implementação do sistema anteriormente mencionado com a desmoldagem em estrados, esta alteração poderá ser testada. A proposta de solucionar o problema só poderá ser validada em conjunto com a implementação do novo equipamento de moldagem.

Assentamento

No processo de produção estudado os moldes são vibrados. Este processo é muito dispendioso pois é necessário ter um operário no processo de vibração dos moldes e a longo prazo o processo de vibração danifica os moldes.

A utilização de um adjuvante no betão elimina a necessidade de utilizar a vibração, trazendo assim uma maior vida útil para os moldes e uma redução do número de operários.

O adjuvante traz certas limitações para o betão. Este só poderá ser utilizado nos moldes existentes, onde são fixos e desmoldados no dia seguinte. Para o novo sistema de desmoldagem sobre estrados o betão tem que ter uma consistência seca, para que quando desmoldado mantenha a sua forma inicial. O adjuvante faz com que o betão seja demasiado fluido para o sistema mencionado.

Stock

A utilização de *stock* é contrária aos princípios *Lean*, que defendem a passagem do produto directamente do processo de produção para o consumidor. A redução do *stock* contribui para um aumento do fluxo do produto e uma grande redução na área de fábrica necessária.

A redução de *stock* não será implementada pois a empresa participante não o autoriza. A empresa defende que as encomendas efectuadas não são constantes, variando com a época e quando são efectuadas, são em grandes quantidades, obrigando assim a uma necessidade de um *stock* suficiente para equilibrar esta discrepância de encomendas. Na mesma linha de pensamento Dawood e Marasini (2002) afirmam que sazonalidade é inevitável para a indústria de pré-fabricados de betão, forçando a uma criação de *stock* para combater este desequilíbrio.

Área de Trabalho

Segue-se um exemplo na Figura 20 de uma bancada de trabalho numa fase inicial deste estudo. É possível observar-se as características referidas anteriormente na secção do desenvolvimento do modelo, onde o espaço encontra-se desorganizado e confuso.



Figura 20 – Mesa de Preparação do Aço Desorganizada

Todos os operários receberam uma breve formação sobre os conceitos *Lean*, mais aprofundada na metodologia 5S. Foi elaborado pelo responsável do sistema de gestão da saúde e segurança da fábrica um relatório (Anexo I) que foi distribuído por todos os intervenientes no processo de produção com regras e sugestões na organização do espaço.

A produção foi interrompida por um dia para que os trabalhadores pudessem transformar e organizar os seus espaços de trabalho, acompanhados e vigiados pelos Engenheiros responsáveis do departamento técnico, controlo de qualidade e gestão da saúde e segurança.

Esta implementação teve enfoque na preparação do aço, fabrico de armaduras e moldagem. Houve uma especial dedicação à transformação da mesa de fabrico de armaduras para aumentar a sua eficiência.

Esta alteração é complementada com um período de 20 minutos no final de cada dia para se obrigar a manutenção da organização dos espaços. Este tempo concedido no final de cada dia já era uma prática habitual da fábrica mas destinava-se à limpeza das instalações. Com os novos conceitos *Lean* em mente este período de tempo destina-se a manter os locais de trabalho organizados segundo os critérios 5S e *Kaizen*. Estes conceitos são cíclicos com uma procura contínua de melhoria.

O espaço de trabalho da preparação do aço foi revisto e alterado segundo a metodologia 5S. Todas as ferramentas e materiais não necessários foram excluídos, e foi construído um sistema de prateleiras com divisões para organizar o material. Todos os materiais e equipamentos foram colocados de forma que estes fossem facilmente acessíveis. Estas alterações podem ser observadas na Figura 21.



Figura 21 – Mesa de Preparação do Aço Organizada (5S)

4 Análise e Discussão de Resultados

Com as devidas alterações propostas implementadas e acompanhadas, a análise de resultados baseia-se principalmente nos tempos das etapas, ocupação do espaço em fábrica e número de elementos produzidos num dia de trabalho. Com a análise de resultados podemos chegar a conclusões sobre as variações positivas ou negativas e sobre as limitações que uma implementação *Lean* pode trazer para a produção de elementos pré-fabricados de betão.

Cada proposta terá uma avaliação de diferentes aspectos resultantes das soluções implementadas, mas todas serão estudadas relativamente ao espaço de ocupação, redução do tempo do processo e número de elementos produzidos.

É importante clarificar que a apresentação dos resultados das alterações e seu estudo está condicionada pelas limitações à revelação de informações internas consideradas sensíveis pelas empresas que participaram neste estudo. Não foi permitido pela empresa onde se realizou o caso de estudo incluir as seguintes informações:

- Custo de Mão-de-Obra.
- Preço de venda dos elementos produzidos.
- Custo de produção.
- Planta das Instalações.
- Especificações dos Equipamentos.

A aplicação das ferramentas e soluções propostas anteriormente com objectivo de eliminar ou reduzir os desperdícios identificados, serão analisadas para comprovar a sua validade e quantificar os benefícios resultantes de uma implementação *Lean* no caso de estudo de uma empresa de produção de elementos pré-fabricados de betão armado.

Este caso de estudo é importante para validar os conceitos *Lean* nesta área de produção, demonstrar os benefícios resultantes, e dar a conhecer os seus conceitos. Com esta abordagem pretende-se também identificar as limitações que possam existir, bem como clarificar o âmbito de aplicação e os pressupostos das implementações propostas.

Como referido anteriormente, as alterações serão primeiro avaliadas de forma isolada, sendo depois avaliadas em conjunto.

4.1 Avaliação de Forma Isolada

Gestão de Existências

Reduzindo o volume das existências e aplicando JIT com o sistema *Kanban* para a gestão das existências do aço, foi possível reduzir a sua área de ocupação e os recursos financeiros cativos. As existências do aço eram capazes de suportar 10 dias de produção, estas foram reduzidas para 5 dias.

Com a redução e organização das existências a área necessária passou de 586m² para 340m², representando uma redução da sua área de ocupação de 42%.

Outro benefício registado com esta alteração é no capital cativo em matéria-prima que foi reduzido em 50% relativamente ao aço. Tal resulta, por si só, já do facto de existir presentemente menos aço nas existências pois foram reduzidas para metade. No entanto, para a área de ocupação o facto de o aço se encontrar organizado e limitado a um espaço especificamente estipulado também contribui para a sua redução.

Estes valores encontram-se representados na Figura 22.

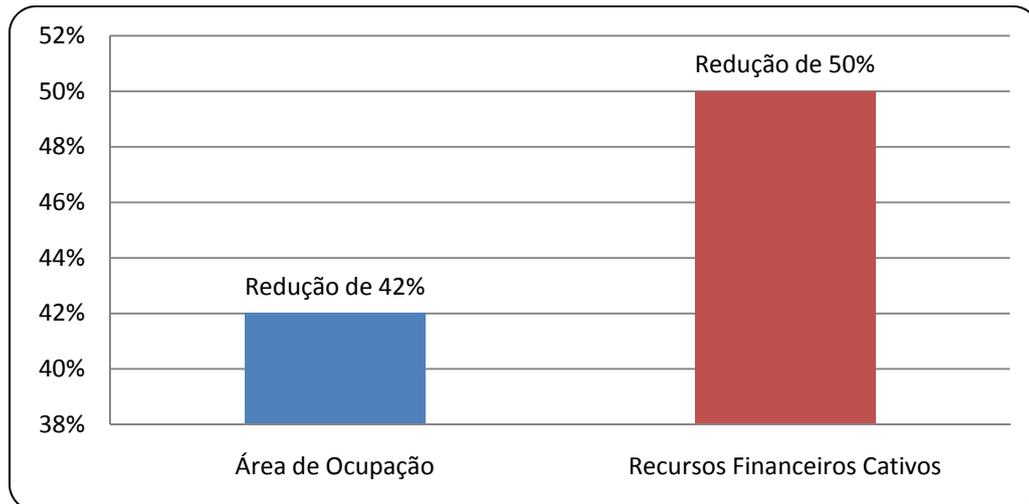


Figura 22 – Redução de Recursos com a Aplicação de *Kanban* (Aço)

Em relação à qualidade do produto, este sistema elimina o problema na oxidação do aço.

