

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE GESTÃO ORIGINADOS NA INDÚSTRIA DO SOFTWARE A PROJECTOS DE CONSTRUÇÃO

MÁRIO MIGUEL ALVES MARTINS

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

SETEMBRO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais,

There are two rules for success:

- 1) *Never tell everything you know.*

Roger H. Lincoln

versão para discussão

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero expressar o meu profundo agradecimento à minha família, nomeadamente aos meus pais, que para além do apoio incondicional durante toda a minha vida me permitiram estudar num curso superior e me formar como homem e como profissional. Sempre confiaram em mim e me deram liberdade para tomar as minhas escolhas, fazendo de tudo para tornar possíveis os meus sonhos e objectivos. Sempre me apoiaram em todos os meus projectos, incluindo o meu semestre de estudos no estrangeiro, o qual lhes estou para sempre agradecido. À minha mãe Maria de Fátima agradeço o carinho, incentivo e compreensão ao longo não só neste semestre delicado de dissertação mas também ao longo de todo o curso. Ao meu pai Mário Alfredo agradeço o exemplo, experiência e ajuda que me transmitiu através dos seus conhecimentos nesta área, e todo o apoio prontamente e deliberadamente disponibilizado. Agradeço à minha irmã Marta Sofia, que embora distante fisicamente, sempre se tem preocupado em estar presente em todas as fases da minha vida, aconselhando-me e apontando-me sempre no melhor caminho, com intenções de verdadeira amizade. Ao meu primo Filipe Manuel, futuro engenheiro, agradeço o companheirismo e momentos de diversão proporcionados e espero poder retribuir na sua vida académica.

Expresso o meu agradecimento ao Professor João Poças Martins, orientador científico desta dissertação, pela forma cativante com que me incentivou no desenvolvimento e estudo desta obra. Agradeço-lhe a disponibilidade total e prontidão na resposta às minhas dúvidas e aos meus problemas, e as sempre oportunas sugestões e entusiastas discussões. Agradeço-lhe também o apoio bibliográfico e técnico que me forneceu. Por fim agradeço-lhe a total confiança e paciência que teve em mim, numa fase inicial delicada do trabalho.

Quero também agradecer a todos os meus amigos, em especial a amigos de curso que de uma forma ou de outra influenciaram a minha vida académica e sem os quais nunca teria atingido os objectivos que alcancei. Agradeço as sugestões e discussões ao longo deste semestre de dissertação principalmente.

Por fim agradeço também aos restantes familiares pelo constante interesse e incentivo na minha licenciatura, muito importantes no meu bem estar e motivação pessoal.

RESUMO

Num mundo cada vez mais competitivo, a construção insere-se num ambiente de negócio em mudança, e no entanto, nos últimos anos não se têm observado desenvolvimentos tecnológicos de relevo, sobretudo no que diz respeito á produção em si. A crescente competitividade que levou à redução das margens de lucro e a cada vez maior atenção por parte do consumidor em relação ao valor do produto final, tornaram necessário a aquisição de conhecimento de novas técnicas de gestão que garantam a utilização de ferramentas que permitem produzir melhores resultados. Em Portugal, a adopção de tecnologias de produção para a melhoria da qualidade na construção ainda continua pouco difundida, apesar de estas já serem investigadas e aplicadas em vários países.

Ao observarem-se as boas práticas de técnicas de gestão de outros sectores industriais, que revelam bons resultados e índices de produtividade bastante superiores aos da construção, questionou-se se algumas destas técnicas seriam bem sucedidas quando aplicadas no sector da construção.

O pensamento *Lean* nasceu como forma de minimizar o desperdício durante o processo de produção, através da redução de actividades que não agregam valor ao produto final. A difusão deste pensamento por diversas indústrias e o sucesso alcançado tornaram-no atractivo para os investigadores na Construção. A implementação da filosofia *Lean Construction* tem vindo a melhorar o desempenho dos projectos de Construção.

Por outro lado, a necessidade que as empresas têm em lidar com a incerteza e as inesperadas alterações na sua envolvente estimula a proficiência destas na adaptação à mudança. A eficácia das empresas a responder à incerteza representa a sua Agilidade.

Uma produção *Agile* permite responder a um mercado turbulento e com constante mudança de requisitos. Os Métodos Ágeis surgiram pela vontade de melhorar a forma do desenvolvimento de Software e possibilitam uma rápida resposta face a uma mudança de requisitos.

Para além disto o domínio da tecnologia de informação tornou os *softwares* indispensáveis às organizações e empresas, criando preocupações consideráveis com a qualidade desses produtos. A competição global no mercado levou as empresas a procurar certificações de modelos de capacidade e maturidade como o *Capability Maturity Model Integration – (CMMI)*. A indústria da construção carece de modelos que auxiliem a operar e competir melhor e o CMMI tem-se revelado vantajoso.

De outro ponto de vista existe ainda a preocupação de que uma grande causa de desperdício na transmissão da informação de uma empresa ou do processo construtivo seja devida à carência de um formato de representação padrão único na gestão de projectos deste sector em Portugal. A existência de um método comum e intrinsecamente adquirido pelos intervenientes no processo de gestão construtivo permitiria melhorar a cooperação entre estes de modo a que a comunicação dos processos ocorra de forma eficiente e quase automática. O aproveitamento de um modelo *standard* de gestão tem se vindo a revelar extremamente benéfico em outras actividades produtivas, e mesmo na indústria da construção é já utilizado em outros países. É interessante estudar a viabilidade da formulação de um sistema de gestão de projectos padrão na construção em Portugal.

Palavras-Chave: *Lean Construction*, *Agile*, Modelo padrão, planeamento, gestão.

ABSTRACT

In an increasingly competitive world, construction is part of a changing business environment, and yet in recent years have not been observed relevant technological developments, especially regarding production itself. The increased competition that led to reduction of profit margins and closest attention of the consumer towards the final product value, made it necessary to acquire knowledge of new management techniques to ensure better results. In Portugal the adoption of production technologies to improve the quality of construction is still little known, although these have been researched and applied in several countries.

By observing good management techniques from other industrial sectors, which have shown good results and higher levels of productivity than construction, researchers questioned whether some of these techniques would be successfully applied in the construction sector.

The Lean philosophy was born as a way to minimize waste during the productive process and, at the same time, maximize value. Lean Thinking has diffused itself throughout several industries. The success of the results obtained has lately become attractive for construction investigators. The implementation of the Lean Construction practices has been improving the performance of construction projects.

On the other hand, the need that companies have to deal with uncertainty and unexpected changes in the environment stimulates those companies' proficiency in adapting to change. To respond effectively to uncertainty, companies must understand Agility.

An Agile production process gives the knowledge necessary to respond to a turbulent market in which the requisites keep constantly changing. The Agile Methods have emerged by the desire to improve the software development process were considered agile by allowing a fast response to changing requirements.

Nowadays the field of information technology has made software essential for organizations and businesses companies. Global competition in the market has led companies to seek certification of capability and maturity models like the Capability Maturity Model Integration - (CMMI). The construction industry needs models that help to operate and compete better and CMMI has proved advantageous.

From another point of view there is still concern that a major cause of waste in the transmission of information or the building process is due to the lack of a single standard representation format in project management of this sector in Portugal. The existence of a common method acquired by stakeholders in process management would improve the constructive cooperation between them, and allow that the communication processes occur efficiently and almost automatically. The use of a standard model project management has come to be highly beneficial in other productive activities, and even in the construction industry in other countries. It's interesting to study the feasibility of formulating a standard management system on construction projects in Portugal.

KEYWORDS: *Lean Construction*, *Agile*, Standard model, planning, project management.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO E JUSTIFICAÇÃO	1
1.2 MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS	2
1.3 LIMITAÇÕES DE APLICABILIDADE – AS PARTICULARIDADES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	3
1.4 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO ADOPTADA	5
1.5 ORGANIZAÇÃO POR CAPÍTULOS	6
2 LEAN THINKING – LEAN PRODUCTION E LEAN CONSTRUCTION	7
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 LEAN THINKING.....	7
2.2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO.....	8
2.2.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEMS (TPS)	8
2.2.3 OS DOIS PILARES DE APOIO AO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA: JUST-IN-TIME (JIT) E AUTOMAÇÃO.....	9
2.2.3.1 Just-in-time (JIT).....	10
2.2.3.2 Automação (Jidoka).....	11
2.3 LEAN PRODUCTION	13
2.3.1 PRÍNCÍPIOS DO PENSAMENTO LEAN.....	14
2.3.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO: PUSH VS PULL	15
2.3.3 PRÍNCÍPIOS ESSENCIAIS DA LEAN PRODUCTION.....	15
2.3.4 THE TOYOTA WAY	16
2.3.5 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO	17
2.4 LEAN CONSTRUCTION	19
2.4.1 TIPO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO.....	20

2.4.2	PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	21
2.4.3	ONZE PRINCÍPIOS HEURISTICOS DE KOSKELA APLICAVÉIS À <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	22
2.4.4	TEORIA LEAN DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO	23
2.4.4.1	Transformação, Fluxo e Valor	23
2.4.4.2	Subfluxos de constrangimento das actividades	25
2.4.5	CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL <i>VERSUS LEAN CONSTRUCTION</i>	26
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	29
3	AGILE - MÉTODOS ÁGEIS	31
3.1	HISTÓRIA E MOTIVAÇÃO DA AGILIDADE	31
3.1.1	A PRODUÇÃO AGILE E AS PRODUÇÕES EM MASSA , FLEXÍVEL E <i>LEAN</i>	32
3.2	CONCEITOS PRINCIPAIS DE AGILIDADE E PRODUÇÃO <i>AGILE</i>	35
3.2.1	MODELOS E ÁREAS DE APLICAÇÃO	35
3.2.2	MOTIVADORES E MEIOS PARA O INVESTIMENTO NA AGILIDADE.....	39
3.3	MÉTODOS ÁGEIS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	40
3.3.1	DEFINIÇÃO E ORIGEM.....	40
3.3.2	MANIFESTO PARA O DESENVOLVIMENTO ÁGIL DE SOFTWARE	40
3.3.2.1	Princípios dos Métodos Ágeis	42
3.4	GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS	43
3.4.1	EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MÉTODOS ÁGEIS PARA A GESTÃO DE PROJECTOS	43
3.4.2	DEFINIÇÃO, VALORES E PRINCÍPIOS DA GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS	44
3.4.3	GESTÃO CLÁSSICA DE PROJECTOS VS GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS	45
3.4.4	COMPARAÇÃO ENTRE <i>LEAN CONSTRUCTION</i> E GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS	46
3.4.5	OS CONCEITOS DE AGILIDADE E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	47
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE <i>AGILE</i> E MÉTODOS ÁGEIS	47
4	CMMI – <i>CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION</i>	49
4.1	INTRODUÇÃO Á GESTÃO DE PROJECTOS	49
4.2	INSTITUTOS DE GESTÃO DE PROJECTOS E MODELOS DE REFERÊNCIA	51
4.2.1	<i>PROJECT MANAGMENT INSTITUTE</i> – PMI.....	51
4.2.2	<i>INTERNATIONAL PROJECT MANAGMENT ASSOCIATION</i> – IPMA	51
4.2.3	<i>SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE</i> – SEI	52
4.3	PORQUÊ UTILIZAR O CMMI?	52
4.4	A EVOLUÇÃO DO MODELO	53
4.5	DESCRIÇÃO DO MODELO	54

4.5.1	AS TRÊS UTILIZAÇÕES DO CMMI	55
4.5.2	DIFERENTES ABORDAGENS AO CMMI – CONTÍNUA E POR ESTÁGIOS.....	55
4.5.2.1	Representação Contínua	56
4.5.2.2	Representação por Estágios.....	56
4.5.3	NÍVEIS DE MATURIDADE E DE CAPACIDADE.....	57
4.5.4	COMPETÊNCIAS QUE SE ESPERAM ATINGIR EM CADA ESTÁGIO	58
4.5.5	ÁREAS DE PROCESSO	60
5	PROPOSTA – APLICABILIDADE À CONSTRUÇÃO	61
5.1	ENQUADRAMENTO	61
5.2	APLICAÇÃO DA LEAN CONSTRUCTION.....	61
5.2.1	PRÉ-REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS FILOSOFIAS E FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	61
5.2.2	FERRAMENTAS PRINCIPAIS DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	62
5.2.2.1	<i>Last Planner System</i> (LPS) – Gestão da Produção.....	63
5.2.2.2	Just-in-Time.....	66
5.2.2.3	Exemplos práticos da utilização do <i>Just-in-Time</i>	67
5.2.3	OUTROS EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	68
5.2.3.1	Organização de estaleiro de obras	68
5.2.3.2	Fornecedores	69
5.2.3.3	Operários.....	70
5.2.3.4	Orçamentos.....	71
5.2.3.5	Gestão de Projectos.....	72
5.2.3.6	Recursos Humanos – Equipas em obra, em projecto e Responsáveis da Empresa	72
5.3	AGILIDADE NA CONSTRUÇÃO.....	73
5.3.1	MÉTODOS ÁGEIS E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.....	73
5.3.2	APLICABILIDADE DA GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS NA CONSTRUÇÃO	73
5.3.3	EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE <i>AGILE</i>	74
5.4	APLICAÇÃO DO CMMI	76
5.4.1	O CMMI É UM MODELO DE REFERÊNCIA, NÃO UM <i>STANDARD DE PROCESSOS</i>	77
5.4.2	VANTAGENS PRÁTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO CMMI	78
6	APLICAÇÃO DE UM MODELO PADRÃO NA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO	81
6.1	ENQUADRAMENTO.....	81
6.2	COMPATIBILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS ESTUDADAS.....	83
6.2.1	LIGAÇÃO <i>AGILE</i> E <i>LEAN</i> – A SIMBIOSE PERFEITA.....	83

6.2.2	CMMI E MÉTODOS ÁGEIS – ANTAGÓNICOS OU CONCILIÁVEIS?	84
6.2.2.1	Razões da discórdia	84
6.2.2.2	Há valor em ambos os paradigmas	85
6.3	FILOSOFIA <i>LEAN</i> SEMPRE	85
6.4	VANTAGENS DE UM MODELO PADRÃO – MOTIVAÇÃO	86
7	CONCLUSAO E DESENVOLVIMENTOS	87
7.1	NOTA.....	87
7.2	CONCLUSÕES	87
7.3	LIMITAÇÕES	89
7.4	ESTUDOS FUTUROS.....	90
BIBLIOGRAFIA		91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Relações entre as particularidades do projecto/produção (Vrijhoef e Koskela, 2005)	4
Figura 2 - Esquema de metodologia adoptada	6
Figura 3 - Estrutura do Sistema de Produção Toyota (Ghinato, 2000)	12
Figura 4 - Gestão Tripartida da construção (Bertelsen e Koskela, 2002)	25
Figura 5 - Conceitos nucleares da produção <i>Agile</i> (Yusuf et al., 1999)	36
Figura 6 - Desenvolvimento de um sistema de produção <i>Agile</i> (Gunasekaran, 1999)	36
Figura 7 - Modelo conceptual da produção <i>Agile</i> (Vázquez-Bustelo e Avella, 2006)	37
Figura 8 - Visão da Agilidade como uma capacidade organizacional (Kettunen, 2009)	38
Figura 9 - Agilidade nas diferentes áreas da competência empresarial (Kettunen, 2009a)	39
Figura 10 - Evolução cronológica dos modelos de capacidade e maturidade	54
Figura 11 - <i>Last Planner System</i> : etapas do método de aplicação, (De Sousa et al., 2011)	65
Figura 12 – Contentor metálico <i>standard</i>	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Produção <i>Push</i> VS Produção <i>Pull</i> (Dias J., 2005)	15
Tabela 2 – Teoria de produção TFV (Koskela, 2000)	24
Tabela 3 – Gestão Convencional VS <i>Lean Construction</i> (Abdelhamid e Salem, 2005)	28
Tabela 4 – Comparação entre Produção em Massa, Produção <i>Lean</i> e Produção <i>Agile</i> (Sharp et al., 1999)	33
Tabela 5 – Distinção entre as produções <i>Lean</i> e Fléxivel e <i>Agile</i> (Ganguly et al., 2009)	35
Tabela 6 – Discrição dos modelos principais do modelo conceptual de produção <i>Agile</i>	39
Tabela 7 – Princípios do Manifesto Ágil (<i>Agile Alliance</i> , 2001).....	42
Tabela 8 - Gestão Ágil de Projectos – Valores Centrais.....	44
Tabela 9 – Princípios da GAP (Dias, 2005)	44
Tabela 10 - Comparação entre a Gestão Clássica de Projectos e a Gestão Ágil de Projectos (Dias, 2005)	46
Tabela 11 – Comparação entre a <i>Lean Construction</i> e a <i>Gestão Ágil de Projectos</i> (Owen et al., 2006)	47
Tabela 12 – Comparação entre a Representação Contínua e Representação por Estágios	56
Tabela 13 – Níveis de Capacidade e Níveis de Maturidade (SEI, 2006)	58
Tabela 14 – Competências em cada estágio	58

ÍNDICE DE SIGLAS

Para facilidade de exposição, ao longo da dissertação recorre-se á utilização de abreviaturas na forma de sigla após a primeira definição. A definição de cada sigla é apresentada na seguinte lista por ordem alfabética:

APM - *Agile Project Managment*
ASD - *Adaptive software development*
CMMI - *Capability Maturity Model Integration*
CPM – *Critical Path Method*
DSDM - *Dynamic Systems Development Method*
FDD – *Feature-driven Development*
GAP – *Gestão Ágil de Projectos*
IGLC – *International Group for Lean Construction*
IPMA – *International Project Managment Association*
JIT – *Just-in-Time*
LCI – *Lean Construction Institute*
LPS – *Last Planner System*
MMFV – *Macro Mapeamento Fluxo Valor*
PA – *Process Áreas*
PERT – *Program Evaluation and Review Technique*
PMI – *Project Managment Institute*
PMP – *Project Managment Professional*
PPC – *Percentagem de Planeado Concluído*
SEI – *Software Engineering Institute*
SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*
TFV - *Transformation, Flow and Value*
TPS – *Toyota Production System*
VBM - *Value-based Managment*
VE – *Value Engineering*
WBS – *Work Breakdown Structure*
WWP – *Weekly Work Plan*
XP – *Extreme Programming*

1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E JUSTIFICAÇÃO

A indústria da Construção tem um papel com grande destaque na economia nacional, à semelhança do que acontece a nível mundial, tanto pela sua representatividade no Produto Interno Bruto (PIB) nacional como pela criação de emprego. Por outro lado, a Construção é uma das indústrias cuja economia se revela bastante vulnerável às variações do mercado interno. Poder-se-á dizer que se a economia do país está bem, assim também estará o sector da Construção.