Esta melhoria na qualidade resulta da eliminação da possibilidade de haver aço que fique “preso” com a nova carga, que antigamente era frequentemente descarregado em cima do existente. Desta forma, os operários retiravam o aço que se encontrava mais exposto, o aço “novo”, e antes que fosse possível consumir o aço que se encontrava “preso”, era recebido o novo carregamento de aço. Implementando JIT e *Kanban* para as existências o problema do aço oxidado é resolvido em 100%, visto que o aço oxidado passou de representar 29% para 0% das existências do aço. Esta representação pode ser observada na Figura 23.

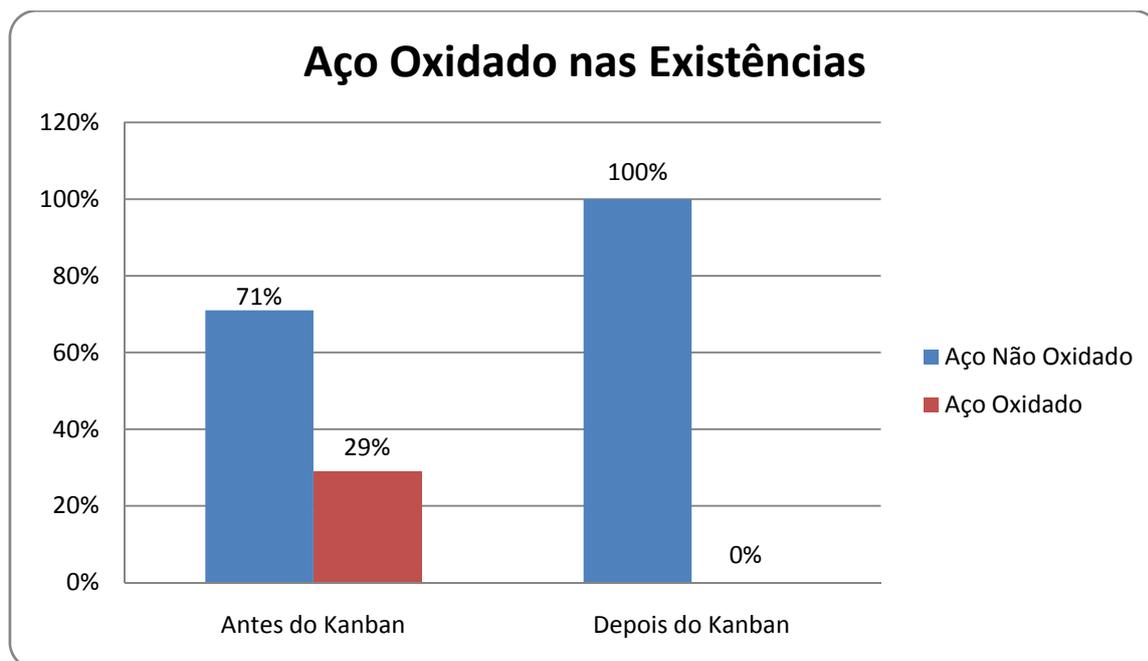


Figura 23 – Qualidade da Aço nas Existências

Outro cuidado que se deve ter com as existências de aço prende-se com o facto de que este não deve estar em contacto directo com o chão, devendo antes ser colocado em cima de estrados de madeira. Este cuidado já era tido em conta pela fábrica antes da elaboração deste trabalho.

Localização das Existências do Aço

Alterando a localização das existências para junto da preparação do aço de forma a eliminar seu o transporte desnecessário, o tempo da preparação do aço foi reduzida 38 segundos do seu tempo original de 4 minutos e 33 segundos representando uma redução de 14%. Verifica-se um aumento do fluxo do produto, reduzindo-se substancialmente este excesso de transporte. No entanto, em relação ao tempo total de produção ou ao número de elementos produzidos por dia não houve variação, pois a preparação do aço é das etapas com o tempo mais reduzido no processo.

Com a alteração da localização das existências do aço para junto da preparação do aço deixa de ser necessário dispender tanto tempo com a recolha do aço das existências. Deixa também de ser necessário a utilização de um veículo para proceder ao transporte do aço. Isto não só promove o aumento de segurança na fábrica mas também reduz os custos, pois sem a necessidade de um veículo específico para a tarefa, reduz-se no seguro da fábrica, no consumo de combustível e manutenção e reparações necessárias ao veículo. Ou até mesmo o seu custo de aquisição.

O tempo disponível para a elaboração deste trabalho de investigação não é suficientemente longo para se conseguir retirar conclusões concretas sobre a percentagem de acidentes no local de trabalho, mas os operários envolvidos nesta alteração afirmam que o número de ferimentos ligeiros foi reduzido.

Relativamente à área de ocupação, esperava-se conseguir uma redução do espaço necessário em fábrica, mas isto não se verificou. Os camiões que descarregam o aço continuam a necessitar do espaço para efectuar as suas manobras.

Localização das Existências dos Agregados

Como referenciado anteriormente esta alteração não foi implementada. Relativamente à eficiência de produção os ganhos desta alteração seriam bastante reduzidos, pois o tempo que a misturadora consome para preparar o betão é de 3 minutos e 10 segundos e o tempo do processo desde a recolha dos agregados até que estes sejam descarregados na misturadora é de 2 minutos e 17 segundos. Embora fosse possível reduzir esta etapa em 22 segundos – tempo do transporte dos agregados do doseador para a misturadora – representando uma redução de 16% no tempo da etapa, não iria trazer benefícios no tempo total do processo pois o tempo que a misturadora demora é muito superior ao tempo que o processo de fazer os agregados chegar à misturadora consome. No entanto era possível conseguir outros benefícios com

esta alteração, tais como: redução de equipamentos necessários, redução no consumo energético e nos custos de manutenção da fábrica.

Moldagem e Betonagem

Para este caso foi implementado um novo sistema de moldagem, onde os elementos são desmoldados em estrados. O molde foi colocado por baixo da misturadora onde antigamente o monta-cargas se dirigia para receber o betão. Desta forma elimina-se o transporte do betão.

Com estas alterações registou-se um aumento de 38% no número de elementos produzidos como se pode verificar na Figura 24.

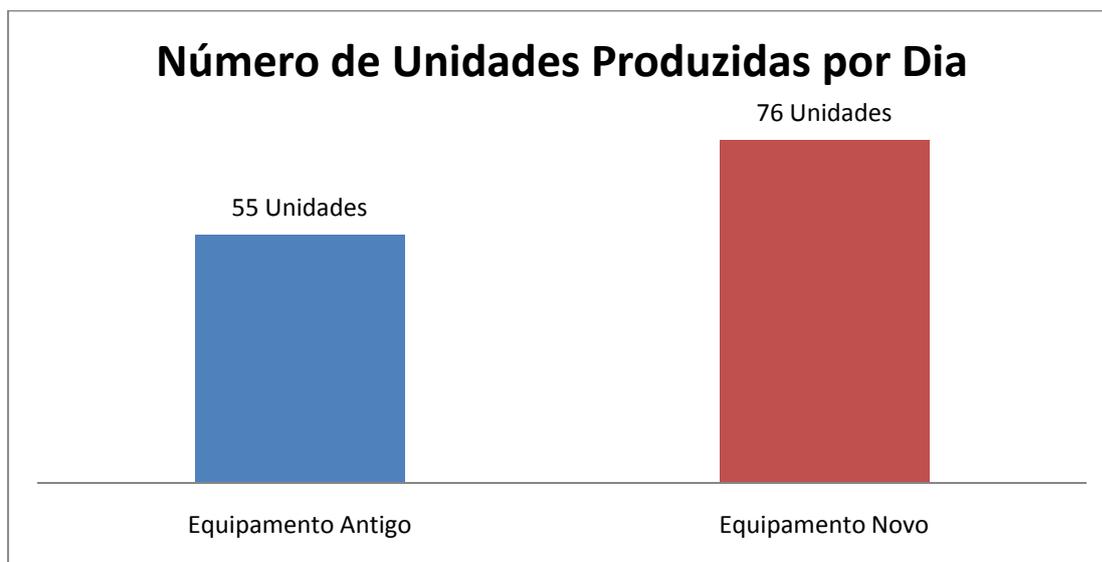


Figura 24 – Número de Elementos Produzidos com Troca de Equipamentos

Este aumento na produção, segundo dados fornecidos pela administração traduz num aumento no lucro de 14.231,58€ por ano. O investimento necessário para a aquisição do equipamento e sua instalação é no valor de 1.100.000,00€. O investimento foi creditado por uma entidade bancária que ofereceu uma taxa de

juros nominal de 6% para um prazo de pagamento de cinco anos que resulta num valor de prestação mensal de 21.266,08€.

Após os cinco anos, e uma vez liquidado o crédito, o aumento do lucro passa a ser no valor de 269.424,54€.

Os cálculos do aumento do lucro realizados não contemplam a taxa de inflação. De igual modo, para todos os cálculos relativamente ao crédito financiado e aos lucros obtidos, foi sempre considerado que o equipamento adquirido não tem qualquer valor comercial após a sua aquisição.

Os benefícios não surgem unicamente no número de elementos, a área necessária para esta etapa do processo é reduzida. 230m² dos 720m² originais representando uma redução de 32%.

Surge no entanto um problema com este novo processo, correspondente à sua falha perante a regra FIFO. Como os estrados são empilhados, significa que o primeiro elemento a entrar na zona de cura é o último a sair da linha de produção. Este sistema de moldagem também apresenta algumas limitações em relação ao produto que pode ser produzido. Segundo o fabricante deste novo sistema não é aconselhável a sua utilização para elementos com comprimentos superiores a 11m. Isto deve-se ao facto do abaixamento da secção vertical ser demasiado elevado após a sua desmoldagem e também das deformações no sentido longitudinal serem demasiado elevados com o manuseamento do elemento.

Este equipamento também está limitado pelo tipo de secções que os elementos possam ter. Estes têm que ter uma configuração de forma a que seja possível proceder à desmoldagem instantânea a fresco sem que se perca a sua forma inicial. Seguem alguns exemplos na Figura 25:

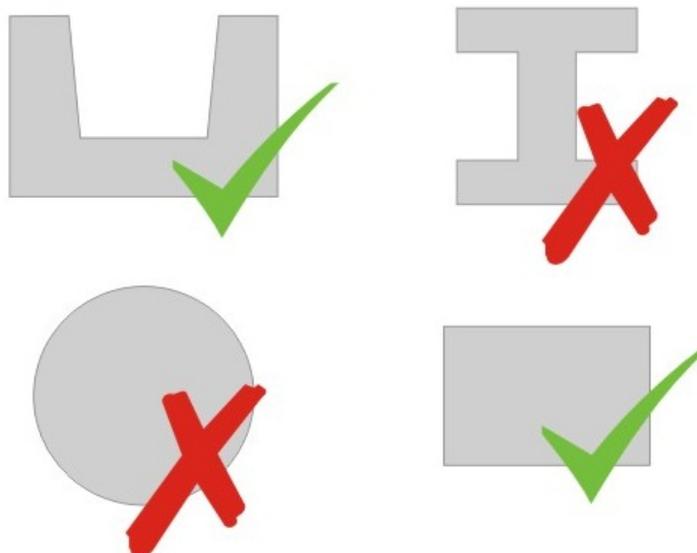


Figura 25 – Exemplos de Secções

Relativamente à produção, a moldagem era o *bottleneck* que limitava a produção a 55 elementos por dia. Com a implementação deste novo sistema de moldagem aumentou-se o número de elementos produzidos para 76 unidades. Sendo agora a produção de armaduras o que limita a produção.

Assentamento

A introdução de um adjuvante no betão aumenta o custo da matéria-prima dos elementos. A utilização deste elimina a necessidade de vibrar os moldes, o que reduz o número de operários de quatro para três. No entanto, segundo valores fornecidos pela administração o aumento do custo do adjuvante é apenas 45% do custo da mão-de-obra de um operário.

Relativamente a esta redução no custo da mão-de-obra de um operário, esta percentagem é calculada para a produção original de 55 elementos por dia. Quanto maior for a produção diária, menor será a percentagem de redução relativamente à mão-de-obra. Com o mesmo número de operários se se

aumentar a produção, será necessário uma maior quantidade de adjuvante. Então a diferença entre os dois será cada vez menor.

Com esta implementação não só se reduz o número de operários como também o tempo de moldagem, que passou de 8 minutos e 12 segundos para 7 minutos e 45 segundos, o que resulta no aumento de produção de mais 3 elementos por dia.

Eliminando a vibração reduz-se o número de etapas no processo, aumentando o fluxo de produção. Tal resulta também na contribuição para o prolongamento da vida útil dos equipamentos, nomeadamente os moldes e os aparelhos de vibração. Reduz-se também o vazamento da nata do betão nas juntas e o consumo energético.

Por fim um elemento importante na eliminação da vibração é a redução significativa do ruído produzido por esta etapa.

Área de trabalho

Com um espaço limpo, organizado e adequado aos critérios 5S e à produção celular verifica-se um aumento da eficiência e uma redução no espaço necessário para executar as tarefas. Estes valores podem ser observados na Figura 26.