Apesar desta elevada importância na economia, e significativo volume de investimentos, este sector tem sido caracterizado por um grande grau de improdutividade. Esta falta de eficácia e rendimento na construção deve-se a vários factores. Os desperdícios associados à construção ocorrem em diversos níveis e resultam nessa improdutividade. Atingem todo o processo de construção, desde a fase de gestão da informação e projectos até ao desperdício provocado pelo operário. Entre estes é usual considerarem-se como os factores mais influenciadores o elevado grau de complexidade das tarefas a executar, a imprevisibilidade dos acontecimentos, mau planeamento e controlo dos projectos e a falta de mão-de-obra qualificada.

Num mundo cada vez mais competitivo, a construção insere-se num ambiente de negócio em mudança, e no entanto, nos últimos anos não se têm observado desenvolvimentos tecnológicos de relevo, sobretudo no que diz respeito à produção em si. A crescente competitividade que levou à redução das margens de lucro e a cada vez maior atenção por parte do consumidor em relação ao valor do produto final, tornaram necessário a aquisição de conhecimento de novas técnicas de gestão que garantam a utilização de ferramentas que permitem produzir melhores resultados. Em Portugal, a adopção de tecnologias de produção para a melhoria da qualidade na construção ainda continua pouco difundida, apesar de estas já serem investigadas e aplicadas em vários países.

De outro ponto de vista existe ainda a preocupação de que uma grande causa de desperdício na transmissão da informação de uma empresa ou do processo construtivo seja devida à carência de um formato de representação padrão único na gestão de projectos deste sector em Portugal. A existência de um método comum e intrinsecamente adquirido pelos intervenientes no processo de gestão construtivo permitiria melhorar a cooperação entre estes de modo a que a comunicação dos processos ocorra de forma eficiente e quase automática. O aproveitamento de um modelo *standard* de gestão tem-se vindo a revelar extremamente benéfico em outras actividades produtivas, e mesmo na indústria da construção é já utilizado em outros países.

1.2 MOTIVAÇÃO E OBJECTIVOS

Esta necessidade de mudança e das empresas adquirirem novas técnicas de gerência é, no período actual, mais do que uma opção económica, é uma necessidade essencial para a sobrevivência e crescimento competitivo das mesmas. Torna-se necessário encontrar formas de reduzir os desperdícios, os atrasos, e os custos, enfrentando estes problemas como uma possibilidade de aumentar o rendimento. Na conjuntura económica actual de crise no sector, o maior interesse das empresas não serão os grandes investimentos em alta tecnologia, mas sim a melhoria do desempenho, as boas práticas, o aumento da produtividade e as constantes buscas de oportunidades de melhoria do seu sistema de gestão, com um investimento de baixo custo. Há que incentivar as empresas a aderirem a este tipo de mentalidade e consequentemente adoptarem novas filosofias de produção e gestão, com vista a melhoria do rendimento e qualidade final do produto.

Nas últimas décadas, ao serem observados bons resultados nos sectores das indústrias transformadoras, alguns visionários questionaram-se sobre a possibilidade de adaptar algumas técnicas de produção e gestão dessas áreas ao sector da construção civil. Com a necessidade de diminuir os desperdícios quer em obra quer em projecto, existia uma grande janela de oportunidade para se adquirirem métodos e filosofias de gestão mais produtivas.

Assim, um dos objectivos desta dissertação será descrever e investigar metodologias, filosofias e ferramentas de gestão de utilização menos habituais no sector da construção, assim mesmo como outras técnicas provenientes de outras indústrias e avaliar o seu potencial para adaptação e aplicação a este sector.

Apesar de tudo, há que ter também em atenção que as comparações entre o sector da construção e as indústrias transformadoras, como o sector do têxtil ou da indústria automóvel, poderão ser realizadas apenas ate um certo ponto, visto que as particularidades da construção as distanciam em determinados aspectos, que serão discriminados já no subcapítulo seguinte. Nos últimos anos tem sido sugerido que estas comparações talvez se devam realizar mais com a indústria de desenvolvimento de software, já que as restrições de tempo e a individualidade de cada projecto são características que aproximam ambos os sectores.

A revisão bibliográfica e estudo de novas tecnologias nos processos de gestão vão ser orientados na direcção da aproximação e adaptação ao sector da Construção, sempre no sentido de vir a melhorar a qualidade do produto final, e como uma mais-valia para as empresas se tornarem mais competitivas e modernas, para que o aumento da produtividade e redução de desperdícios possam levar ao crescimento e sucesso das mesmas.

Por outro lado, tem-se o exemplo do Reino Unido, no qual nos anos 90 o gabinete de ministros britânico sugeriu a utilização de um modelo de gestão de projectos padrão para utilização em todos os sistemas de informação e projectos relacionados com o governo de modo a facilitar a cooperação, comparação e controlo de diferentes projectos. A utilização deste método *standard* revelou-se bastante benéfica e é já nos dias de hoje *de facto* amplamente utilizado tanto no sector público como privado no Reino Unido, e é ate por alguns considerado o modelo de gestão de projectos mais utilizado no mundo.

Presenciando os bons resultados obtidos no Reino Unido com a padronização de um modelo único para a gestão de projectos, ponderou-se a possibilidade de criação e implantação também em Portugal de um sistema deste tipo.

versão para discussão

Nesta dissertação tem-se então também o objectivo de explorar a hipótese de explorar um possível estabelecimento de um modelo *standard* de gestão de projectos no nosso país e sugerir como poderia ser funcionalmente implantada, que ferramentas utilizaria e explicitar os seus benefícios. Mesmo sabendo que um método padrão para alcançar um objectivo não signifique necessariamente que este seja o melhor meio para o atingir, pretende-se demonstrar claramente as inúmeras vantagens de toda a envolvente que advêm de uma utilização em grande escala e a nível nacional, e propor uma possível constituição das ferramentas e dos processos que formam este hipotético modelo. A ideia será incorporar as técnicas estudadas no modelo padrão de forma a torna-lo o mais habilitado possível.

1.3 LIMITAÇÕES DE APLICABILIDADE – AS PARTICULARIDADES DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

É de ter em atenção que durante este processo de comparação e de adaptação de filosofias e metodologias de gestão provenientes de outros sectores industriais à construção não se poderá esquecer a natureza específica e particular da Construção Civil. As tentativas de adaptação só serão possíveis até determinado ponto visto que as particularidades desta indústria são seriamente limitativas a generalizações. Interessa estudar as características do sector da construção que dificultam a importação das soluções que se têm revelado úteis em outras áreas (Martins, 2009).

Em primeiro lugar existe a especificidade de cada projecto.

A singularidade do produto decorre do facto de na maioria dos casos a produção ser baseada num projecto de desenho e dimensionamento original e criado especificamente para determinado cliente. Ao contrário de indústrias transformadoras e de produção em que o produto final será sempre o mesmo, possibilitando a utilização de técnicas repetitivas e em massa, na construção não existem dois edifícios iguais ou pontes idênticas, etc.

Posteriormente há também que ver que cada produto, neste caso qualquer construção, estará predestinada a ocupar um local específico e único onde apenas ela poderá existir. Tendo em conta que a construção é um tipo de produção fundamentalmente diferente e é extremamente dinâmica, e considerando que na sua essência a construção é o dimensionamento e instalação de objectos num local fixo, torna-se implícito a ideia de realização do projecto de uma determinada obra no respectivo local. A ideia de produção num local específico, e por isso único, é predominante. Essa associação do produto a um determinado sítio é a que fornece a maior parte da incerteza e diferenciação. Os requisitos do produto e dos processos de produção irão depender de inúmeros factores variáveis de lugar para lugar: o tipo de solo de fundação; a acção sísmica; os ventos e as acções agressivas dos agentes naturais; as restrições físicas das proximidades; a aplicação de códigos e de legislação específica, os períodos de requisição e de aprovação, o clima da região, entre outros. O facto de todos estes factores dependerem do local onde se vai construir logo em si exclui a possibilidade de utilização do mesmo projecto para vários locais, mesmo que se tratem de construções idênticas no que toca ao desenho.

O conceito de produção no estaleiro tem associado uma série de características próprias: o local é um recurso necessário à produção, é necessário planear, contratar e montar uma infra-estrutura no estaleiro e o espaço necessário à produção tem que ser coordenado pois a produção ocorre em torno do produto (Koskela, 2000).

Outra desvantagem deste sector é a organização de carácter temporário. A grande maioria das empresas recorre a subempreitadas para realização das suas obras, o que implica uma cooperação momentânea entre as diferentes empreitadas que irão participar no processo de construção de uma tal

obra. O verdadeiro problema está em que raramente existe a contratação das mesmas subempreitadas em diferentes obras, o que impossibilita a criação de métodos de trabalho eficientes em que todos sabem qual o seu papel, compreendendo a estrutura organizacional habitual. Desta forma não se criam hábitos de trabalho repetitivos o que necessariamente criará desperdícios a nível temporal no processo de planeamento do projecto e também a nível de recursos humanos.

Além disso a organização temporária com diversos intervenientes introduz uma cadeia de fornecimento do produto caracterizada por ser fragmentada e com uma pluralidade de especialidades, que é bastante vulnerável, visto que havendo uma falha na cadeia de fornecimento criará improdutividade com um grande numero de intervenientes “parados” em obra que terão custos alem de não acrescentarem valor ao produto.

Na verdade estas não são características exclusivas da construção. Projectos de outras indústrias também as partilham. A singularidade de produtos encontra-se cada vez mais presente na manufactura, com a crescente necessidade de fazer produtos personalizados e únicos. A produção dependente do local, também acontece na agricultura e indústria de extracção, onde nasceram as correntes inspiradoras da manufactura. As organizações com vários agentes, de diferentes âmbitos por tempo determinado, são uma tendência da execução de projectos, independentemente do sector da economia em que ocorrem.

A grande questão é que apesar de tais particularidades serem comuns noutras indústrias, é justamente na construção que se verifica a singular junção de todas elas, (Ballard e Howell, 1998a). É um sector bastante sensível a falhas e de difícil previsão de quando e onde estas poderão ocorrer.

As particularidades de produção na construção, que anteriormente, foram explicadas separadamente também estão ligadas entre si, e podem segundo Vrijhoef e Koskela (2005a) ser esquematizadas como se pode observar na figura 1:



Figura 1 - Relações entre as particularidades do projecto/produção (Vrijhoef e Koskela, 2005)

No entender de Vrijhoef e Koskela (2005), as particularidades devem ser resolvidas ou minimizadas de uma forma integrada, no sentido de conseguir uma resolução para a propagação do desperdício provocado pelas próprias particularidades. Koskela (2000) já havia concluído que devia ser aceite a

hipótese de que as particularidades da construção contribuem para o desperdício e perda de valor do produto. Devido à complexidade da produção e do ambiente da construção, dificilmente se conseguirá estabelecer em pleno, a disseminação de valor. Contudo, um primeiro passo mesmo que parcial pode significar um ponto de partida para um longo caminho de evolução e melhorias na indústria. Segundo a análise feita por Vrijhoef e Koskela (2005) a diversos projectos de características diferentes – com diferentes graus de pré-fabricação e de repetição - verificou-se que com a perspectiva de resolução das particularidades resulta um menor número de problemas, ou pelo menos um menor esforço na gestão das particularidades ao longo do tempo. A resolução das particularidades ao longo do processo de reengenharia do negócio ou das mudanças do sistema de produção frequentemente exige investimentos, e um esforço suplementar para implementar novos métodos e técnicas de produção. Portanto, a questão de atacar as particularidades depende sempre do balanço final entre benefícios e investimento. Para além das particularidades da produção da construção estarem ligadas através de relações causais entre si, também estão ligadas ao nível do produto e ao nível da indústria. Analogamente, têm sido apresentadas várias características singulares, para os produtos da construção, tais como imobilidade, complexidade, ciclo de vida longo, grande intensidade de capital, singularidade de objectos que são desenvolvidos num contexto institucional e económico-social específico. A própria indústria também se diferencia por ter grande fragmentação, grande variedade de firmas, de diversos tamanhos e especialização, e um trabalho demasiado entregue à casualidade (Vrijhoef e Koskela, 2005).

Além destas particularidades, o sector da construção pode ser considerado “low-tech” no que toca a novas tecnologias de produção e gestão quando comparado com outras áreas industriais. Até ao século XIX a construção foi a actividade industrial com maior consumo de recursos humanos e materiais (Eastman, 1999 citado por Martins, 2009). Embora outras actividades industriais tenham tido papel relevante no progresso científico das sociedades – nomeadamente a construção naval, entre outras – pode-se afirmar que durante este período, a construção foi um sector de ponta em termos de tecnologia. Durante o ultimo século esta supremacia foi invertida visto não terem surgido avanços tecnológicos de relevo, ao contrário do que aconteceu, por exemplo, na indústria automóvel.

Também quando comparado com outras indústrias de produção se verifica uma considerável discrepância no que diz respeito á produtividade. Os desperdícios associados ao processo de construção são vários, e talvez ainda mais importante, acontecem a vários níveis e resultam de factores imprevisíveis que não podem ser controlados com certezas. Desperdícios associados á construção civil são abordados com mais pormenor no ponto subcapítulo 2.3.5.

Apesar destas especificidades do sector pensa-se que será vantajoso a tentativa de comparação e aproximação a outras industrias visto que quando se observa atentamente os resultados apresentados por estas revelam maior produtividade o que garante espaço de manobra para melhorias no sector da construção.

1.4 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO ADOPTADA

A sequência de trabalhos da escrita desta dissertação foi dividida em três fases, como se pode ver na figura 2.

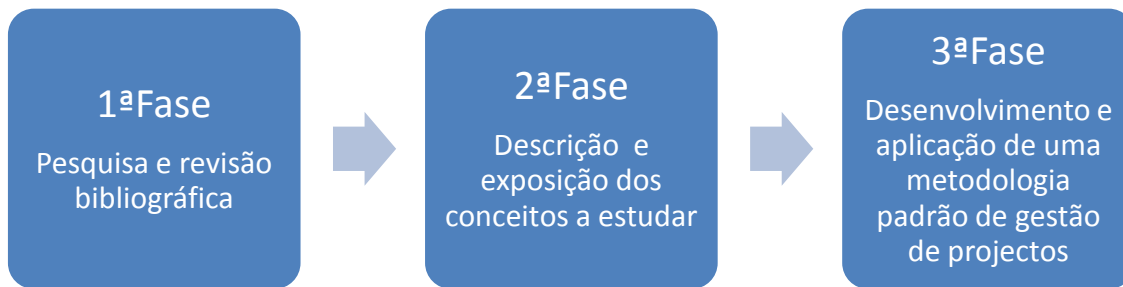


Figura 2 – Esquema de metodologia adoptada

Em primeiro lugar procedeu-se a uma pesquisa e recolha bibliográfica sobre os temas a abordar. Foram estudados especialmente três didácticas: *Lean Construction*, *Agile* e Métodos Ágeis e o modelo de maturidade CMMI – *Capability Maturity Model Integration*.

A pesquisa foi efectuada através de livros sugeridos e um vasto conjunto de artigos, dissertações, publicações e relatórios sobre os temas, maioritariamente publicados nas conferências dos respectivos institutos, como o *International Group for Lean Construction (IGLC)*, *Lean Construction Institute (LCI)* e *Software Engineering Institute (SEI)*.

De seguida realizou-se a descrição destas metodologias com relevo para as suas ideias e propriedades principais de potencial aplicação e exploração no ramo da engenharia civil.

Por fim, na 3ª fase, após o conhecimento adquirido sugere-se uma possível compatibilização destas novas metodologias de gerência, formando um modelo único abrangente de todos os momentos de um processo de construção para aplicação como modelo *standard* no nosso país.

1.5 ORGANIZAÇÃO POR CAPÍTULOS

Esta dissertação está organizada em seis capítulos sendo o primeiro dos quais constituído de imediato pela presente Introdução, que pretende ser elucidativa sobre os assuntos que o autor se propõe abordar e objectivos a alcançar além de apresentar a estrutura do documento.

No capítulo 2 procedeu-se à exposição e descrição do conceito *Lean Construction*. Com particular atenção para a sua evolução histórica, os seus princípios e o que permite alcançar.

Da mesma forma, no capítulo 3 e 4 segue-se a descrição de, respectivamente, as técnicas Ágeis de gestão e o modelo de maturidade CMMI.

No capítulo 5 estuda-se a aplicação das técnicas de gestão estudadas ao sector da construção civil. Pretende-se demonstrar as vantagens que desta aplicabilidade advêm com exemplos práticos. Do mesmo modo também se aspira referir alguns aspectos que devido às particularidades deste sector se tornam menos atraentes e de difícil aplicação.

No capítulo 6 estuda-se a hipótese de uma formulação e caracterização de um modelo padrão de gerência de processos e informação na construção civil, empregando os conceitos estudados nos capítulos de 2 a 4.

Por fim no capítulo 7 retiram-se as possíveis conclusões e considerações sobre o tema, verifica-se se os objectivos foram cumpridos e concretiza-se sobre a viabilidade deste hipotético modelo.

2

LEAN THINKING – LEAN PRODUCTION E LEAN CONSTRUCTION

2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será fornecida uma revisão bibliográfica à teoria subjacente ao pensamento *lean* e aplicação dos conceitos desta filosofia ao sector da produção e posteriormente e em particular à construção. Deseja-se explorar como esta filosofia se estende a esta indústria e qual a possibilidade de aplicação prática à indústria Portuguesa como forma de fortalecer e desenvolver o negócio.

A *Lean Production* teve a sua origem na produção em massa e no *Toyota Production System* (TPS). Os objectivos fundamentais são a eliminação de desperdício ao longo do processo de produção de forma a incrementar o valor do produto final ao mesmo tempo que se melhora a produtividade. O termo *lean*, com que foi baptizada esta filosofia no mundo ocidental, procura espelhar exactamente o princípio de com menos recursos aumentar o valor da produção, ou seja, fazer mais com menos.

O *Lean Thinking* foi ajustado à indústria da construção e o conceito de *Lean Construction* tem sido implementado com sucesso, fazendo-se cada vez mais pesquisa e surgindo publicações cada vez em maior número. A *Lean Construction* preocupa-se obviamente por compreender as especificidades da construção, que diferem em muito das da manufactura que deu origem à filosofia subjacente. O seu desenvolvimento bem sucedido, que a coloca para além da actual gestão de projectos, está a transformá-la no novo paradigma de produção do sector.

A revisão bibliográfica foi feita com consulta de diversas publicações e artigos científicos sobre a *Lean Production* e a *Lean Construction*. A grande fonte deste tipo de literatura foi o *International Group for Lean Construction* (IGLC) e o *Lean Construction Institute* (LCI), que disponibilizam uma quantidade extensa nos seus sítios de *internet*.

2.2 LEAN THINKING

O *Lean Thinking*, que no sentido literal podemos traduzir para a Língua Portuguesa por Mentalidade Magra, é uma filosofia de gestão que promove formas de especificar valor para o cliente, melhora sequência de fluxos de processos, torna a performance mais eficiente e elimina desperdícios na produção.

Esta é a interpretação ocidental de uma filosofia de produção que surgiu num período conturbado da economia do Japão (após 2ª Guerra Mundial na qual esteve envolvido com os Estados Unidos da América), pela necessidade de aumentar a produtividade nas indústrias nesse novo paradigma do país.

2.2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Sabe-se que os princípios do pensamento *Lean* eram já aplicados no tempo dos romanos, aquando da padronização da construção das suas armas, ou processos construtivos das suas estradas, arcos e pontes, mas foi apenas após a 2ª Guerra Mundial com a implementação destas ideias *Lean* no sector automóvel da indústria japonesa que esta filosofia se banalizou.

Com a situação económica do pós-guerra, as indústrias Japonesas não eram mais capazes de suportar os modelos de produção em massa até aí mormente utilizados, devido á falta de recursos e baixos índices de produtividade, surgindo assim a necessidade de reinventar o processo produtivo. Com a aplicação da mentalidade *Lean* ao sector da produção surgiu a *Lean Production*.

A génese desta nova filosofia de produção, assente na abordagem por subdivisão de processos, teve diversas origens, e começou a ser considerado a partir dos anos 50 mas o caso que mais influenciou o desenvolvimento deste pensamento foi o do modelo que surgiu em finais dos anos 70 nas linhas de montagem da *Toyota Motor Company*, conhecida empresa do ramo automóvel.

“O Sistema de Produção Toyota desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de produtos sob condições de baixa procura; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra.”

Taiichi Ohno, 1997

2.2.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEMS (TPS)

A Toyota entrou na indústria automóvel, especializando-se em camiões para as forças armadas, mas com o firme propósito de entrar na produção, em larga escala, de carros de passeio e camiões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da Toyota. Com o final da II Grande Guerra, em 1945, a Toyota retomou os seus planos de se tornar uma grande construtora de veículos. No entanto, qualquer análise menos pretensiosa indicava que a distância que a separava dos grandes competidores Americanos e Europeus era, simplesmente, monstruosa. Costumava dizer-se, nessa época, que a produtividade dos trabalhadores americanos era aproximadamente nove vezes superior à mão-de-obra japonesa, uma razão de 1 para 9. O facto da produtividade americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: existência de perdas/desperdícios no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se observou foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas. Esta constatação serviu para “acordar” e motivar os japoneses a alcançar a indústria americana, o que de facto aconteceu anos mais tarde. (Ghinato, 2000).

O sucesso do sistema de produção em massa criado por Henry Ford, fundador da empresa automóvel Ford Motor Company, e primeiro empresário a aplicar a montagem em série, inspirou diversas iniciativas em todo o mundo. Com a guerra da Coreia, em 1950, a indústria japonesa começa a recuperar o seu vigor. Na Primavera de 1950, o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita de três meses às instalações da Ford, em Detroit. A *Toyota Motor Company* tentou por vários anos, sem sucesso, e produzir a organização e os resultados obtidos nas linhas de produção praticadas pela

versão para discussão

Ford, até que em 1956, o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, percebeu, na sua primeira visita às fábricas da Ford, que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias de forma a ser aplicada num mercado discreto e de variada procura de produtos, como era o caso do mercado japonês. Ohno constatou que os trabalhadores eram subutilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregar valor, existia uma forte divisão do trabalho (projecto e execução), a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes stocks ao longo de todo o processo.

Toyoda e o seu especialista em produção, Taiichi Ohno, reflectiram sobre o que haviam observado na Ford e concluíram que a produção em massa não funcionaria bem no Japão. Desta reflexão nasceu o que ficou conhecido por Sistema de Produção Toyota (*Toyota Production Systems*). Por décadas, na sequência da II Guerra Mundial, os ocidentais cortaram custos na produção em massa de pouca variedade de carros. Isto era um estilo americano de trabalho, não japonês. O problema do Japão era como cortar custos, produzindo um pequeno número de muitos modelos diferentes de carros.

Na procura pela eliminação contínua de desperdícios, os fundadores do sistema, Toyoda Sakichi e seu filho Toyoda Kiichiro unidos ao engenheiro Taiichi Ohno, e para combater a baixa produtividade da época, iniciaram o desenvolvimento de um novo modelo de sistema de produção. Tendo como base o objectivo da eliminação de desperdícios, Ohno estudou os sistemas de produção norte-americanos, adaptando esses conceitos à realidade japonesa da época, que se caracterizava pela escassez de recursos (materiais, financeiros, humanos e de espaço físico), e aplicou novas abordagens para a produção industrial, o que acabou consolidando na prática o TPS ou “produção com *stock zero*” (Coriat, 1994). A implementação do Sistema de Produção Toyota surgiu de uma necessidade explicada pelas restrições do mercado japonês.

A crise do petróleo de 1973, seguida de uma recessão afectou governos, empresas e toda a sociedade a nível global, configurou um novo cenário mundial, caracterizado por uma inversão na relação oferta/procura, ou seja, as capacidades instaladas passaram a ser maiores que a procura, necessitando-se assim de novos princípios de produção. Toda a economia japonesa foi abalada por esta crise, excepto a *Toyota Motor Company*, onde se registou uma redução nos lucros, nos anos de 1975, 1976 e 1977, mas os ganhos foram maiores do que em outras empresas. Com o aumento vertiginoso do barril do petróleo, o facto de a Toyota escapar praticamente ileso aos efeitos da crise enquanto milhares de empresas sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos fez com que a Toyota começasse a receber o reconhecimento mundial. Organizações de todo o mundo tinham os olhos postos na TPS. “*Qual era o segredo da Toyota?!*”(Ghinato, 2000)

2.2.3 OS DOIS PILARES DE APOIO AO SISTEMA DE PRODUÇÃO TOYOTA: *JUST-IN-TIME* (JIT) E AUTOMAÇÃO

As novas condições competitivas que se abateram sobre o mercado mundial, sobretudo, após as crises do petróleo da década de 70, impuseram severas restrições aos ganhos decorrentes da produção em larga escala. Contudo, deve ser dito que esta foi uma das causas fundamentais para que a *Toyota Motor Company* emergisse como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gestão da produção, perfeitamente adaptado às novas regras. A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Esta passou a ser a base sobre a qual está estruturada todo o sistema de produção da *Toyota Motor Company*. Os dois pilares necessários à sustentação deste sistema são: o *Just-in-time* (JIT) e a Automação (*Jidoka*).

Existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema de Produção Toyota. Segundo este modelo, o objectivo da Toyota é responder da melhor maneira às necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead time* (tempo de produção) possível. Tudo isto se faz acompanhar de um ambiente de trabalho onde a segurança e a moral dos trabalhadores constituem preocupações fundamentais dos órgãos de gestão das empresas.

Os engenheiros Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, do Sistema de Produção da Toyota, basearam-se no sistema de fluxo contínuo de produção “em Massa”, de Henry Ford mas ao contrário deste que possuía uma quase ilimitada procura para um mesmo produto, Ohno queria produzir pequenas quantidades de diferentes tipos de produtos, de uma forma flexível e ao menor custo. Ohno começou por reduzir os setups das máquinas e, logo depois, desenvolveu um conjunto de objectivos para desenhar um novo sistema de produção, a que hoje chamamos de *Sistema de Produção Toyota*: Produzir carros que satisfizessem os requisitos dos clientes, com fornecimentos instantâneos, mantendo zero inventários. – Just-in-time. (Howell, 1999)

2.2.3.1 *Just-in-time* (JIT)

Contrariamente à teoria da produção em massa, que como o nome indica, sugere grande volume de produto, e é uma teoria de gestão da manufactura do tipo *push*¹ baseada em previsões do mercado, surge o *Just-in-time* que é uma teoria de produção do tipo *pull* que responde á procura real do cliente. O sistema *push* poderá ser criticável ao nível em que actua assumindo como confiáveis as previsões do mercado, baseando-se no que “deve acontecer”, negligenciando o que “pode acontecer”. Isto poderá levar à subprodução ou sobreprodução dependendo do estudo de mercado ter sido subestimado ou sobrestimado, respectivamente. No último caso, ou seja a oferta (produção) ser maior do que a procura, ocorre acumulação do produto, visto este não ter mercado de escoamento, resultando na criação de *stocks* que ocupam espaço e têm custos, ficando parados sem acrescentar valor à produção. Além disso este tipo de produção funciona apenas quando o tipo de produtos é de pouca variedade e de fabrico simples, onde a qualidade é por vezes negligenciada. (Forbes, 2011)

De outra forma, o JIT sendo um sistema do tipo *pull* compromete-se apenas a produzir o que o cliente deseja comprar, e apenas iniciará a produção após o cliente assim o solicitar. O cliente é o motor da produção. Novamente ao contrário da produção em massa, o objectivo é criar o mínimo de volume de produto necessário, de forma a diminuir ao máximo os *stocks*, e atender às necessidades do cliente de no que diz respeito a variedade e originalidade. Produzir o que o cliente pede.

Just-in-time têm também aplicação na linha de montagem. Esta filosofia foi inventada e optimizada por Kiichiro Toyoda instigado pela necessidade de fazer mais com menos. No que toca á parte prática da produção em sim, Kiichiro afirmou que o melhor meio de trabalhar seria ter todas as partes necessárias para montagem, ao lado da linha de produção, exactamente na hora certa (*just-in-time*) do

1 – Em português significa “empurrar”, este tipo de sistema é o tradicional na produção, onde esta é processada num instante de tempo específico e com data bem definida. O produto, após ser lançado, está sujeito a uma sequencia de operações, pelas quais vai sendo “empurrado” independentemente de ser ou não necessário naquele momento. É a filosofia contrária à do sistema *pull* – em português “puxe”.

seu uso. O JIT é todo um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem que uma empresa produza e entregue produtos em pequenas quantidades, para atender às necessidades específicas do cliente. Segundo Ohno (1997) *just-in-time* significa que num processo de fluxo as partes correctas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time*. Uma empresa que consegue estabelecer este fluxo pode deparar-se com uma situação de inventários nulos. Do ponto de vista da gestão de produção, esse é um estado ideal. Outra ferramenta importante é o *kanban*, que é o meio para se obter o *just-in-time*. Monden (1984) ressalta que o *kanban* é um sistema de informação para controlar de forma proporcionada as quantidades de produção em todos os processos. Trata-se então de uma estratégia que procura a redução da quantidade de produtos em processo, de matérias-primas e de produtos acabados o que promove uma maior circulação de capital. Dito de uma forma simples, o JIT entrega os itens correctos na hora certa na quantidade exacta, encontrando-se o poder desta ferramenta na possibilidade de ajustamento da produção às mudanças diárias de procura, quer em volume, quer em variedade.

No capítulo 5 será abordado o *Just-in-time* de uma perspectiva associada á construção civil, de uma forma prática para o uso na produção em estaleiro.

2.2.3.2 Automação (*Jidoka*)

Em 1926, quando a família Toyoda ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyoda inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem quebrados. Desta forma, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil, dando origem ao outro pilar do TPS designado de automação.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabrico: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Num mercado discreto como o japonês da época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí, Ohno procurou organizar o layout em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação desta nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão:

“Porque razão uma pessoa na Toyota Motor Company é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyoda um operador supervisiona 40 a 50 teares automáticos?” A resposta era que as máquinas na Toyota não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento estivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse.

A invenção de Sakichi Toyoda, aplicada às máquinas da Toyota Motor Company, deu origem ao conceito de *jidoka*, ou automação, como também é conhecido. Este termo expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja frequentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, *jidoka* é alargado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Construção *Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anomalia. Como resultado da automação o operador não é necessário enquanto a máquina trabalha normalmente. Apenas quando a máquina pára, devido a

versão para discussão

uma situação irregular, é que é requerida a atenção humana. Desta forma, um operador pode operar várias máquinas (operador multifuncional), flexibilizando a mão-de-obra nas células de trabalho (Shojinka), tornando possível reduzir o quadro (Shoninka), melhorar a qualidade (menor produção de defeitos), aumentando assim a eficiência e a produção. Essa intervenção, segundo Monden (1984), valoriza a actuação do operário e estimula a aplicação de melhorias.