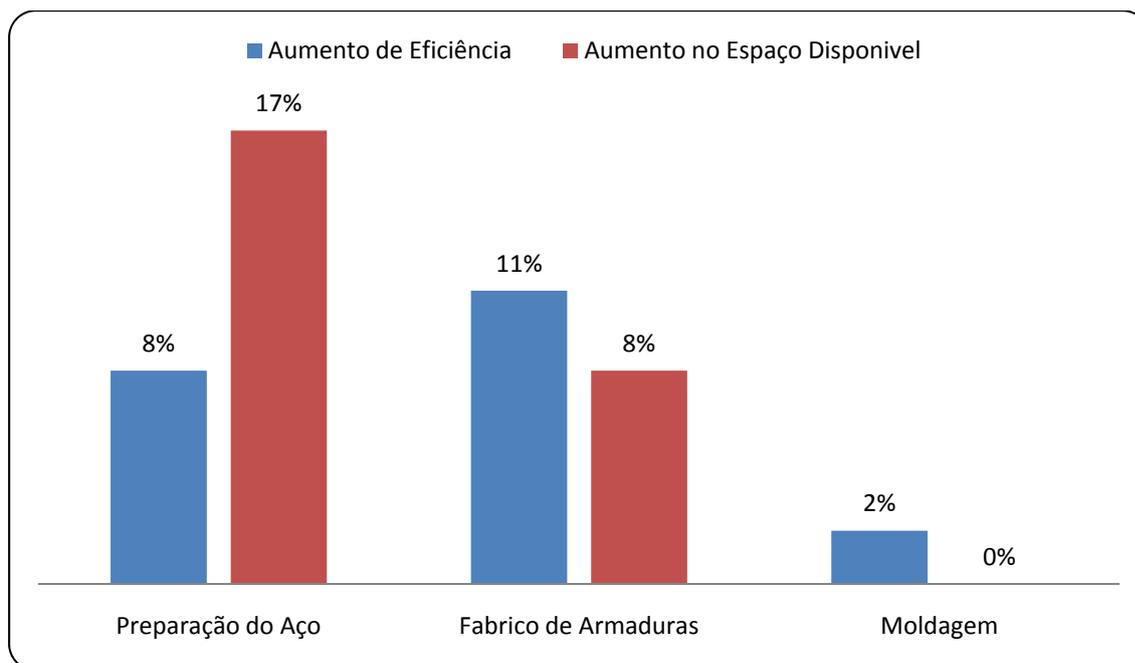


Figura 26 – Aumentos Resultantes das Alterações à Área de Trabalho

O aumento da eficiência na produção, com a implementação da metodologia 5S e conceitos da produção celular nas áreas de trabalho foi de 2%. Este acréscimo representa a produção de mais um elemento por dia.

Este aumento está fixado pelo valor mais reduzido das três áreas principais que sofreram as alterações, sendo este valor originado na moldagem. A organização deste espaço não aumentou significativamente a produção, pois está limitada pelo transporte do betão para os moldes. No entanto este deixará de ser limitativo com o novo equipamento de moldagem colocado de forma a que não seja necessário o transporte do betão.

Em relação ao fabrico de armaduras, conseguiu-se 11% de aumento na eficiência de produção com o desenvolvimento de uma bancada construída e desenhada seguindo a metodologia 5S.

O maior aumento de eficiência verifica-se ao nível da preparação do aço. Este facto justifica-se pela limpeza e organização da sua área de trabalho. Antes das alterações o operário perdia muito tempo com a procura dos equipamentos. O seu espaço de trabalho estava repleto de lixo e diversos utensílios desnecessários, não permitindo desenvolver o seu trabalho de forma eficiente.

Com uma área de trabalho limpa e organizada segundo os critérios 5S é possível aumentar a padronização e eficiência do seu trabalho.

Relativamente à satisfação dos operários foi utilizado uma escala de Likert com valores compreendidos entre 1 e 5 para os níveis de satisfação. Escala representada na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores Atribuídos às Variáveis do Nível de Satisfação

Insatisfeito	Pouco Satisfeito	Satisfeito	Muito Satisfeito	Totalmente Satisfeito
1	2	3	4	5

Das 57 entrevistas realizadas apenas 18 foram utilizadas para o cálculo da satisfação dos operários. Estes são os operários envolvidos directamente no processo de produção ao qual foi aplicado o modelo de implementação.

O nível de satisfação dos operários com o trabalho numa fase inicial deste estudo encontra-se representado na Figura 27:

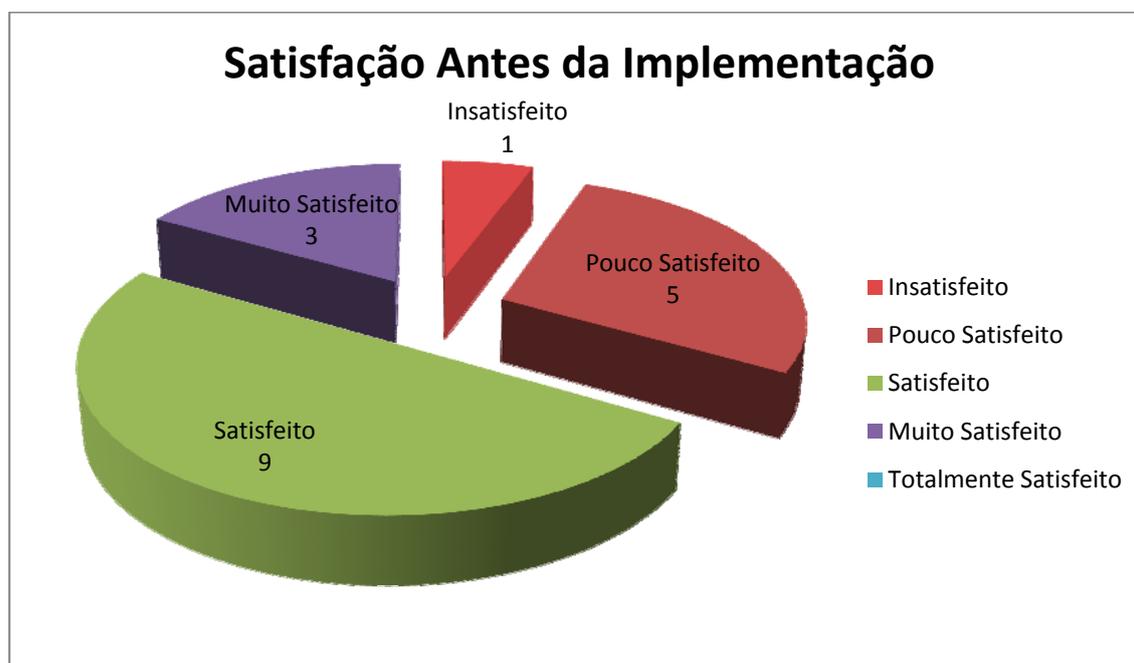


Figura 27 – Nível de Satisfação dos Operários Inicial

Após a implementação desta proposta os mesmos 18 funcionários foram novamente entrevistados. Apenas para compreender o sucesso das alterações e verificar o nível de satisfação em relação ao trabalho. É possível observar-se os níveis de satisfação na Figura 28.

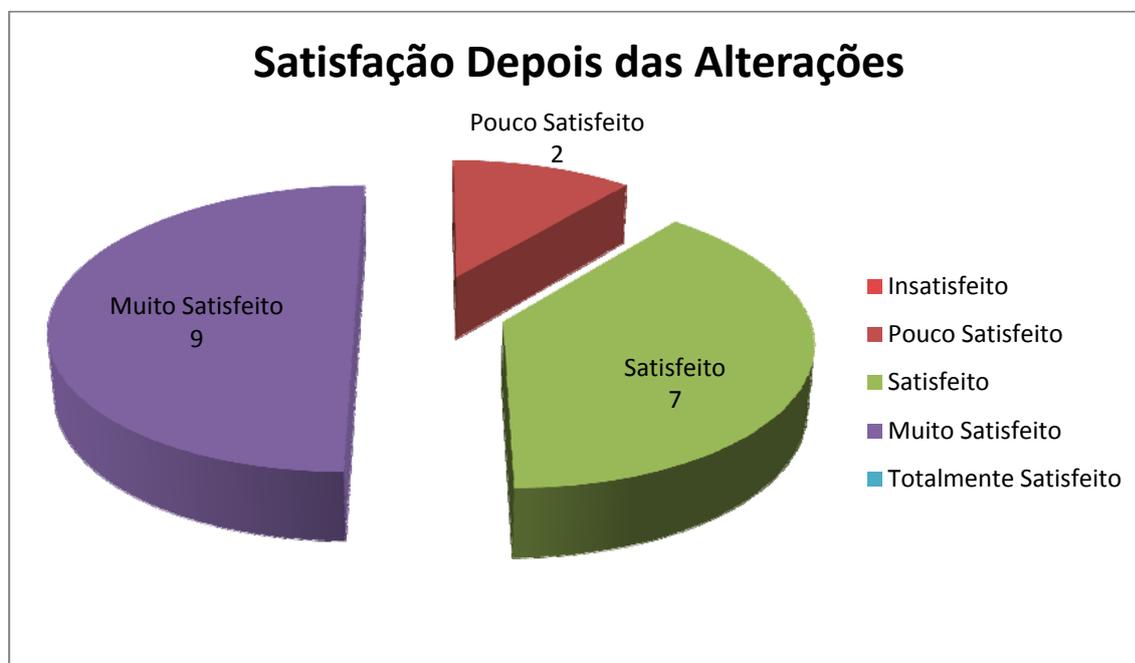


Figura 28 – Nível de Satisfação dos Operários Depois das Alterações

Para calcular a variação na satisfação foi utilizada estatística descritiva com cálculo de médias. Os níveis resultaram nos seguintes valores: média de 2,8 antes das alterações e 3,4 para depois das alterações.

Transformando os espaços de trabalho em áreas limpas, organizadas, e adequadas seguindo a metodologia e princípios de 5S e produção celular, conseguiu-se aumentar a eficiência, reduzir o espaço necessário para a execução das tarefas e aumentar a satisfação dos operários. O aumento da eficiência pode ser resultado tanto da organização do espaço e da redução de tempo perdido com a procura de material e ferramentas como do aumento da satisfação dos operários, pois trabalhadores satisfeitos têm maior eficiência (Shikdar e Das, 2003). A satisfação dos trabalhadores pode resultar por duas vias: Um espaço limpo e organizado promove a satisfação do trabalhador, mas a

eficiência resulta também no aumento da satisfação, pois os operários sentem-se mais estimulados quando conseguem melhores resultados.

O aumento de eficiência na preparação do aço não traz um grande benefício, pois sendo uma das tarefas mais rápidas no processo, o seu aumento não influencia o número de elementos produzidos.

O aumento do espaço disponível ajuda na movimentação dos trabalhadores e dos materiais em fábrica. No entanto os espaços necessários para as tarefas poderão ser tanto menores quanto o resultado do aumento do espaço disponível.

4.2 Avaliação das Alterações em Conjunto

Após uma análise dos resultados com a implementação das alterações propostas feita de forma isolada, analisou-se as alterações em conjunto, por forma a avaliar os resultados e compará-los com os resultados conseguidos anteriormente.

As alterações propostas para o processo de fabrico que foram aplicadas em conjunto, de modo a solucionar os seguintes problemas, são:

- Gestão de Existências do Aço
- Localização das Existências do Aço
- Moldagem + Betonagem
- Área de Trabalho

Como existe incompatibilidade entre a utilização de um adjuvante para o betão e o novo equipamento de moldagem proposto, pela preferência da empresa em estudo, optou-se pela escolha do novo equipamento de moldagem. Esta preferência teve como base os resultados obtidos das suas análises de forma isolada.

Com uma implementação geral no processo de produção com diversas intervenções obtêm-se os seguintes resultados:

Para a gestão e localização das existências os seus resultados não são alterados, mas existem algumas diferenças relativamente à aplicação do equipamento de moldagem, betonagem e área de trabalho em conjunto. Relativamente ao número de elementos produzidos, a sua variação está representada na Figura 29.

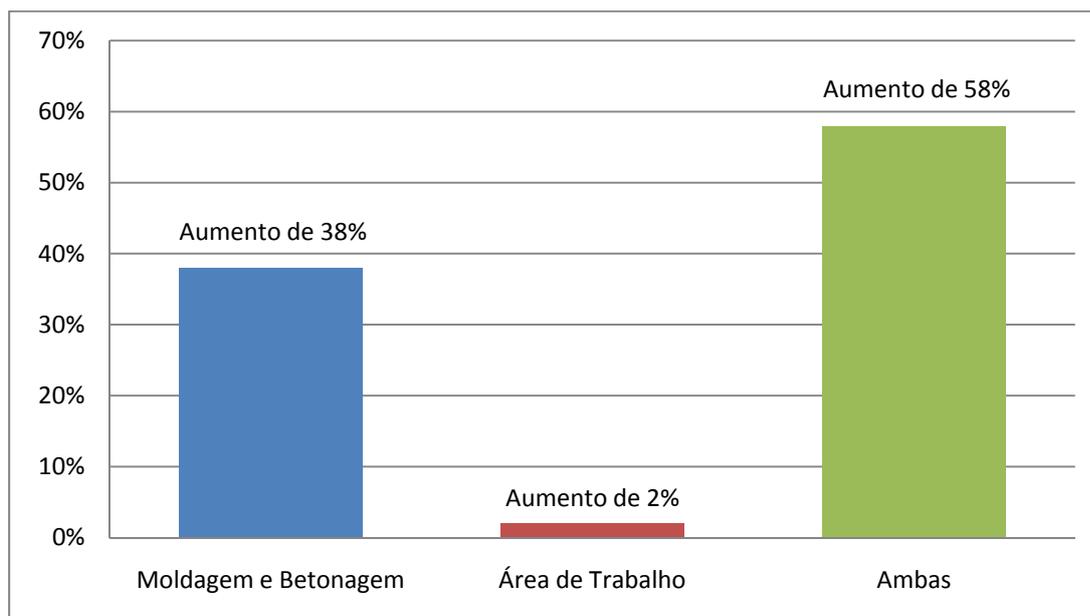


Figura 29 – Aumento no Número de Unidades Produzidas

O aumento conseguido com a implementação das condições referidas anteriormente é de 58%, o que corresponde a um aumento de 32 elementos produzidos diariamente relativamente ao estado inicial de produção. A variação do número de elementos produzidos diariamente está representada na Figura 30.