A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer irregularidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador pára a linha de produção, o problema torna-se imediatamente visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa e eliminá-la, evitando a reincidência do problema, reduzindo assim as paragens da linha.

Quando Ohno iniciou suas experiências com o jidoka, as linhas de produção paravam constantemente, mas à medida que os problemas iam sendo identificados o número de erros começou a diminuir drasticamente. Hoje, nas fábricas da Toyota, o rendimento das linhas aproxima-se dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

A chave da automação é conferir à máquina a inteligência humana e, ao mesmo tempo, adaptar o movimento humano às máquinas autónomas.

A figura 3 apresenta o TPS com os seus dois pilares – JIT e Automação – e outros componentes essenciais do sistema.

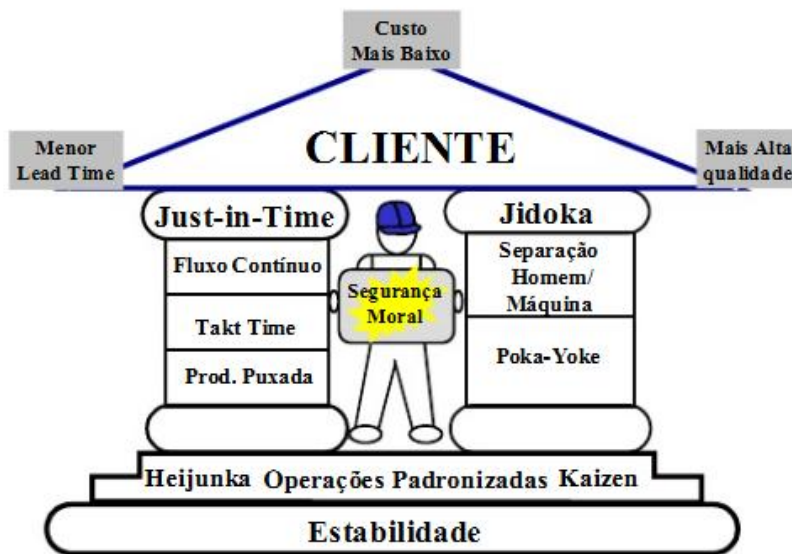


Figura 3 - Estrutura do Sistema de Produção Toyota (Ghinato, 2000)

2.3 LEAN PRODUCTION

“A produção é lean por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planeamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também menos de metade dos stocks actuais no local de fabricação, além de resultar em menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos”.

Womack, 1990

Em meados dos anos 90, a partir do *Sistema de Produção da Toyota* e do pensamento *Lean*, várias empresas de manufactura e produção ocidentais utilizavam já esta nova filosofia de gestão, visto que da sua aplicação verificavam-se melhorias da produção, assegurando-se níveis elevados de eficiência, competitividade, flexibilidade e tempo de resposta. Tendo sido apelidada com vários nomes, tais como *new production system* e *world class manufacturing*, foi o termo *Lean Production* que se tornou mais consensual. Este nome reflectia um dos principais objectivos, a minimização de desperdício e maximização de valor, e também o contraste desta filosofia para com a da produção manual e a da produção em massa (Howell, 1999).

Uma das melhores formas de começar por introduzir a *Lean Production* será contrastando-a com as suas predecessoras. Tradicionalmente classifica-se a produção em dois tipos, produção manual e produção de massa (Chitla, 2002). A manual utiliza trabalhadores altamente qualificados e formas e ferramentas simples, mas flexíveis para fazer exactamente aquilo que o cliente deseja, contudo com um preço elevado. A em massa não necessita de um grau elevado em especialização da mão-de-obra, dado que a produção que é intensamente assistida por máquinas, que permitem produzir grandes volumes de produtos padronizados. Provavelmente *Lean Production* terá começado por procurar combinar as vantagens do trabalho manual com as da produção em massa, pois sugere que o custo que advém do trabalho manual seja atenuado, depois de contornados alguns dos rigores do sistema industrial de manufactura. Assim, a produção *Lean* procura equipas de trabalhadores multi-especializados em todos os níveis da organização, ao mesmo tempo que recorre a maquinaria flexível e de cada vez maior grau de automatização, para produzir grandes volumes de produtos e de grande variedade.

Como foi dito anteriormente, um fundamento inicial desta filosofia foi o desaparecimento de inventários, ou seja, o primado do fornecimento instantâneo ou *just-in-time* (JIT).

Hoje entende-se como base de todo o *Toyota Production System* a redução do desperdício do sistema de produção, a eliminação dos processos que não acrescentam valor.

O sucesso desta receita nas linhas de montagem de veículos motorizados deveu-se sobretudo à simplificação da matriz de manufactura, ao desenvolvimento de relações de fornecimento a longo prazo para permitir entrega de peças *just-in-time*, e à mudança das práticas de trabalho ao nível do trabalho em equipa e do controlo da qualidade (Koskela, 1992; Barlow, 1996).

O processo de produção até aí utilizado baseava-se no pressuposto da transformação, isto é, na conversão de bens de entrada (matérias primas, pré fabricados, etc.) em bens de saída (produto final, peça desejada etc). Com a *Lean Production* pretende-se obter valor acrescentado ao produto de forma eficiente. Enfatiza-se a maximização da eficácia do processo de produção e ao mesmo tempo obter a melhor eficiência possível na execução do mesmo.

Perceba-se que eficiência e eficácia significam duas coisas diferentes nesta filosofia de gestão. Eficiência é tirar o melhor proveito possível dos recursos disponíveis na procura da realização de um objectivo, e a eficácia traduz-se pela habilidade de gerir e estabelecer as estratégias correctas para atingir as metas desejadas. Em linguagem corrente traduz-se, respectivamente por “fazer as coisas bem” e “fazer as coisas certas”.

Em conclusão, a metodologia de gestão *lean* pretende possibilitar que um produto esteja adaptado à procura actual, utilizando uma quantidade mínima de recursos e conseqüentemente menor custo e que atinja grande velocidade de resposta. Por outro lado, também procura que este tenha a qualidade apropriada. Para tal, é necessário operar com o mínimo possível de actividades, devendo ser eliminados aquelas que não acrescentam valor, ou seja, as que são consideradas como geradoras de desperdício. Para além disso é necessário que o sistema apresente flexibilidade, isto é, que esteja em sintonia em todo o momento com o tipo e volume de produção requisitado pela procura, de forma a corresponder com um produto ou serviço que é mais rápido, mais apropriado e menos dispendioso (Womack *et al.* 1990). No limite, a conjugação de todos estes elementos permitirá reduzir os custos e aumentar a produtividade, ou seja, fazer mais com menos.

2.3.1 PRÍNCIPIOS DO PENSAMENTO *LEAN*

Como já foi dito anteriormente, o conceito Lean define-se como a interpretação ocidental da filosofia de gestão Japonesa, em particular a *Toyota Production Systems* (TPS), e foi popularizado por Womack e adotado por várias empresas ocidentais em meados da década de 90.

A “mentalidade magra”, do ponto de vista de Womack e Jones é “*uma forma de especificar valor, alinhar a criação de valor na melhor sequência das acções, realizar essas actividades sem interrupção sempre que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz*”, de forma a utilizar metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de manufactura, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo em engenharia, em desenho e desenvolvimento de um novo produto.

Womack e Jones (1996) analisaram várias implementações de melhoria influenciadas pelo TPS, acabando por propor como fundamentos nucleares das mesmas, ou seja como princípios do *Lean Thinking*, os seguintes:

- Especificar **Valor** para cada produto - é crítico identificar o valor realmente desejado pelo cliente e fornecê-lo. Organizações *Lean* devem resistir á tendência de persuadir o cliente a querer comprar o que a organização produz com mais facilidade.
- Identificar **Corrente de Valor** para cada produto – Realizar mapeamento da corrente de valor para cada produto ou serviço expõe perdas e facilita a sua eliminação.
- Fazer o **Fluxo de Valor** acontecer sem interrupções – o fluxo de negocios, local de trabalho e fornecedores depende de uma corrente de valor eficaz com o mínimo de interrupções possíveis.
- Deixar o **Cliente Puxar** o valor do produto – o cliente é quem manda.
- Perseguir a **Perfeição** – a procura da perfeição embora nunca seja alcançada desenvolve boas práticas de trabalho e controlo que resultam em melhor qualidade. É um desejo da empresa, o ideal seria produto á medida, tempo de entrega nulo e ausência de stocks de armazenamento.

Estrategicamente, o valor deverá ser definido na perspectiva do cliente ou consumidor final. A corrente de valor identifica todos os passos necessários para executar o produto sendo a técnica chave para a sua determinação o mapeamento, pois ajuda a analisar e a sistematizar a definição de valor na perspectiva do cliente, e a perceber quais as actividades que são dispensáveis no sistema por não contribuírem para a construção de valor. O fluxo estratégico preocupa-se em alcançar uma via global através de meios e técnicas pelos quais o produto é desenvolvido, deixar o cliente puxar faz com que se reconheça ao nível estratégico a necessidade de se ser capaz de fornecer o produto logo que este seja necessário (Garnet *et al.* 1998). Tudo isto deve acontecer focando-se a redução de desperdício da produção de qualquer tipo, sem comprometer a qualidade e a entrega na hora, ao mesmo tempo que o custo se mantém baixo, de forma a aperfeiçoar continuamente o sistema.

2.3.2 SISTEMAS DE PRODUÇÃO: *PUSH VS PULL*

Como já foi explicado anteriormente neste capítulo as teorias da gestão da manufactura distinguem-se em *push* e *pull* (empurre e puxe, respectivamente) como duas técnicas primárias para a gestão do fluxo de trabalho (Hopp e Spearman, 1996). Um sistema baseado em *push* liberta trabalho para o processo de produção com base em datas pré-estabelecidas. Um sistema *pull* permite que o trabalho no processo de produção seja baseado no estado do processo. Por exemplo, o Método do Caminho Crítico (CPM – *Critical Path Method*) é um sistema *push*. O que poderá ser criticável num sistema *push* como este é o facto de se assumir capacidade infinita, com fraca capacidade de resposta a acontecimentos inesperados (de novo o que “pode acontecer”). A tabela seguinte permite comparar de forma simples os sistemas *push* e *pull* na produção segundo Dias J. (2005).

Tabela 1 – Produção *Push* VS Produção *Pull* (Dias J., 2005)

Sistema <i>Push</i>	Sistema <i>Pull</i>
Procura > Oferta	Procura < Oferta
Produtor é quem manda	Cliente é quem manda
Segmentação do mercado	Fragmentação do mercado
Grande número de clientes com necessidades semelhantes	Reduzido número de clientes com necessidades diferentes entre si
Produtos genéricos	Produtos originais feitos “à medida”
Séries de produção longas	Séries de produção curtas

2.3.3 PRINCÍPIOS ESSENCIAIS DA *LEAN PRODUCTION*

Para muitos, *lean* é um conjunto de ferramentas que se criou a partir do TPS que auxiliam na identificação e eliminação constante do desperdício – “*muda*” no Japonês, na melhoria da qualidade e na redução do tempo e custo de produção. Uma outra perspectiva *lean* foca a visão da produção em termos do fluxo de trabalho. A sua implementação ocorrendo de forma progressiva permite expor os problemas de qualidade que sempre existiram. Estes sendo identificados e resolvidos podem ter a consequência natural de reduzir o desperdício. Incluem o nivelamento da produção *pull* e são técnicas de melhoria do fluxo. Assim, da mesma forma que abordaram a filosofia *lean*, Womack e Jones olharam pela perspectiva de fluxo e apontam quatro pontos essenciais que definem a ***Lean Production***:

1. Parar a Linha
2. Puxar o Produto (sistema *pull*)
3. Um Único Fluxo
4. Sincronizar e Alinhar

A filosofia *lean* requer que todo o processo de produção tenha os objectivos de remover o desperdício, de criar um fluxo contínuo e de criar valor para o consumidor. Trata-se sobretudo de conseguir as coisas certas, no sítio certo, na altura certa e à primeira vez. Ao mesmo tempo procura-se manter a qualidade exigida e o sistema tem que ter abertura face à mudança para melhorar continuamente.

Esta mudança de atitude face à produção permite também uma perspectiva renovada em relação qualidade e produtividade. O *lean* pode parecer à primeira sinónimo de menos – menos desperdício, menos tempo de desenho, redução das camadas organizacionais e menor número de fornecedores. Mas *lean* também significa maior descentralização, maior autorização de decisão, maior capacidade e flexibilidade, maior produtividade, maior satisfação do cliente, melhor qualidade do produto e, sem dúvida, maior sucesso competitivo a longo prazo.

2.3.4 THE TOYOTA WAY

Um dos pontos mais importantes na filosofia *lean*, segundo Liker (2003), é o de que toda a organização está a ser examinada e testada de forma a melhorar. Este autor, pensava em cobrir não só os aspectos técnicos da *Lean Production* mas também os aspectos estratégicos de pensamento em larga escala, e apresentou 14 princípios a que chama *The Toyota Way*:

1. Fundamentar as decisões de gestão numa filosofia a longo prazo, mesmo que à custa de objectivos financeiros de curto prazo.
2. Criar um fluxo de processo contínuo de forma a trazer os problemas à superfície.
3. Utilizar sistemas *pull* de forma a evitar a sobreprodução.
4. Nivelar a carga de trabalho e eliminar desequilíbrios na calendarização da produção.
5. Criar uma cultura de paragem para resolução dos problemas, de forma a conseguir a qualidade correcta à primeira vez.
6. As tarefas padrão são a base para uma melhoria contínua e para a tomada de decisões por parte dos funcionários.
7. Utilizar controlo visual para que os problemas não sejam escondidos.
8. Utilizar somente tecnologia fiável, intensamente testada que sirva as pessoas e os processos.
9. Desenvolver líderes que compreendam inteiramente o trabalho, vivam a filosofia e que ensinem esta aos outros.
10. Desenvolver pessoas excepcionais e equipas que sigam a filosofia da companhia.
11. Respeitar a extensa rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorarem.
12. Ir e ver o estado do processo, pessoalmente, de forma a compreendê-lo.

13. Tomar decisões de forma progressiva através de consenso, considerando integralmente todas as opções e depois implementando rapidamente essas opções.

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

No entanto, é necessário sublinhar que *lean* é desenvolver e acostumar princípios que são correctos para uma organização específica e praticá-los de forma diligente para alcançar uma performance maior que continua a acrescentar valor aos clientes e à sociedade. Isto significa obviamente ser competitivo e rentável (Liker, 2003).

2.3.5 DESPERDÍCIOS NA PRODUÇÃO

Segundo a perspectiva *lean*, os produtos são desenvolvidos de forma a fornecer o máximo valor aos seus compradores ou utilizadores. De uma forma ou de outra, os clientes, quer externos quer internos, estão apenas interessados no valor que lhes é feito chegar, e não na quantidade de esforço que a organização que emprega em todos os produtos, ou mesmo no valor que é entregue a outros clientes. Assim, os sistemas de produção são desenhados para alcançar os objectivos tanto dos clientes como de “quem” fornece o sistema, ou seja, os produtores. E os produtores, enquanto detentores dos sistemas de produção, têm que ter objectivos consonantes com a pretensão de maximizar o valor e minimizar o desperdício (Ballard *et al.* 2001). Ora o desperdício é considerado como um dos pontos basilares dentro da conceptualização *lean*. A sua redução é uma das pretensões primárias da cultura *lean*. Esta filosofia defende que o desperdício da produção advém das actividades que não fornecem valor ao produto final. Há também que ter atenção que reduzir os desperdícios individualmente em cada actividade não significa necessariamente reduzir o desperdício do processo global. Podem ocorrer desperdícios nos processos de transição de uma actividade para a outra, na forma de atraso, defeitos que precisam ser corrigidos, etc. As falhas de transição entre tarefas são também preocupação fundamental do pensamento “magro”.

Ohno (1988), como grande co-arquitecto do TPS, após observar e estudar os sistemas de produção de empresas americanas, aponta sete tipos de desperdícios, ou “muda “ como apelidou na sua língua nativa. Este engenheiro sugere que estes desperdícios são responsáveis até 95% do total de custos de ambientes *non-lean*.

Mais tarde Liker (2003) sugeriu ainda um oitavo desperdício no seu guia prático para aplicação da TPS. São os seguintes:

1. **Sobreprodução** – Significa produzir mais que aquilo que o cliente pede, ou demasiado cedo. Este princípio advém da definição de sistema *pull*. Produzir somente quando o cliente encomenda. Tudo o que for produzido para além disso empata valor de mão-de-obra e de recursos materiais que de outra forma poderiam estar a responder a outros pedidos de clientes. Também causa o prolongamento das precedências criando a necessidade de ter inventários. Este desperdício também pode ocorrer quando ocorre uma excessivo preocupação e interesse numa única actividade em detrimento das outras, que sairão prejudicadas mais tarde.