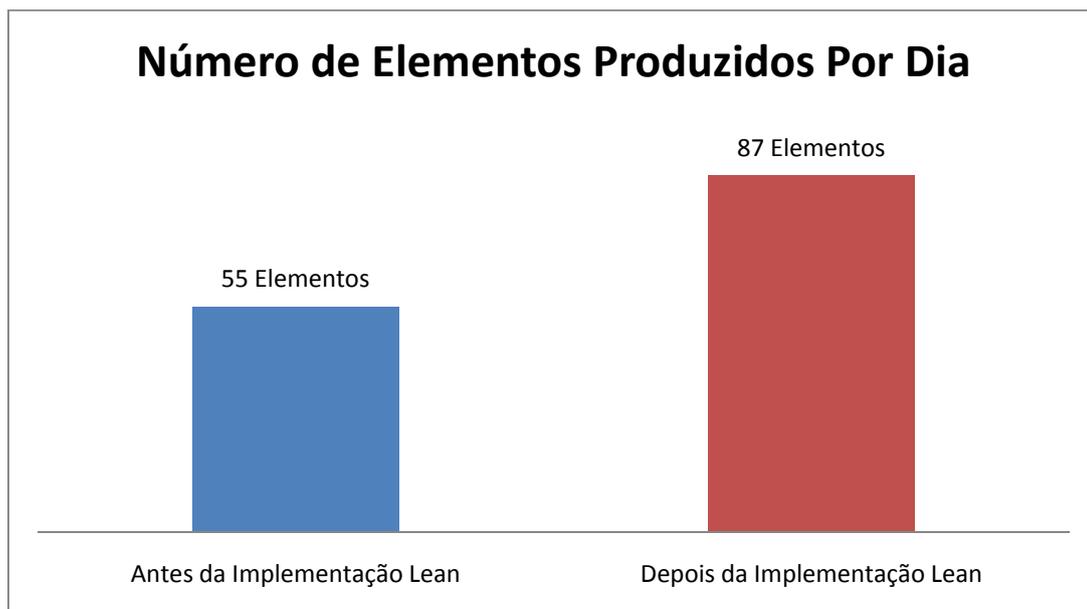


Figura 30 – Variação no Número de Unidades Produzidas

Com base em dados facultados pela administração este acréscimo representa um aumento no lucro anual de 155.358,72€ durante os primeiros 5 anos. Tempo necessário para liquidar o crédito. Uma vez liquidada, o lucro anual passa para 410.551,68€, assumindo que não existe inflação ao longo dos anos.

Uma vez aplicadas as alterações em conjunto, foram novamente repetidas entrevistas aos funcionários directamente envolvidos com a produção. A satisfação dos operários revela ser um forte benefício, pois deixou de haver por completo operários “pouco satisfeitos” perante o seu trabalho. Embora estes resultados possam ser reflexo da novidade das alterações implementadas. Ainda assim é notório a aceitação e o entusiasmo que estas alterações causaram entre os intervenientes do processo. Pode-se verificar na Figura 31 os novos níveis de satisfação dos operários, por comparação com a Figura 27, onde mostra os níveis iniciais.

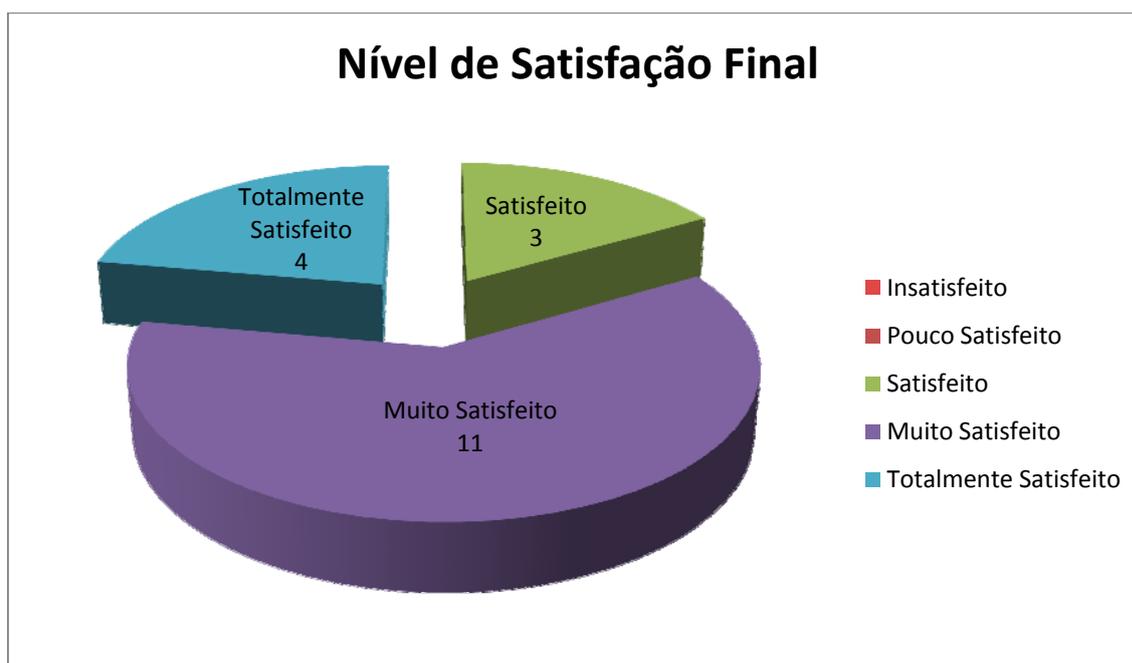


Figura 31 – Nível de Satisfação dos Operários Final

Segundo a Tabela 11 o valor da média da satisfação dos operários passou para 4,1. Embora a satisfação dos operários tenha aumentado, alguns dos resultados podem não ser completamente benéficos. Um dos princípios *Lean* é a procura contínua de melhoria “*Kaizen*”, e a existência de intervenientes totalmente satisfeitos pode eliminar a vontade de procurar melhorar, por considerarem que o estado presente é o melhor.

4.3 Considerações Finais

Isoladamente, todas as alterações propostas obtiveram resultados positivos relativamente aos aspectos tomados em consideração. Mas quando todas as alterações são postas em prática em conjunto, conseguem-se ainda melhores resultados.

Relativamente ao número de elementos produzidos por dia o maior aumento registado das alterações propostas avaliadas isoladamente foi de 38%. Valor referente à moldagem com troca de equipamento e eliminação do transporte

excessivo do betão. Mas se tivermos em conta todas as alterações, o número de elementos sofreu um aumento de 58%.

Como a produção no final das alterações propostas atingiu um valor de 87 unidades produzidas por dia, significa que os dois operários na preparação do aço terminam a sua produção diária em 5 horas e 40 minutos. Como cada dia de produção tem 7 horas e 30 minutos, sobra 1 hora e 49 minutos no final de cada dia, em que os dois operários da preparação do aço fazem a limpeza e organização da fábrica e eventuais trabalhos que sejam necessários.

A satisfação dos operários também varia pois nem todos os trabalhadores são abrangidos pelas alterações. Na figura seguinte estão representados os valores da média de satisfação dos operários, começando pelo valor inicial, seguido pelo valor obtido após a implementação das alterações ao nível da área de trabalho e por fim o valor registado após a aplicação do conjunto de propostas.



Figura 32 – Média do Nível de Satisfação dos Operários

Inicialmente a média de satisfação dos operários era “satisfeito”, com uma ligeira tendência para “pouco satisfeito”. Com as alterações ao espaço de trabalho os operários apresentaram uma média de “satisfeito” mas à beira de estarem “muito satisfeito”. No fim com o conjunto de alterações em funcionamento a média registou um valor de “muito satisfeito”.

5 Conclusões

Os objectivos traçados neste trabalho foram cumpridos, tanto ao nível de desenvolvimento como ao nível de resultados obtidos.

O estudo intensivo dos conceitos *Lean* resultou numa exposição da origem e difusão da filosofia *Lean* e das suas características. A eliminação de desperdícios, aumento na qualidade do produto, organização e simplificação. A consequente redução de custos, tempo de produção e aumento da satisfação do consumidor.

O levantamento e caracterização dos procedimentos de produção de elementos pré-fabricados de betão armado com as visitas às instalações, entrevistas e análise documental, juntamente com o estudo dos princípios *Lean*, permitiu elaborar um modelo de implementação. O objectivo foi o de estudar os benefícios resultantes da implementação dos princípios *Lean* na produção de produtos pré-fabricados de betão armado.

Para uma boa implementação dos conceitos *Lean* foi desenvolvido um *Black Belt Team*, constituído por diversos intervenientes na produção, cuja função foi a de proporcionar soluções de melhoria no processo de produção. A função desta equipa passa também por controlar e verificar que são cumpridas as alterações e que se mantenha uma constante procura da melhoria e que não se volte aos métodos habituais de produção. O Mapeamento do Fluxo de Valor é outro contributo das ferramentas *Lean*. Resultou numa maior facilidade na visualização e compreensão de todas as operações do processo. Facilitou a identificação dos desperdícios e exposição do processo para todos os elementos intervenientes na produção.

Uma vez elaborado o mapeamento do estado actual e identificados os desperdícios e as oportunidades de melhoria, foi desenvolvido o modelo de implementação com base na filosofia *Lean* para melhorar o processo de produção. Esta última fase permitiu estabelecer a ligação entre os conceitos

teóricos da filosofia *Lean* e a realidade nas empresas envolvidas no sector de produção de elementos pré-fabricados de betão armado.

Como demonstrado neste estudo, a filosofia *Lean* tem a capacidade de tornar a produção mais eficiente, reduzindo os desperdícios com simples alterações de baixo custo. Na aplicação de *Lean*, a utilização de Mapeamento do Fluxo de Valor e *Black Belt Team* forneceram grandes contributos, mas não foram a solução para o sucesso. Evidenciaram os problemas no processo e controlaram a sua implementação. As soluções na realidade dependem do conhecimento da filosofia *Lean* por quem a utiliza.

As principais ferramentas utilizadas para solucionar os problemas encontrados no processo de produção foram:

- *Just-In-Time*
- *Kanban*
- 5S
- Produção Celular

Para a elaboração do modelo e propostas de alterações foram tidos em conta todos elementos referidos ao longo deste trabalho, mas estas quatro ferramentas foram as que se revelaram como sendo as mais importantes.

O sistema *Just-In-Time* e *Kanban* resultaram numa redução de área utilizada e capital cativo. Contribuiu para o aumento da qualidade do produto, eliminando por completo o aço oxidado nas existências.

A aplicação da metodologia 5S e produção celular revelaram ser grandes ferramentas para esta indústria. Conseguiram reduzir o tempo dos processos, a área utilizada, aumentar o fluxo de trabalho e material, aumentar a segurança no trabalho, reduzir os equipamentos utilizados e aumentar a produtividade.

Este trabalho revelou nas empresas de pré-fabricados de betão armado alguns problemas e desperdícios correntes. Situações facilmente corrigíveis com resultados positivos com baixo custo de investimento aplicando a filosofia *Lean* no seu processo de produção.

Como limitações, este trabalho lutou contra um reduzido tempo de elaboração e restrições da empresa para qual o modelo foi desenvolvido. Não permitiu uma maior amostra de casos para estudo e não foi possível uma maior profundidade de conhecimento e implementação dos conceitos *Lean*, enfraquecendo a qualidade do *Black Belt Team*.

Para uma boa aplicação da filosofia *Lean*, o seu conhecimento deve ser bastante aprofundado, pois é a raiz do sucesso. O conhecimento dos seus conceitos deve ser alargado a todos os envolventes no processo em causa, sendo que o seu empenho na transformação é de grande importância.

Os resultados conseguidos com este trabalho de investigação vêm confirmar e complementar estudos sobre os benefícios que uma implementação *Lean* pode proporcionar, conseguindo aumentar produtividade utilizando menos recursos.

Implementadas as medidas definidas no caso de estudo concluiu-se que:

- A área de ocupação das existências do aço foi reduzida em 42%.
- O capital cativo em existências de aço baixou 50%.
- Eliminação do aço oxidado nas existências.
- Redução na deslocação e movimentação de operários, equipamentos e produtos.
- Aumento da produtividade em 58%.
- Maior grau de satisfação dos operários, passando de 2,8 para 4,1 numa escala de 1 a 5
- Aumento de segurança no local de trabalho.
- Aumento no espaço disponível em fábrica.

6 Recomendações para Trabalhos Futuros

Como a própria filosofia *Lean* defende, deve-se procurar melhorar o estado actual com o intuito de alcançar a perfeição. No decorrer deste trabalho foi possível identificar oportunidades de melhoria e oportunidades para trabalhos futuros nesta área.

De forma a completar este trabalho, seria importante conseguir-se um estudo relativamente ao consumidor para relatar as variações no grau de satisfação e na qualidade do produto entregue. Assim como fazer uma análise aos custos de manutenção da fábricas devido à implementação das medidas referidas nesta dissertação, bem como aos seus consumos energéticos.

Seria também importante desenvolver um caso de estudo da implementação dos conceitos *Lean* à rede externa, como por exemplo a cadeia de fornecedores, de forma a torna-los mais eficientes. E assim analisar a influência que estas alterações na rede externa possam trazer para a empresa estudada neste trabalho.

Espera-se que este trabalho sirva de motivação para futuros trabalhos relacionados com a aplicação de *Lean* e que encoraje as empresas a tornarem o seu processo de produção mais eficiente, reduzindo o desperdício e tornando o mercado mais competitivo.

7 Referências Bibliográficas

Abdullah, F. (2003). Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Process Industry with a Focus on Steel. Dissertation of PhD, University of Pittsburgh.

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics* , 107 (1), 223-236.

Alarcón, L. F., Diethelm, S., Rojo, O., & Calderon, R. (2005). Assessing the Impacts of Implementing Lean Construction. Thirteenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-13), July, Sydney, Australia, 387-393

Albarran, E. G. (2008). Construção com Elementos Pré-Fabricados em Betão Armado – Adaptação de uma Solução Estrutural “in situ” a uma Solução Pré-fabricada. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Portugal.

Ballard, G., & Howell, G. (2003). Lean Project management. *Building Research & Information* , 31 (2), 119-133.

Buesa, R. J. (2009). Adapting lean to histology laboratories. *Annals of Diagnostic Pathology* , 13 (5), 322-333.

Chan, F. T. S. (2001). Effect of kanban size on just-in-time manufacturing systems. *Journal of Materials Processing Technology* , 116 (2-3), 146-160.

Chan, W.-T., & Hu, H. (2001). An application of genetic algorithms to precast production scheduling. *Computers & Structures* , 79 (17), 1605-1616.

Chen, Y., Okudan, G. E., & Riley, D. R. (2010). Decision support for construction method selection in concrete buildings: Prefabrication adoption and optimization. *Automation in Construction* , 19 (6), 665-675.

Cochran, D. S., Eversheim, W., Kubin, G., & Sesterhenn, M.L. (2000). The application of axiomatic design and lean management principles in the scope of

production system segmentation. *International Journal of Production Research* , 38 (6), 1377-1396.

Dawood, N., & Marasini, R. (2002). Visualisation of a stockyard layout simulator “SimStock”: a case study in precast concrete products industry. *Automation in Construction* , 12 (2), 113-122.

Dawood, N. N. (1995). Scheduling in the precast concrete industry using the simulation modelling approach. *Building and Environment* , 30 (2), 197-207.

Detty, R. B., & Yingling, J. C. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. *International Journal of Production Research* , 38 (2), 429-445.

Diário Económico. (2009). Concurso Nacional Inovação. *Diário Económico*, nº 4764

Doolen, T. L., & Hacker, M. E. (2005). A review of lean assessment in organizations: An exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing Systems* , 24 (1), 55-67.