2. **Espera** – Inclui espera por material, por informação, por equipamento, por ferramentas, etc. Ocorre quando há períodos de inactividade num processo a jusante porque uma actividade a montante ainda não está concluída, ou seja, sempre que o produto/serviço não está a ser processado. Este desperdício

ocorre mais frequentemente quando o fluxo de material é pobre ou é mal coordenado, o ciclo de produção demasiado longo, ou as distâncias longas entre centros de trabalho. Reduzir burocracia, nivelar a carga de trabalho das equipas de produção e unir processos formando um fluxo contínuo, de modo que cada passo ligue directamente com o seguinte, pode reduzir drasticamente o tempo de espera. Ter fornecedores de confiança é essencial.

Lean exige que todos os recursos sejam fornecidos numa base *just-in-time* – nem muito cedo, nem muito tarde.

3. Transporte e movimento excessivo – Apesar de não agregar valor, esta actividade é necessária, devendo então ser minimizada através de uma organização física do espaço que minimize as distâncias a percorrer. O material deve ser entregue no ponto de utilização. Em vez de as matérias-primas serem enviadas pelo fornecedor para um local de recolha, posteriormente processados, levados para o armazém, e finalmente transportadas para a linha de montagem, a filosofia *lean* defende que o material deve ser enviado directamente para o local onde será utilizado para montagem. Movimentações desnecessárias são fruto de um fluxo de trabalho pobre, de uma má organização da zona de trabalho ou de métodos inconsistentes de trabalho.

4. Processamento que não acrescenta valor – Operações extra, como trabalho por refazer, reparar ou retocar, armazenamento, excesso de etapas de processamento, inspecção, utilização de máquinas demasiado potentes para o objectivo proposto e consequente tentativa de rentabilização máxima desta, criando excesso de inventário. Como exemplo mais comum temos o trabalho que tem que ser refeito (o produto ou o serviço não foi executado correctamente à primeira).

Outros exemplos são a necessidade de reparar ou retocar elementos do produto (os elementos do produto devem ser produzidos sem imperfeições, com o design adequado e com ferramentas de manutenção) e a inspecção (as peças devem ser produzidas através de técnicas de controlo estatístico para minimizar ou mesmo eliminar a necessidade de fiscalização). Para detectar os passos do processo de produção que não acrescentam valor recomenda-se o recurso à técnica de Mapeamento da Corrente de Valor.

5. Excesso de inventário – Está relacionado com a sobreprodução, e significa que ter inventário para além do necessário para satisfazer as exigências dos clientes tem um impacto negativo no fluxo de caixa e utiliza espaço valioso. Todo o inventário que não foi encomendado pelo cliente, incluindo matéria-prima, trabalho em processamento e produto final requer espaço precioso de armazenamento, esconde defeitos de produção, atrasa identificação de problemas e empata capital financeiro. Para evitar este desperdício, deve-se padronizar o espaço e as actividades, implementar o JIT e manter o fluxo contínuo.

6. Excesso de movimento – de trabalhadores, de informação, de documentos. O movimento excessivo dos trabalhadores está directamente relacionado com o planeamento do espaço e organização das ferramentas de trabalho. Deve-se a má organização do trabalho. Pode ser resolvido com análise e redefinição do espaço para o melhorar, com envolvimento de quem nele trabalha.

7. Defeitos – Defeitos na produção ou em serviços provoca desperdício material de quatro formas: os materiais são consumidos, a mão-de-obra utilizada não é recuperável, é novamente requisitada para repetir/corrigir o trabalho, e é necessário utilizar recursos sobretudo humanos, para responder a qualquer queixa futura por parte do cliente;

versão para discussão

8. Potencial humano não utilizado – Além da subutilização física das capacidades dos trabalhadores, inclui ainda subutilização mental da criatividade, faculdades e habilitações dos funcionários. Num ambiente não *lean* apenas se reconhece a subutilização de atributos físicos. Algumas das causas mais comuns para este tipo de desperdício são: fraco fluxo de trabalho, cultura organizacional, práticas de contratação inadequadas, formação fraca ou inexistente, e fraca rentabilização dos empregados.

Ao fim e ao cabo para Ohno a perda mais significativa era a da sobreprodução, já que esta é a fonte da maioria das restantes perdas. Produzir mais cedo ou em quantidade maior do que desejado pelo cliente em qualquer operação no processo de produção leva necessariamente á formação de *stocks*, que terão de ser transportados e armazenados, enquanto espera pela sua utilização. Deve-se observar que os sete primeiros tipos de desperdício resultam no oitavo, isto é, a sobreprodução, excesso de inventários, etc. ocultam problemas, e assim, os funcionários da equipa não são obrigados a pensar. A redução de perdas expõe problemas e força a equipa a usar a sua criatividade para resolvê-los.

2.4 LEAN CONSTRUCTION

A construção é uma indústria milenar. A sua cultura e os seus métodos estão enraizados em períodos anteriores à análise científica. Contudo, sobretudo após a Segunda Guerra Mundial, têm surgido várias iniciativas no sentido de entender a construção e os seus problemas, para se conseguir desenvolver soluções e melhoria de métodos. Pode-se reconhecer iniciativas estratégicas tais como a industrialização, a computação integrada na construção e a gestão total da qualidade, bem como iniciativas tácticas e operacionais como é caso das ferramentas de planeamento e controlo, dos métodos organizacionais, factores de sucesso do projecto e os métodos de melhoria da produtividade (Koskela, 1992).

O aparecimento da *Lean Production* surge como um ponto de viragem, como uma mudança de abordagem do sistema de produção, em contraponto com as linhas de produção em massa. Anteriormente foram referidos os cinco princípios fundamentais do pensamento *lean* que Womack e Jones (1996) apontaram bem como os que Liker (2003) definiu como visão estratégica com vista à implementação, todos com base no *Toyota Production System*. Apesar de na indústria da construção já ser prática corrente a definição do valor do produto segundo os requisitos do cliente final, parece ser difícil, na forma convencional de agir deste sector, promover outros princípios e acções produtivas de base *lean* – identificação sistemática da corrente de valor e na preocupação de manter o seu fluxo ininterrupto, na criação de pensamentos do tipo “parar a linha”, e executar somente quando o “cliente puxa” sem “nada provisionado”. De facto, na construção estamos perante uma produção diferente da fabricação industrial de manufactura, como é o caso da indústria automóvel, que está na génese do pensamento *lean*.

No entanto, o *Lean Thinking* e os princípios subjacentes procuram acima de tudo orientar para uma nova forma de coordenar a acção, ou seja, são fundamentalmente bases culturais e não directivas estanques. Logo, como se trata de uma filosofia parece ser possível que as indústrias que não são puramente de manufactura consigam adaptar os traços característicos do *lean* às respectivas condições e especificidades. É necessário, por um lado, ter em mente os objectivos e as técnicas com que se relacionam estes princípios, e, por outro, o tipo de produção que está em causa e quais as mudanças que este necessita para que a mudança *lean* resulte.

A discussão da possibilidade de aplicação da filosofia da *Lean Production* na construção foi lançada pelo trabalho de Lauri Koskela (1992). Este levou sobretudo a que a comunidade de gestão da construção considerasse os aspectos das permutas entre tempo, custo e qualidade que estavam estabelecidos de forma inadequada. Para além disso, sublinhava a importância do fluxo do processo de produção, bem como a conversão de *inputs* em produto acabado (*outputs*). Todos estes aspectos são elementos importantes para a criação de valor ao longo da vida do projecto.

A *Lean Construction* é precisamente a abordagem à cultura *lean* por parte do sector da construção e esta tem evoluído com identidade própria desde há cerca de década e meia, seguindo um caminho particular e de entendimento diferenciado, mas com o sentido de, tal como se verificou em outras indústrias com a ideias *lean*, obter melhoria da produtividade e bons resultados – valor para o cliente e ao mesmo tempo lucro para a empresa.

Os princípios *lean* são vistos na manufatura como um assunto amadurecido, ou seja, como ponto de chegada para a produção. Para a abordagem *lean da* construção estes estabeleceram-se como um ponto de partida, pois a *Lean Construction* evoluiu para além das teorias e dos princípios *lean*, procurando formular teorizações específicas (Koskela, 2000) que respondam às suas particularidades. Assim, tem-se vindo a incorporar no estudo da *Lean Construction* novas vertentes, tais como a complexidade, a gestão por conversação, a aprendizagem contínua ao longo da vida (Macomber e Howell, 2003; Bertelsen e Koskela, 2004).

2.4.1 TIPO DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Neste ponto é importante recordar novamente que a Construção é um sector particular da indústria, de difícil definição de uma única particularidade que a caracterize, devido às várias peculiaridades que lhe estão associadas quando em comparação com outras indústrias transformadoras.

A construção é a produção de peças de arte únicas em grande escala. Mas nem sempre foi vista em termos de sistema de produção tendo provavelmente sido Koskela em 1992, o primeiro a sugerir tal. Este também salientou a necessidade da construção encontrar a sua própria teoria, que permita melhorar o processo e resolver os problemas e as instabilidades inerentes.

Genericamente têm sido apontadas duas vias para a redução da instabilidade relativa, que se verifica na produção da construção. A primeira é a minimização das particularidades para fazer proveito da tecnologia, das técnicas e dos métodos utilizados na manufatura. A ideia é conduzir a uma maior pré-fabricação e normalização dos processos de construção. Tal mudança foi mesmo apontada no Reino Unido pelo relatório Egan (1998) como medida para tornar a construção *lean*. A segunda via passa pelo desenvolvimento de técnicas dentro da construção que possibilitem lidar com a sua dinâmica (Ballard e Howell, 1998a). Ou seja, antes de “industrializar” a construção, é necessário ter o controlo do processo, o que é um objectivo *lean*.

Contudo, para Ballard e Howell (1998a) a construção é fundamentalmente diferente da manufatura que deu origem ao *Lean Thinking*. Querer transformar os processos construtivos nos do tipo da manufatura, com iniciativas de normalização e repetição de processos, poderá ser fácil em projectos pequenos, simples de longa duração. Mas torna-se extremamente complicado efectuar o mesmo para projectos mais dinâmicos, isto é, os que são rápidos, complexos e imprevisíveis. E a maior parte dos projectos são da segunda categoria.

Howard e Ballard (1998a) consideram que mais do que tentar tornar a construção numa produção do tipo da manufactura deve-se desenvolver uma cultura *lean* adaptada a uma construção dinâmica. Para além disso sugerem que percebendo o modo como fazer a construção *lean* se poderá entender melhor como se pode transformar a manufactura no futuro. São de opinião que esta está cada vez mais semelhante à produção da construção, pois na manufactura cada vez mais se procura a entrega instantânea de produtos personalizados. É importante definir o tipo de produção que é a construção para se poder entender como se lhe poderá aplicar os princípios *lean*.

Tradicionalmente a produção é considerada segundo o Modelo de Conversão, com transformação de *inputs* em *outputs*. Esta transformação pode existir sob três formas: extracção, fabricação e montagem. No caso da construção poder-se-ia considerar, de uma forma distanciada, a existência de cadeias de montagem onde ocorre uma cadência de actividades que se executam de forma ordenada e em que existe libertação de uma para acontecer outra. Mas na verdade, e olhando mais próximo, verifica-se que são frequentes as alterações da ordem de montagem e que também é muito comum ocorrer fabricação. Na prática a execução na construção passa pela combinação de fabricação com montagem.

Para Ballard e Howell (1998a) existe uma grande diferença entre o seguimento de trabalhos numa obra e a sequencialidade de uma linha de montagem, sobretudo quanto à forma como são dirigidas. Se numa fábrica há um alinhamento de máquinas, no qual está programado determinado fluxo, já na construção o fluxo é sustentado por directivas de trabalho. Analogamente, é a mesma diferença que ter o fluxo segundo o produto ou o fluxo segundo o processo. A chave para uma produção eficiente em estaleiro é o binómio do planeamento e controlo. Estes são os processos que produzem as directivas de trabalho dentro do sistema de produção. Através destes condiciona-se prudentemente as escolhas de trabalho e coordena-se os fluxos para otimizar as soluções.

Também se tem que considerar que a produção da construção começa desde logo na fase de desenho e dimensionamento. Nesta fase começa-se a encontrar a complexidade, incerteza e rapidez que o projecto dinâmico exige. É vital estruturar e gerir desde o primeiro instante estas exigências para fazer a construção Lean (Ballard e Howell, 1998a).

2.4.2 PRINCÍPIOS E DEFINIÇÕES DA LEAN CONSTRUCTION

Como analisado anteriormente, o processo da construção é em si mesmo um tipo específico de produção. A *Lean Construction* é um sistema produção de realização e gestão de projecto que enfatiza a entrega de valor de forma fiável e rápida, e que desafia, tal como a *Lean Production*, a crença nas relações de permuta entre tempo, custo e qualidade que é aceite em geral (Daeyoung, 2002).

Chitla (2002) enuncia que, de uma forma ou de outra, a *Lean Construction* tem as seguintes características:

- a) Conjunto claro e definido de objectivos para o processo de fornecimento, com bom entendimento das necessidades e requisitos do cliente.
- b) Equipas de desenho de produto e de processo a funcionar em forma cruzada e concorrencial para fornecer mais valor – potencia a interacção positiva.
- c) Alterar o trabalho ao longo da cadeia de fornecimento de forma a reduzir a variação e ir de encontro de encontro à quantidade e conteúdo do trabalho.

d) Estruturar o trabalho para todo o processo para aumentar o valor e reduzir o desperdício ao nível da execução do projecto. Desenvolver esforços para melhorar a performance ao nível do planeamento para aumentar a performance ao nível da execução do projecto.

Para além disso, *Lean Construction* enfatiza a eficiência medida através do tempo de ciclo, da taxa de defeitos, e do trabalho planeado e concluído a cada semana. O objectivo é eliminar o desperdício, sobretudo criado pelas actividades que não acrescentam valor. A sua concretização depende de organizar a interdependência, melhorar a fiabilidade, reduzir a incerteza e integrar a gestão da produção. Descentralizar significa fornecer aos participantes do projecto informação sobre o estado dos sistemas de produção e fornecer a estes poder de decisão para agirem sem necessitarem de ordens vindas da gestão hierarquicamente superior (Daeyoung, 2002).

2.4.3 ONZE PRINCIPIOS HEURISTICOS DE KOSKELA APLICAVÉIS À *LEAN CONSTRUCTION*

Koskela (1992) resumiu o *Lean Thinking* em 11 princípios aplicáveis à *Lean Construction*, à semelhança dos que foram descritos anteriormente para a *Lean Production*:

1. Reduzir a quantidade de actividades que não acrescentam valor (desperdício).
2. Aumentar o valor final através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente – o cumprimento dos requisitos gera valor mas é necessário identificar e clarificar os requisitos.
3. Reduzir a variabilidade – pois um produto uniforme é melhor do ponto de vista do cliente e a variabilidade aumenta a quantidade de actividades que não acrescentam valor.
4. Reduzir tempos de ciclo – através da eliminação de inventários e descentralização na hierarquia organizacional.
5. Simplificar através da minimização do número de passos, partes e ligações.
6. Aumentar a flexibilidade do resultado final – pode-se conseguir através da modularização de produtos, da redução da dificuldade de redefinição e do treino de uma equipa multi-especializada.
7. Aumentar a transparência do processo – o objectivo de tornar o processo de construção transparente e observável facilita o controlo e melhoria por parte dos empregados.
8. Focar o controlo de todo o processo – a optimização do fluxo total de trabalho é optimizada pela permissão de controlo do processo por parte de equipas autónomas e pela construção de co-operação a longo prazo com os fornecedores.
9. Melhorar continuamente o processo - de forma a reduzir o desperdício e a desenvolver continuamente actividades que acrescentam valor.
10. Balancear as melhorias de fluxo com as melhorias no processo de conversão – um fluxo melhorado requer menor investimento de equipamento e permite controlar de forma mais fácil a implementação de tecnologia de conversão.

11. *Benchmark*² – sabendo os pontos fortes, as fraquezas, as oportunidades e as ameaças à organização (análise SWOT³), conhecendo os líderes da indústria e as suas práticas, incorporando as boas práticas na organização e criando um nicho que combine os pontos fortes existentes com as práticas externas.