Elliot, K., Dimensionamento e Construção de Estruturas Pré-Fabricadas de Betão, Seminário Especializado sobre Estruturas Pré-Fabricadas de Betão, FUNDEC, Novembro 2006.

George, Michael. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. McGraw-Hill.

Gonçalves, W. (2009). *Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Portugal.

Hicks, B. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management* , 27 (4), 233-249.

Hüttmeir, A., Treville, S. d., Ackere, A. V., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics* , 118 (2), 501-507.

Junior, M. L., & Filho, M. G. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics* , 125 (1), 13-21.

Kosonen, K., & Buhanist, P. (1995). Customer focused lean production development. *International Journal of Production Economics* , 41 (1-3), 211-216.

Kovács, J. (1998). Precast Concrete Technologies for Developing Countries. BVM Concrete and Reinforced Concrete Works, Hungary. H-1117, Budapest, Budafoki út 209.

Liker, J. (2003). The Toyota Way – 14 Management Principles From The World's Gretest Manufacturer; Macgraw-Hill Companies.

Lyu, J. (1996). Applying Kaizen and Automation to Process Reengineering. *Journal of Manufacturing Systems*, 15 (1), 125-132.

Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design* , 83 (6), 662-673.

Miller, W. J. (1996). A Working Definition for Total Quality Management (TQM) Researchers. *Journal of Quality Management* , 1 (2), 149-159.

Mullen, B., Johnson, C., & Salas, E. (1991). Productivity loss in brainstorming groups: a meta-analytic intergration. *Basic and Applied Social Psychology*. 12, 3-23.

Ohno, Taiichi. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.

Osborne, A.F. (1963) *Applied Imagination: Principles and procedures of creative problem solving* (Third Revised Edition). New York. Charles Scibner's Son.

Peneirol, N. (2007). *Lean Construction em Portugal – Caso de estudo de implementação de sistema de controlo da produção Last Planner*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Portugal.

Petty, M. M., McGee, G. W., & Cavender, J. W. (1984). A Met-Analysis of the Relationships Between Individual Job Satisfaction and Individual Performance. *The Academy of Management Review* , 9 (4), 712-721.

Pheng, L. S., & Chuan, C. J. (2001). Just-In-Time Management of Precast Concrete Componentes. *Journal of Construction Engineering and Management* , 127 (6), 494-501.

Pinto, J. (2008). *Lean Thinking – Criar Valor Eliminando Desperdício*. Disponível em http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos.html. (acedido a 28/11/2009)

Pinto, J. (2008). *Lean Thinking – Glossário de termos e acrónimos*. Disponível em http://www.leanthinkingcommunity.org/livros_recursos.html. (acedido a 28/11/2009)

Rother, M., & Shook, J. (1998). (Foreword by: Woamck, J., Jones, D.). *Learning to See – Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Massachusetts, EUA. The Lean Enterprise Institute.

Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons* , 52 (1), 79-88.

Shikdar, A. A., & Das, B. (2003). The relationship between worker satisfaction and productivity in a repetitive industrial task. *Applied Ergonomics*, 34 (6), 603-610.

Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van, E. M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer-Intergrated Manufacturing* , 18 (3-4), 255-265.

Wan, H. d., & Chen, F. F. (2009). Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach. *Computers in Industry* , 60 (4), 277-283.

Waring, J. J., Bishop, S. *Lean Healthcare: Rhetoric, ritual and resistance*, Social Science & Medicine (2010), doi: 10.1016/j.socscimed.2010.06.028

Warnecke, H., & Hüser, M. (1995). Lean production. *International Journal of Production Economics* , 41 (1-3), 37-43.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, New York.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York: Rawson Associates.

Womack, J. P., Jones, D.T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed The World – How Lean Production Revolutionized the Global Car Wars*. UK: Simon & Schuster.

Womack, J. (2008). *Lean Production to Lean Solutions*. Disponível em <http://www.lean.org/WhatsLean/>. (acedido a 16/11/2009)

Anexos

I Relatório elaborado pelo responsável do sistema de gestão da saúde e segurança da fábrica.

Arrumação dos Locais de Trabalho

1. Separar os materiais necessários para o trabalho dos materiais obsoletos (não utilizados). Retirar os materiais não utilizados do local de trabalho. Colocar os materiais retirados em armazém de sucata ou eliminar da fábrica.

2. Nenhum material de ser deixado ou abandonado nos seguintes sítios:
 - Encostado a paredes;
 - Encostado a pilares;
 - Encostado a máquinas;
 - Encostado a quadros eléctricos;
 - Encostado a portas;
 - Depositado sobre mesas ou bancadas de trabalho;
 - Colocados em cantos ou recantos;
 - Encostado a materiais acabados;

3. Nenhum material deve ser colocado directamente no chão (evitar). Os materiais devem ser colocados sobre paletes ou barrotes para apoiar os materiais.

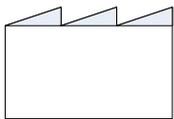
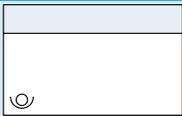
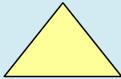
4. Nenhum material deve ser colocado “de qualquer maneira”, cada item deve ser colocado num local específico.

5. O chão deve estar limpo, e livre de pedaços de papel, desperdício, ferramentas, luvas, capacetes, restos de materiais, etc.

Organização dos Locais de Trabalho

1. Deve haver um local no espaço de trabalho ou na fábrica para cada componente de trabalho (ferramentas, materiais, etc.). Os componentes semelhantes devem ser arrumados próximos entre si.
2. Devem ser usadas prateleiras, ganchos ou painéis verticais para arrumar os componentes ou ferramentas utilizadas.
3. Os perfis em aço, varões, ou barras devem ser separados e arrumados na horizontal em estantes com barras horizontais.
4. As chapas devem ser arrumadas verticalmente em cavaletes
5. O material empilhado com possibilidade de rolar deve ser travado com cunhas em madeira ou aço.
6. Os cabos e extensões eléctricas devem ser colocados em local próprio, sem arestas vivas.
7. Nenhuma ferramenta, extensão eléctrica ou EPI (Equipamento de Protecção Individual) deve ser abandonada no local de trabalho no final do dia.
8. O EPI deve ser guardado em local fechado (dentro de gabinetes ou armários com porta).
9. O material nas prateleiras deve estar disposto de forma a ser facilmente acessível.
10. Nenhum material deve estar depositado em zonas de passagem.

II Ícones utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor

Ícone	Significado	Nota
	Camião de transporte	Deve ser acompanhado pela frequência e quantidade de material.
	Fontes externas	Utilizado para representar consumidores ou fornecedores.
	Processo de produção	Os processos devem ser identificados.
	Controlo de produção	Posicionado centralmente para ser fazer convergir os fluxos de informação
	<i>Stock</i>	Deve ser indicado, quantidade e tempo em <i>stock</i> .
	Movimento em produção “empurrada”	Material produzido na actividade de montante e “empurrado” para a actividade de jusante.
	Movimento em produção “pull”	Material produzido na actividade a jusante “pull” da actividade de montante.
	Movimento de carregamentos	Carregamentos vindos de fornecedores, ou entregas a consumidores.
	Fluxo de informação manual	Deve ser indicado o tipo, e frequência.
	Fluxo de informação electrónica	Deve ser indicado o tipo, e frequência. Pode ser via fax, telefone, ou e-mail.

III Mapeamento do Estado Actual do Processo