De novo se salienta que tendo em conta estes princípios, a implementação da *Lean Production* na construção não requer que se transforme esta numa produção do tipo da manufactura. Ou seja, não se exige que se padronize os produtos ou se utilize explicitamente as ferramentas *lean* desenhadas para a manufactura. Para além destes princípios iniciais está o desenvolvimento de novos princípios que permitam perseguir a meta *lean* segundo as características específicas da indústria da construção. A implementação *lean* implica a adopção da perspectiva da construção como “sistema de produção enquanto projecto” (Ballard e Howell, 1998a).

Para além disso, Koskela (2004) sugere um novo desperdício para além dos sete tradicionais do *Lean Thinking*. Trata-se de uma originalidade que têm muito a ver com o desenvolvimento que *Lean Construction* tem tido. Este desperdício está relacionado com as situações em que uma tarefa é iniciada sem todos os *inputs* necessários á sua completa realização ou mesmo se a sua execução prossegue na ausência de uma dessas contribuições chave. A este desperdício o investigador chamou-lhe de *making-do*, e considera que este é provavelmente um dos mais frequentes da indústria da construção pois a visão tradicional claramente negligencia-o. Podem ser exemplos destas contribuições chave materiais, pessoas, equipamentos ou informação. Não adianta começar a realização de uma tarefa se posteriormente esta vai ter de ser posta em pausa por falta de algum destes intervenientes fundamentais. Pode-se até chamar de informação negativa ou contra-informação (Koskela, 2004).

Alguns pesquisadores, motivados pelas análises de Koskela, e querendo construir a partir destas, sugeriram que era necessário a criação de ferramentas próprias conectadas á construção para a implementação dos princípios *lean* da produção a esta indústria. Ballard foi um dos primeiros seguidores de Koskela, e após algumas reuniões entre ambos onde decidiram começar realmente a utilizar o termo *Lean Construction*, juntou-se com Howell e os dois co-fundaram o LCI em 1997. Ballard acabou por ser pioneiro no desenvolvimento do Last Planner System (LPS), uma das ferramentas principais da *Lean Construction*, que será mais á frente pormenorizada no capítulo 5.

2.4.4 TEORIA LEAN DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

2.4.4.1 Transformação, Fluxo e Valor

Koskela (2000) lança as bases para uma teoria de produção e demonstra o seu uso na construção. A construção deve ser entendida não só como processo transformação, como acontece na caracterização de conversão convencional, mas também em termos de fluxo de trabalho e criação de valor. Esta teoria foi apelidada como teoria de produção TFV – acrónimo de Transformação, Fluxo e Valor (Tabela 2).

² - *Benchmarking* consiste num processo de aprendizagem a partir das boas práticas adoptadas noutras organizações, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção. Deve-se procurar analisar e desenvolver os processos levando em conta as melhores práticas existentes no mercado utilizadas por empresas similares. De forma simples, pode-se traduzir por aprender com os melhores.

³ - Análise de planeamento estratégico que passa por identificar e avaliar os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*).

Tabela 2 – Teoria da Produção TFV (Koskela, 2000)

	Transformação	Fluxo	Criação de Valor
Conceptualização da produção	-Como uma transformação de <i>inputs</i> em <i>outputs</i>	-Como um fluxo de material, que inclui transformação, inspecção, movimentação e espera	- Como um processo onde o valor para o cliente é criado através do cumprimento dos requisitos
Princípio fundamental	-Conseguir que a produção seja realizada eficientemente	- Eliminação do desperdício (actividades que não acrescentam valor)	- Eliminação da perda de valor (alcançar valor em relação ao melhor possível)
Princípios associados	- Decomposição das tarefas de produção - Minimização dos custos das tarefas decompostas	- Comprimir o tempo de produção - Reduzir a variabilidade - Simplificação - Aumento da transparência - Aumento da flexibilidade	- Assegurar que todos os requisitos são entendidos - Assegurar o cumprimento dos requisitos do cliente - Ter em consideração os requisitos em todas as concretizações - Assegurar a capacidade do sistema de produção - Medir o valor
Exemplos de Métodos e Práticas	- Work breakdown structure, - Mapa de aprovisionamentos, - Mapa de Responsabilidade Organizacional	- Fluxo contínuo, produção <i>pull</i> , melhoria contínua	- Métodos para recolha de requisitos, - <i>Quality Function Deployment</i>
Contribuição prática	-Ter em conta o que tem de ser feito	- Diminuir o que é desnecessário ao máximo	- Fazer com que os requisitos do cliente sejam alcançados da melhor forma possível
Nome Sugerido para aplicação prática da visão	Gestão de actividades	Gestão de Fluxo	Gestão de valor

A perspectiva oferecida por esta teoria é a de ter três tipos de visão (T, F e V), na modelação, no dimensionamento, no controlo e na melhoria da produção. Deve ser feita a sua gestão de acordo com os respectivos conceitos e princípios. Estas visões são distintas mas não competem entre si, antes pelo contrário, complementam-se.

A gestão da transformação envolve a gestão de contratos, estabelecimento de parâmetros e processos de qualidade e segurança, e frequentemente conduz àquilo que pode parecer ser um aumento na

versão para discussão

produtividade, mas que na verdade é apenas uma suboptimização. É essencial que esta gestão exista para fazer face ao imenso volume de contratos que a construção envolve. No entanto, é insuficiente para abranger toda a complexidade e dinamismo do projecto.

A gestão do fluxo introduz novas actividades de gestão, sendo a mais importante no aumento de cooperação ao longo da cadeia de fornecimento. Isto compreende não só a cooperação entre o empreiteiro geral e os subcontratados mas também, com os produtores e com os fornecedores dos materiais de construção. A logística dos materiais e da informação é igualmente uma actividade que deve ser estabelecida.

Por último, a gestão do valor, ou da criação de valor, é a mais difícil de caracterizar. Logo a começar pelo facto, de ser mais complicado conceptualizar o que é efectivamente o valor. Esta provavelmente deverá ser mais proeminente nas primeiras fases do projecto de definição, desenho e dimensionamento (Bertelsen e Koskela, 2002).

Assim, de forma a consolidar estas três visões é necessário conseguir uma gestão equilibrada de entendimento das especificidades de cada uma e também de como se interligam.

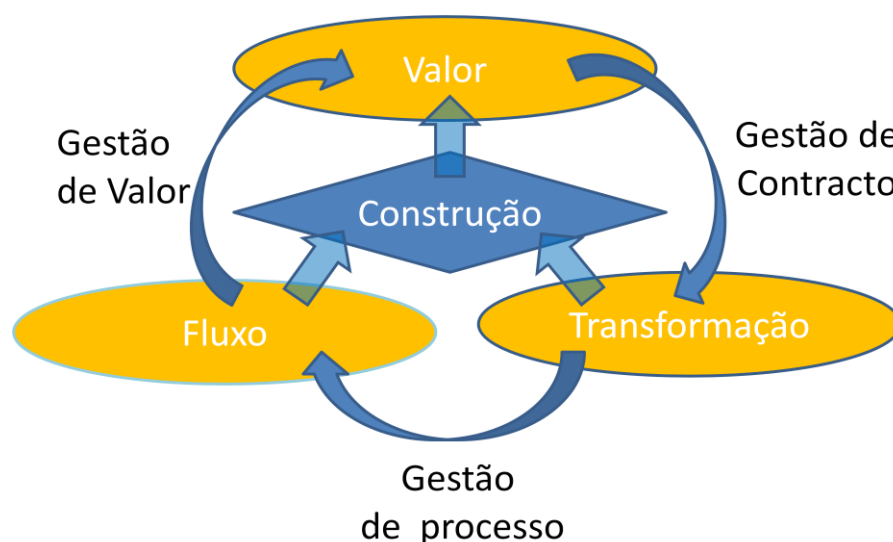


Figura 4 - Gestão Tripartida da construção (Bertelsen e Koskela, 2002)

2.4.4.2 Subfluxos de constrangimento das actividades

Koskela (2000) também introduz, aquela que será provavelmente, uma das mais importantes contribuições da *Lean Construction* para a compreensão do processo de construção. Identifica sete vertentes de fluxo, a que chama de subfluxos, que considera necessários para garantir a boa execução de uma determinada quantidade de trabalhos. Os subfluxos relativos a uma determinada actividade são: trabalhos precedentes, espaço, equipa (mão-de-obra), equipamento, informação (elementos de desenho e dimensionamento), materiais e condições externas.

Se um destes subfluxos mostrar problemas muito provavelmente a realização do processo sairá afectada. Assim, do ponto de vista da gestão poder-se-ão considerar como pré-condições cuja satisfação garante o arranque das actividades e conseqüentemente um fluxo constante do processo de

versão para discussão

produção. Cada um tem a sua natureza específica, logo factores de incerteza característicos. Assim cada um deles deve ser gerido tendo em conta as suas especificações.

Na gestão de fluxo, ao nível da produção, uma das ferramentas mais populares do *Lean Construction* é o *Last Planner System* (Ballard, 2000a), que actua ao nível da cooperação e da logística durante a fase de execução. O planeamento e o controlo são os processos que desenvolvem com o propósito de conseguir garantir um fluxo constante do processo de produção. Este processamento demonstrou um entendimento eficaz em relação aos princípios *lean* levando-o à sua implementação em alguns projectos-piloto. O sucesso de resultados de melhoria de produtividade popularizou-a na indústria, contando actualmente com vários estudos nos quatro cantos do mundo. Da mesma forma também acontece o *Last Planner* ser confundido como sinónimo de *Lean Construction*, o que obviamente não é correcto. Esta ferramenta e a sua metodologia serão abordadas com maior detalhe no capítulo 5.

2.4.5 CONSTRUÇÃO CONVENCIONAL VERSUS LEAN CONSTRUCTION

Os projectos estão a aumentar de tamanho e cada vez se demonstram mais incertos e complexos. Os modelos e técnicas de gestão convencionais começam a não funcionar tão bem nos projectos de grande escala e extremamente dinâmicos. Esta gestão passa sobretudo pelo planeamento, controlo e execução, segundo o paradigma da Gestão de Projecto.

Segundo Ballard e Howell (1996) existe a necessidade de controlar a gestão dos processos dos projectos, e não somente os seus resultados. Tradicionalmente os resultados são medidos em termos de custo e prazos, e estes indicadores só poderão ser verdadeiramente utilizados para decisões em projectos dinâmicos se o respectivo sistema de gestão estiver sob controlo. O primeiro indicador da boa ou má execução do controlo é a fiabilidade do planeamento de produção que se tem. O próprio trabalho de controlo altera-se consoante os projectos. Segundo o modelo clássico de controlo, os objectivos do projecto são assumidos como fixos e os meios para atingi-los são somente alteráveis quando é necessário recuperar de uma falha de performance face ao plano inicialmente estabelecido. Ou seja, o sistema de controlo de projecto tradicional verifica sobretudo qual é o afastamento que existe em relação aos objectivos inicialmente estipulados em termos de custo, prazo e qualidade. As acções tomadas são em função dessas leituras. Assim, a função de controlo num sistema tradicional é feita para dizer se o plano está a ser cumprido e para promover uma reacção em função dos dados obtidos. No entanto este nada informa acerca das causas para o não cumprimento de determinadas datas ou objectivos planeados (Ballard e Howell, 1996). Para Howell e Koskela (2000) a gestão de projecto corrente revela-se insuficiente por diversas razões:

- Desconsidera-se a incerteza presente na abrangência e nos métodos do projecto.
- Considera-se a relação entre actividades simples e sequencial quando na realidade é mais complexa.
- As fronteiras das actividades são tidas como rígidas mas na verdade raramente o começo de uma actividade está em função da de cima.
- Preocupa-se com o resultado obtido em cada actividade fazendo com que haja uma perspectiva egoísta de melhoria para cada uma sem se preocupar com o impacto que possa ter nas restantes ou no processo global.
- A gestão da produção está excluída da gestão de projecto.

Através de uma diferente forma de pensamento, pela abordagem *lean*, na gestão de projecto desenha-se um sistema de controlo que tenta garantir que o plano é concretizado. O próprio sistema estabelece-se como uma moeda de duas faces que vai girando entre planeamento e controlo da produção. Um conceito chave do *Lean Construction* na fase de execução é o de que uma tarefa só deve ser iniciada – ou colocada no planeamento semanal /execução – caso tudo o que é necessário para a concluir com sucesso esteja resolvido antecipadamente. No caso de uma tarefa não ser realizada o sistema recebe rapidamente *feedback*. Logo, a causa pode ser identificada e ser seguido o rasto desta até à raiz do problema. Com esta informação a gestão pode tomar medidas preventivas e correctivas e pode utilizar a informação reportada para melhorar o processo de planeamento (Ballard e Howell, 1998b).

Em vez de se ter uma gestão reactiva, processa-se uma gestão pró-activa. Tradicionalmente na construção divide-se o projecto no início, de forma discreta, em tarefas que tentam ser geridas e optimizadas de forma individual. Mas esta perspectiva de planeamento, embora possa parecer fazer sentido, torna-se insuficiente e raramente se consegue traduzir uma situação real visto que se assume de forma simples prazos e custos e desconsidera-se a maioria das relações complexas entre tarefas. São essas relações que fornecem grande variabilidade. A coordenação entre as organizações ou equipas é basicamente controlada pelo plano geral que estabelece a sequência das actividades e determina quando cada uma começa e quanto tempo dura. Custos, erros e aprendizagem são reconhecidos egoisticamente para cada actividade. Quando são necessárias melhorias de produção, nomeadamente dos índices de controlo, a solução frequentemente adoptada passa por acelerar as actividades através do aumento de recursos (Ballard e Howell, 1998b).

Com o planeamento *lean* tenta-se lidar com as imprevisibilidades de forma a reduzir a variabilidade na construção. Isto passa em grande parte pela gestão da interacção entre actividades. Esta acção advém de um princípio simples: a necessidade de criação de um fluxo de trabalho fiável em termos globais de projecto que é o nosso sistema de produção. O trabalho não é exclusivamente ditado pelo que está no plano geral, mas também é estabelecido com quem o vai efectuar tendo em conta os constrangimentos que se verificam, de forma a ser o mais realista possível. Este planeamento detalhado a curto prazo permite estabelecer considerações sobre materiais, equipamentos, mão-de-obra, informação, condições atmosféricas, se a equipa e actividade precedente é fiável e se estará concluída a tempo, ou seja, sobre os subfluxos ou pré-requisitos para arranque da actividade. Tais considerações seriam impossíveis na fase de concretização planeamento geral, que é feita a grande distanciamento do momento de execução. Assim o redesenhar do sistema de planeamento ao nível da execução é a chave para assegurar um fluxo de trabalho fiável (Ballard e Howell, 1998b).

O controlo na *Lean Construction* passa por fazer acontecer acções específicas, tendo em conta critérios que permitem definir se a tarefa pode ser concluída como planeado. Caso não seja concluída são identificadas as razões e tomadas medidas. Logo, o planeamento *lean* é uma redução progressiva da incerteza de forma a assegurar que as tarefas a executar estão livres de constrangimentos, sendo feita a sua análise segundo as categorias de subfluxos já referidas. Daí resulta que cada vez será menor a variação do fluxo de trabalho. Também aumenta a percepção de que esta redução permite que quer os custos quer os prazos sejam reduzidos. A duração é reduzida pois o trabalho é melhor sincronizado com a mão-de-obra e recursos. O custo desce porque um fluxo de trabalho previsível permite entregas *just-in-time* das encomendas, a satisfação das condições de início de actividade e a diminuição de desperdício. Por último, o valor é garantido entre as várias partes através de um diálogo interactivo em que se define fins e meios (Howell e Koskela, 2000).

A forma correcta de aplicar a *Lean Construction* passa por primeiro considerar os princípios e depois perceber como estes podem ser implementados recorrendo a técnicas e processos especialmente desenvolvidos. A Tabela 3, por Abdelhamid e Salem (2005), ilustra a que níveis podem acontecer a mudança da gestão convencional da construção para a *Lean Construction*:

Tabela 3 – Gestão Convencional VS *Lean Construction* (Abdelhamid e Salem, 2005)

Gestão Convencional da Construção	<i>Lean Construction</i>
Sabe-se como TRANSFORMAR materiais em estruturas fixas.	Sabe-se (também) como TRANSFORMAR materiais em estruturas fixas.
É expectável acontecerem mudanças de definições e erros de desenho durante a construção, que serão resolvidos e novamente preparados pela equipa de construção.	Desenha-se produto e processo de construção em conjunto para evitar erros/omissões de desenho e dimensionamento que levantam questões de possibilidade de execução.
O gestor é o ÚNICO responsável pelo planeamento.	Os gestores são os PRIMEIROS responsáveis pelo planeamento, dos processos e das fases, e os encarregados e trabalhadores são os ÚLTIMOS responsáveis pelo planeamento, o das operações.
Assume-se que reduzindo o custo de uma peça irá se reduzir o custo de todo o projecto – o todo é a soma das partes.	Trata-se todo o projecto como um sistema e faz-se uso do <i>Target Costing</i> para alcançar as reduções do custo de projecto – o todo é mais que a soma das suas partes.
Empurra-se a produção ao nível local pensando erradamente que será a forma de alcançar eficiência global.	Empurra-se a produção para maior processamento do sistema considerando ser a única forma de alcançar eficiência global.
Gere-se o processo utilizando os elementos que referem a evolução de custos – os quais estão na base dos pagamentos.	Utiliza-se os elementos de evolução de custos como um <i>INPUT</i> para o planeamento e controlo das operações no estaleiro.
É-se guiado pelo paradigma de retornos em termos de prazo/custo/qualidade.	Desafia-se o paradigma de retorno em termos de tempo/custo/qualidade ao remover as fontes de desperdício nos processos de desenho/produção de forma a promover um melhor e mais fiável fluxo de trabalho.
Não se planeia ou controla as operações de produção em estaleiro a não ser que se verifique desvios de custo e de prazo – espera-se até que os problemas aconteçam para se reagir no sentido de voltar a ter o projecto no rumo definido.	Planeia-se e controla-se as operações de produção em estaleiro de forma a prevenir que os indicadores de evolução do projecto não de desviem dos prazos e custos definidos.
Considera-se fornecer VALOR ao cliente quando se maximize a performance em relação ao custo – perspectiva <i>Value Engineering</i> (VE).	Considera-se fornecer VALOR ao cliente quando o valor do produto é aumentado (a infra-estrutura efectivamente corresponde às necessidades do cliente) através da gestão do processo de valor da construção – perspectiva <i>Value-based Management</i> (VBM).

versão para discussão

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A *LEAN CONSTRUCTION*

Os princípios da filosofia *Lean* têm vindo a ser cada vez mais integradas por empresas de construção civil sob a forma de *Lean Construction*. Os resultados vantajosos apresentados na indústria da produção não deixam dúvidas e, foram até já sentidas por empresas de construção que adquiriram esta sabedoria.

Os campos de aplicação das ideias transmitidas pelo pensamento magro são vários e actuam desde o nível da estrutura organizacional da empresa, motivação dos funcionários à adaptação a uma nova cultura, passando pelo planeamento e gestão de projectos, fase de produção, burocracias envolvidas e relação com o cliente.

O objectivo principal é a identificação e eliminação de todos os tipos de desperdício, em especial actividades que não agregam valor ao produto final. Alcançar “mais com menos” deve ser o lema das empresas que desejam entrar nesta metodologia.

A satisfação do cliente e a qualidade do produto são preocupações fundamentais.

O método de construção tradicional não é errado, mas torna-se ineficaz face à complexidade dos sistemas produtivos e dos novos conceitos considerados. Na conjectura actual do mercado de crise torna-se necessário a adopção de técnicas que reduzam o desperdício, aumentem a produtividade e consequentemente os lucros.

No capítulo 5 serão demonstrados alguns exemplos e aplicação prática de técnicas Lean na construção civil.

3

AGILE - MÉTODOS ÁGEIS

3.1 HISTÓRIA E MOTIVAÇÃO DA AGILIDADE

Tal como referido no capítulo anterior, desde os anos 80 que os conceitos da *Lean Production* têm vindo a ser popularizados devido aos resultados que foram obtidos (Barlow, 1997).” Como foi visto, a pressão competitiva actual tem forçado as empresas a encontrar novos caminhos para melhor atender às necessidades dos seus clientes, reduzir custos e aumentar a produtividade (Timóteo, 2007).

Neste capítulo o novo objectivo é a perseguição de uma maior flexibilidade, velocidade e capacidade de resposta por parte das empresas face á mudança.

Na última década, as empresas de várias indústrias têm tido dificuldade em atingir vantagem competitiva sustentável ou até mesmo assegurar a sua sobrevivência perante altos níveis de complexidade, dinamismo e incerteza. Esta situação, que forçou as empresas a rever as suas prioridades competitivas, desencadeou um processo de transição em relação ao modelo de produção, acentuando o interesse em novos sistemas de produção, onde se inclui a produção *Agile* (Vázquez-Bustelo e Avella, 2006). A perseguição de uma maior flexibilidade introduziu o tema “manufatura flexível”.

O conceito de produção *Agile* surgiu pela primeira vez em 1991, no relatório do Instituto *Iaccoca* da Universidade de *Lehigh* solicitado pelo Congresso americano, cujo tema assentava sobre as estratégias futuras para a manufatura dos Estados Unidos (Sharifi e Zhang, 1999). O relatório designado por — “*21st Century Manufacturing Enterprise Strategy*”, sugeria a adopção de novas formas de trabalho a partir de “empresas ágeis”, uma vez que a melhoria do desempenho dos sistemas de produção em massa não estava a aumentar a competitividade das empresas. A partir desta altura, o conceito de Agilidade começou a ser largamente utilizado em diversos movimentos e amplamente estudado por vários autores (Timóteo, 2007). A Agilidade foi definida como um sistema de produção com potencialidades extraordinárias (potencialidades internas: tecnologias duras, recursos humanos, gerência inovadora, informação) que se encontra com necessidades do mercado (velocidade, flexibilidade, clientes, concorrentes, fornecedores, infra-estrutura, responsabilidade). Consiste num sistema que permite alternar rapidamente entre modelos de produto ou linhas de produto (flexibilidade) e que responda ao cliente em tempo real e de acordo com as suas necessidades.

3.1.1 A PRODUÇÃO AGILE E AS PRODUÇÕES EM MASSA , FLEXÍVEL E LEAN

A produção *Lean* tem sido vista segundo duas perspectivas: como uma simples caixa de ferramentas que proporciona soluções práticas e como uma nova e radical filosofia que abraça todas as actividades da empresa (Barlow, 1997).

Segundo Barlow (1997), a adaptação da produção *Lean* é reduzida em situações em que o mercado é turbulento, as necessidades dos clientes são alteradas rapidamente, a concorrência é crescente e o mercado apresenta altas taxas de saturação. A produção *Lean* permite apenas uma limitada variação no volume e conjunto de produtos e tende a ser mais eficiente para produtos relativamente padronizados (Barlow, 1996), tendo uma resposta deficiente às mudanças repentinas.

As diferenças chave e as diferenças conceptuais entre a produção em massa, a produção *Lean* e a produção *Agile* apresentam-se na tabela 4. Uma empresa com produção *Lean* é vista como produtiva e eficiente enquanto que uma empresa com produção *Agile* é essencialmente caracterizada pela rápida e eficiente aprendizagem (Sharp et al., 1999).

O sucesso da produção *Agile* depende largamente da inovação na empresa – a tecnologia por si só não é suficiente para aumentar a competitividade (Sharifi e Zhang, 1999). O sistema também requer o desenvolvimento de estruturas organizacionais flexíveis, um tipo de gestão com menor hierarquização e uma força de trabalho com maior poder e habilitação.

A produção *Lean* favorece em larga escala e as operações globais, com as empresas a tentar abranger várias funções e a produção *Agile* é fundada em modelos organizacionais colaborativos e pode envolver empresas virtuais (Sharifi e Zhang, 1999).

O conceito *Lean* implica elevada produtividade e qualidade, mas não implica necessariamente que exista capacidade de resposta à mudança. Por outro lado, o conceito *Agile* vinca a importância de capacidade de resposta elevada de modo a ir ao encontro da totalidade das necessidades do cliente, ao mesmo tempo que se esforça por ser *Lean*.

A comparação entre produção em Massa, Produção *Lean* e produção *Agile* está representada na tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre Produção em Massa, Produção *Lean* e Produção *Agile* (Sharp et al., 1999)

	Produção em Massa	Produção <i>Lean</i>	Produção <i>Agile</i>
Indicadores	Preço Economia de Escala Mercados estáveis Conduzida pela procura	Mercado Economia do desperdício Mercados previsíveis Conduzida pela previsão	Cliente Economia da diversidade Mercados imprevisíveis Conduzida pelas encomendas
Foco	Equipamento Instalações	Tecnologia Sistemas	Pessoas Informação
Fornecedores	Muitos Baixo nível de confiança Adversário Relacionamento	Poucos Alto nível de confiança Longo prazo Cooperação	Seleção entre muitos Alto nível de confiança Curto prazo Risco partilhado
Organização	Divisão do trabalho Hierarquizada	Equipas Horizontal	Multi-especializada Delegação de poder
Produto	Poucas opções Qualidade inconsistente	Muitas opções Alta qualidade	Personalizado Adequado ao propósito
Processo	Rígido Trabalho manual	Flexível Automatizado	Adaptativo Base no conhecimento
Filosofia	Autoritária	Administrativa	Liderança

Além destas comparações, pode-se ainda apontar as seguintes diferenças:

Produção em Massa:

- Investimento em equipamento e instalações ;
- Trabalho bastante manual;
- Especialização;
- Tomada de decisão lenta;
- Trabalhadores podem comprar produtos feitos por eles mesmos;
- Tempo de desenvolvimento do produto contado em anos;
- Qualidade inconsistente;

Produção *Lean*:

- Investimento em tecnologia;
- Camadas retiradas;
- Trabalhadores criam *Input*;
- Estabelecimento de equipas,
- Maior dependência dos fornecedores;
- Processos estáveis;
- Tempo de desenvolvimento do produto contado em meses;
- Alta qualidade no momento da venda;

Produção *Agile*:

- Investimento nos sistemas de informação das pessoas;
- Força de trabalho multi-especializada;
- Robusta, com equipas reconfigurava, equipamento e infra-estruturas;
- Parcerias em todos os pontos de produção;
- Equipas auto-geridas, gestão derrubadora de barreiras;
- Tecnologia eficaz e integração da informação;
- Tempo de desenvolvimento do produto contado em semanas;
- Alta qualidade no momento da sua vida;

Kidd (1994) e Montgomery e Levine (1994) argumentam que a produção *Lean* é necessária para a Agilidade, mas não é *per se* fundamento suficiente. Baker (1996) afirma que a produção *Agile* opõe-se a alguns dos princípios fundamentais da produção *Lean* (Sharifi e Zhang, 1999).

Ambas procuram evitar a rigidez da produção em massa e os custos elevados da produção manual. Na prática, ser *Lean* não implica ser *Agile*, mas ser *Agile* implica muitos princípios e técnicas *Lean* (Narasimhan et al., 2006). Segundo Ganguly et al. (2009), a produção *Agile* engloba os conceitos *Lean* e Flexível. A distinção entre os três tipos de produção é feita na tablea seguinte:

Tabela 5 - Distinção entre as produções *Lean*, *Flexível* e *Agile* (Ganguly et al., 2009)

Produção <i>Lean</i>	Um processo de produção que cobre toda a empresa; tem o objectivo de aumentar a qualidade, minimizar o desperdício através da eliminação de todas as actividades que não acrescentam valor, favorecer a melhoria contínua, a flexibilidade e as relações de longo prazo
Produção <i>Flexível</i>	Uma estrutura que habilita a linha de produção a ser facilmente reconfigurada ou personalizada para produzir diferentes produtos
Produção <i>Agile</i>	Uma estratégia que aborda o mundo empresarial e incorpora em si mesma os conceitos da produção <i>Lean</i> e da produção flexível

Como já foi várias vezes referido, a produção *Lean* tem como preocupação primária a minimização ou eliminação de desperdício através de um processo de produção eficiente. Apesar da produção *Agile* também abraçar este conceito *Lean*, fá-lo apenas na medida em que a sua capacidade para responder com eficácia às inesperadas e súbitas mudanças é indispensável. A produção *Agile* envolve flexibilidade de vários tipos e inclui a capacidade de fazer o que não estava planeado e responder a alterações ou a pedidos únicos de clientes (Narasimhan et al., 2006). A produção *Flexível* baseia-se no planeamento da resposta a contingências antecipadas (adaptação reactiva), enquanto que a produção *Agile* apresenta comportamento proactivo, para prosperar num mercado com contínua e constante mudança (Hezel, 2004 retirado de Ganguly et al., 2009). A flexibilidade da produção *Flexível* por si só, não é suficiente para a globalidade da Agilidade da produção *Agile* (Kettunen, 2009a).

3.2 CONCEITOS PRINCIPAIS DE AGILIDADE E PRODUÇÃO AGILE

3.2.1 MODELOS E ÁREAS DE APLICAÇÃO

Desde a publicação do relatório — “*21st Century Manufacturing Enterprise Strategy*”, têm surgido várias publicações acerca do conceito de Agilidade, com diferentes perspectivas que revelam a complexidade desta abordagem. Não existe uma definição exacta do conceito de Agilidade e as diferentes definições devem ser consideradas em simultâneo a fim de se obter uma melhor compreensão da sua constituição (Kettunen, 2009a; Kettunen, 2009b).

Yusuf et al. (1999) estabeleceram uma definição de Agilidade mais abrangente: “A Agilidade é a exploração bem sucedida de todas as potencialidades da empresa (velocidade, flexibilidade, inovação proactiva, qualidade), com a integração dos recursos e das tecnologias com as melhores práticas de enriquecimento de conhecimento, para fornecer produtos e/ou serviços dirigidos a um cliente específico, num ambiente em rápida mudança”. Esta definição tem conhecimento dos quatro principais conceitos da produção *Agile* que são competição baseada na gestão das competências do núcleo, formação de empresas virtuais, capacidade de reconfiguração e gestão do conhecimento, como se pode ver na figura 5.

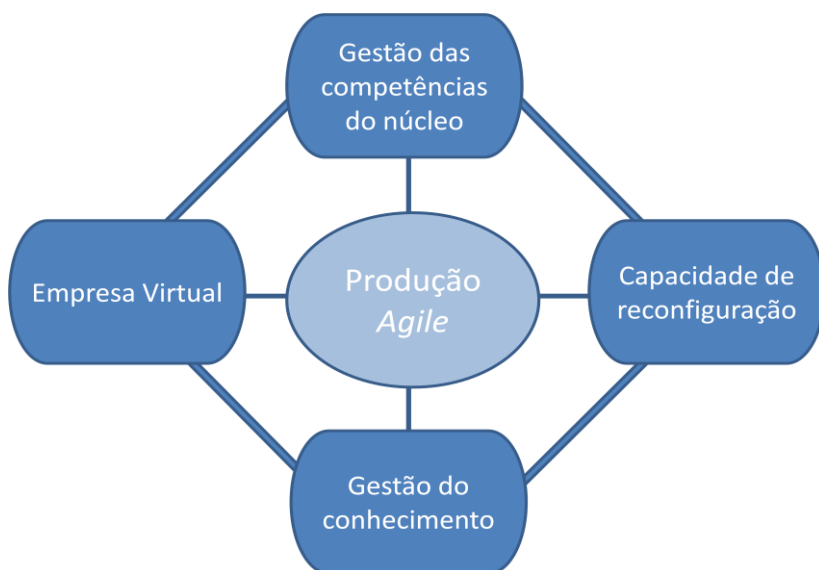


Figura 5 - Conceitos nucleares da produção Agile, (Yusuf et al., 1999)

Baseando-se na abrangente definição anterior, Gunasekaran (1999) desenvolveu um modelo de um sistema de produção Agile que se encontra representado na figura 6.

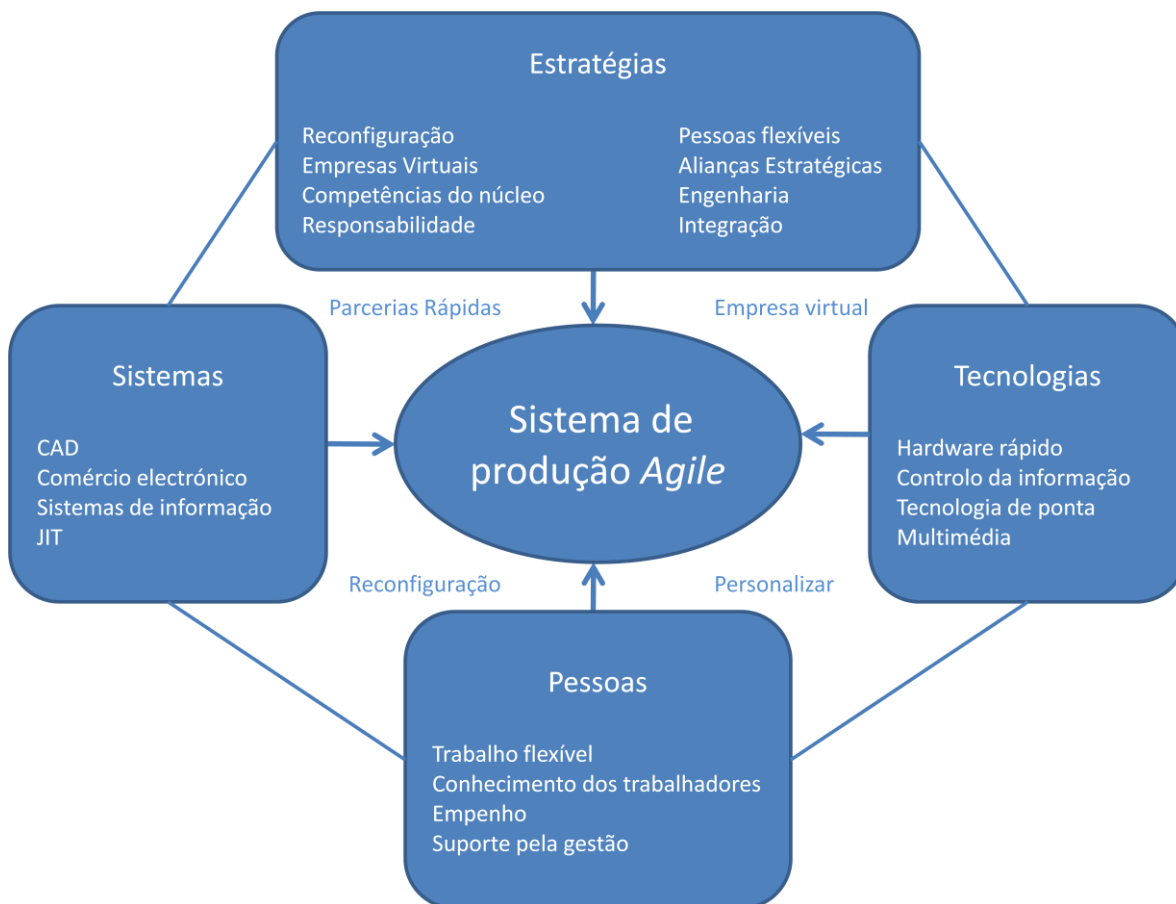


Figura 6 - Desenvolvimento de um sistema de produção Agile (Gunasekaran, 1999).

Gunasekaran e Yusuf (2002) afirmaram que a Agilidade pode ser definida como a potencialidade de uma empresa para responder às exigências do mercado em mudança, com a minimização do custo dos bens e maximização da satisfação do cliente, para se tornar mais competitiva num mercado global e para aumentar a sua hipótese de sobrevivência a longo prazo, com o máximo de lucro. Este objectivo só é possível se for auxiliado por pessoas, processos e tecnologias flexíveis.

Vázquez-Bustelo e Avella (2006) desenharam um modelo conceptual para a implementação da produção *Agile*, apresentado na figura 7, indicando que a Agilidade pode ser alcançada através da integração de práticas nos seguintes domínios: recursos humanos, tecnologias e sistemas de informação, organização interna e relações externas, usando mecanismos de integração e coordenação da cadeia de valor, desenvolvimento de novos produtos e/ou processo de gestão e gestão do conhecimento e da aprendizagem (Vázquez-Bustelo e Avella, 2006).

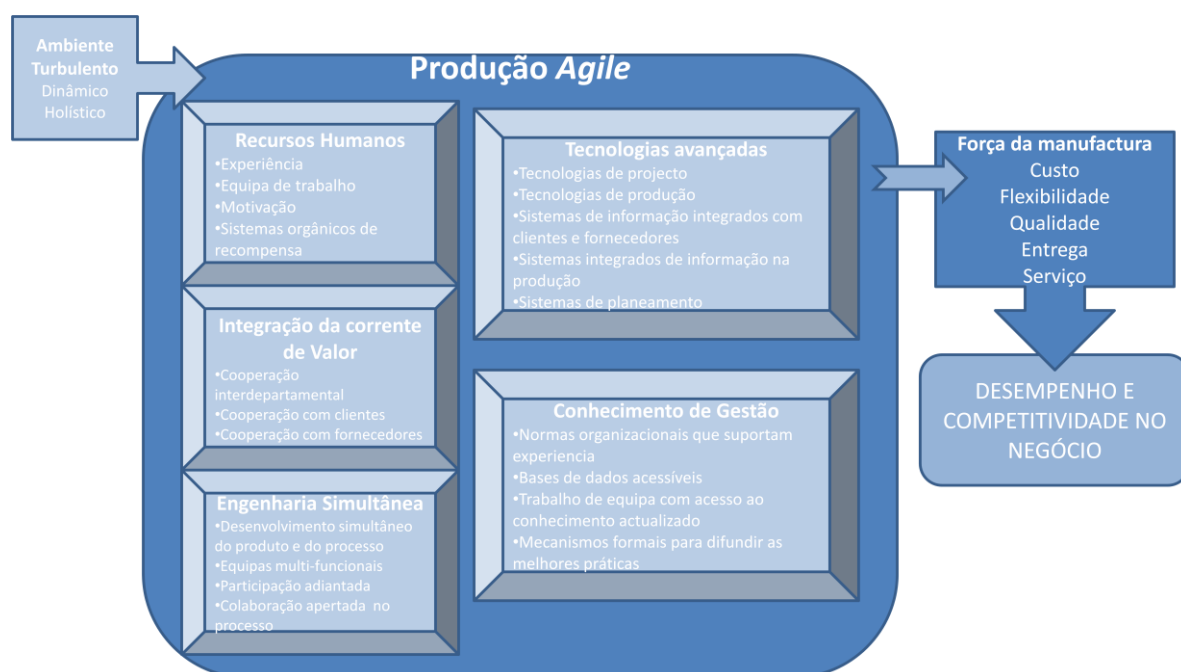


Figura 7 - Modelo Conceptual da produção Agile (Vázquez-Bustelo e Avella, 2006)

As diferentes definições indicam que, no sentido mais amplo, a produção *Agile* consiste no conceito de empresa integrada que compreende não só o planeamento e controlo da produção, mas também outras áreas como interfaces do negócio, cadeia de fornecimento e factores da força de trabalho (Vázquez-Bustelo e Avella, 2006).

Kettunen (2009b) considerou a visão da Agilidade como uma capacidade do sistema de uma entidade organizacional para responder à competição do ambiente de negócio. A figura 8 ilustra esta perspectiva, na qual a entidade pode ser a globalidade de uma empresa (virtual), uma função interna de desenvolvimento de novos produtos ou uma equipa de projectos de *Software*. Este é um sistema aberto e dinâmico (Kettunen, 2009b).

A Agilidade pode ser decomposta nas seguintes dimensões respeitantes à interface entre uma unidade organizacional e o seu ambiente de negócio (Ismail et al., 2006):

- capacidade de resposta (reacção apropriada à mudança)
- proactividade (preparação para mudança futura e, se possível, influenciar essa mudança)
- robustez (habilidade para lidar com imprevisíveis mudanças no exterior)

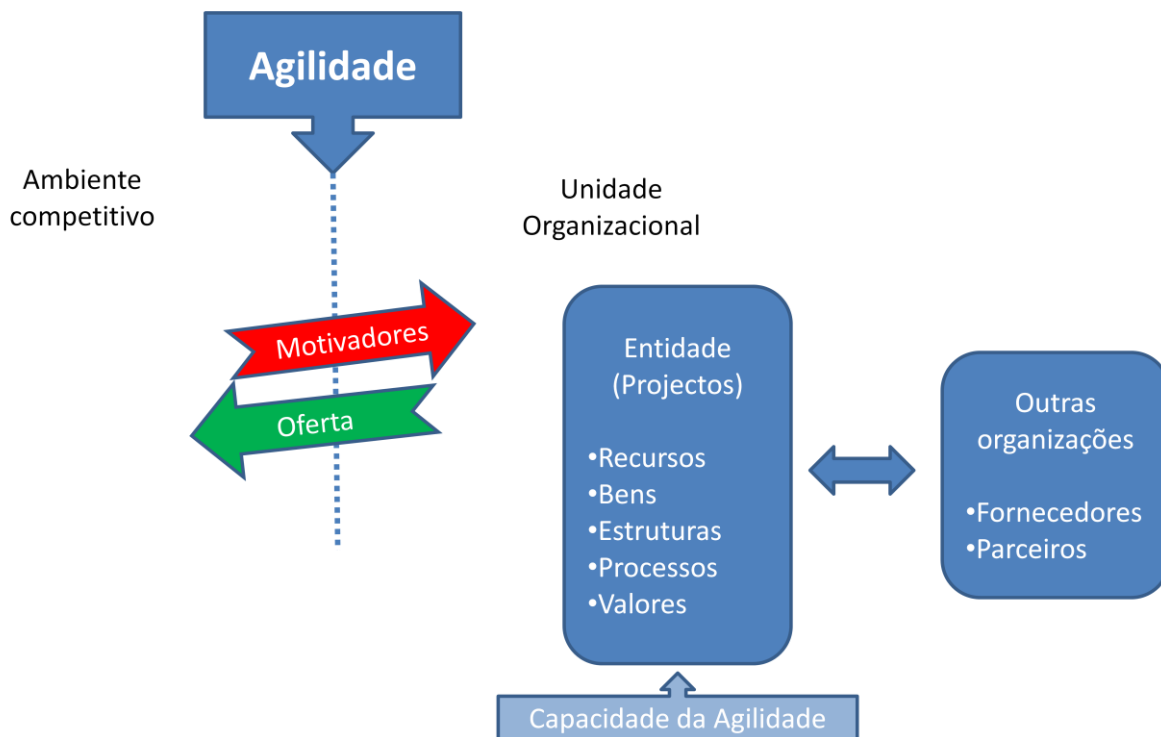


Figura 8 - Visão da Agilidade como uma capacidade organizacional (Kettunen, 2009)

Possuir Agilidade consiste em lidar com a incerteza e a aprendizagem ao longo do tempo. Uma empresa que valorize a aprendizagem é proficiente na sua adaptação à mudança e, por isso, importa que esta entenda o potencial das fontes de mudança e de alteração do seu ambiente de negócio. A Agilidade pode abranger diferentes áreas da competência empresarial. Apesar do objectivo global ser o mesmo, as diferentes áreas abordam-na de perspectivas e âmbitos diferentes e estes podem sobrepôr-se parcialmente (ver figura 9) (Kettunen, 2009a).



Figura 9 - Agilidade nas diferentes áreas da competência empresarial (Kettunen, 2009a).

3.2.2 MOTIVADORES E MEIOS PARA O INVESTIMENTO NA AGILIDADE

No processo de planeamento e gestão de uma empresa as perguntas que se colocam a quem pretende utilizar as ferramentas ágeis são o “*porquê?*” e o “*como?*” da sua utilização para obter resultados positivos.

As respostas a estas perguntas são dadas, respectivamente, através de dois elementos chave para a implementação de estratégias de agilidade, os quais permitem obtenção de resultados, e aos quais segundo Vázquez-Bustelo e Avella (2006) se apelidam de motivadores e possibilitadores.

O ambiente de negócio, sendo uma fonte de mudança e incerteza, foi considerado o principal motivador da Agilidade. Sharifi e Zhang (1999) desenvolveram um modelo de produção *Agile*, que consiste em três elementos principais: os motivadores, as potencialidades e os meios para atingir a Agilidade, descritos na tablea seguinte:

Tabela 6 - Descrição dos modelos principais do modelo conceptual de produção *Agile*

<p><u>Motivadores</u></p> <p>Representam a mudança no ambiente de negócio que leva as empresas para uma nova posição no mercado e a procurar vantagem competitiva. As empresas são instigadas a rever e refazer a sua estratégia.</p>	<p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de se tornar ágil - Estratégia com a intenção de se tornar ágil - Estratégia para a agilidade
<p><u>Capacidades</u></p> <p>Consistem nas habilidades das empresas para responder à mudança.</p>	<p>Exemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidade de resposta - Competência - Flexibilidade

	- Rapidez
<u>Meios</u>	Exemplos:
São os meios através dos quais as potencialidades podem ser alcançadas e devem ser procurados nas seguintes quatro áreas: organização, pessoas, tecnologia e inovação.	<ul style="list-style-type: none"> - Práticas, métodos e ferramentas - Organização - Tecnologia - Recursos humanos - Inovação

Uma empresa com Agilidade em pleno deve integrar os princípios da Agilidade em todas as suas áreas e analisar as possíveis melhorias nas diferentes áreas de competência empresarial (Kettunen, 2009a). Segundo Vázquez-Bustelo e Avella (2006), o ambiente de negócio foi definido como um conjunto de elementos contextuais fora do controlo da gestão, pelo menos a curto prazo, o que apresenta oportunidades e ameaças. Os resultados das empresas são consequência destes elementos. Quase três décadas de pesquisa empírica suportam esta teoria, concluindo-se que os resultados estão correlacionados directamente com a habilidade da empresa em se adaptar ao seu ambiente de negócio. A Agilidade tem sido considerada como a chave para o sucesso de uma empresa num ambiente de negócio turbulento (Vázquez- Bustelo e Avella, 2006).

3.3 MÉTODOS ÁGEIS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

3.3.1 DEFINIÇÃO E ORIGEM

Os Métodos Clássicos de Desenvolvimento de *Software* deixaram de estar adequados a todas as situações e os especialistas reconheceram a necessidade de criar novas práticas, orientadas a pessoas e com flexibilidade suficiente para enfrentar o dinamismo do ambiente de negócio (Cockburn e Highsmith, 2001a). Como resposta às crescentes pressões da inovação, a prazos cada vez mais reduzidos, a constantes alterações de requisitos e ao mau desempenho de grande parte dos projectos de desenvolvimento de *Software*, muitos técnicos especialistas começaram a criar os seus próprios métodos em detrimento dos métodos clássicos, chamados de métodos “leves” (Dias M., 2005). Estes métodos “leves” passaram a ser designados por Métodos Ágeis como melhoria da sua nomenclatura (Strode, 2005).

Como tem sido dito anteriormente os Métodos Ágeis implicam habilidade em sobreviver numa atmosfera em constante mudança e a emergir com sucesso. Aceitar a mudança ao invés da preferência pela previsibilidade.

3.3.2 MANIFESTO PARA O DESENVOLVIMENTO ÁGIL DE SOFTWARE

No início do ano de 2001, um grupo de notáveis metodologistas participaram numa reunião com o objectivo de melhorar a forma de desenvolver *Software*. Os valores do Desenvolvimento Ágil de *Software* foram contidos na forma de manifesto, designado por Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de *Software* (Agile Alliance, 2001). O manifesto foi criado com o objectivo de o trabalho já

versão para discussão

desenvolvido pelos criadores possa vir a ajudar outros profissionais no desenvolvimento de software, organização, metodologias e novas ferramentas ágeis nas suas empresas e pretende ressaltar a importância da contribuição humana, colaboração com o cliente e capacidade de resposta à mudança (Owen e Koskela, 2006).

*“Ao desenvolver e ao ajudar outros a desenvolver software,
temos vindo a descobrir melhores formas de o fazer.
Através deste processo começámos a valorizar:*

*Indivíduos e interacções mais do que processos e ferramentas
Software funcional mais do que documentação abrangente
Colaboração com o cliente mais do que negociação contratual
Responder à mudança mais do que seguir um plano*

*Ou seja, apesar de reconhecermos valor nos itens à direita,
valorizamos mais os itens à esquerda.*

Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de Software, 2001

Os Métodos Ágeis para o desenvolvimento de *Software* têm gerado grande entusiasmo no meio dos profissionais e dos investigadores (Turk et al., 2004). Actualmente, existe uma série de métodos que podem ser designados por Métodos Ágeis de desenvolvimento de *Software*, como por exemplo, o *Extreme Programming (XP)*, *Scrum*, *Feature-Driven Development (FDD)*, *Adaptative Software Development (ASD)* e *Dynamic Systems Development Method (DSDM)* (Abrahamsson et al., 2002). Em geral, a premissa base diz que, pequenas e co-localizadas equipas de trabalho ao trabalharem em conjunto com o cliente, podem criar produtos com grande valor e com custo eficiente, através de pequenas e frequentes iterações (Kettunen, 2009a). O foco é mantido nas pessoas e na dinâmica das suas interacções, em vez de ser unicamente no planeamento dos requisitos e em processos rígidos. O conceito chave promovido pelo Manifesto assume que as pessoas são a base do processo de desenvolvimento (Levy e Hazzan, 2009).

3.3.2.1 Princípios dos Métodos Ágeis

Segundo o Manifesto para o desenvolvimento Ágil de Software, são 12 os princípios dos métodos Ágeis, que proporcionam uma melhor obtenção de resultados, e estão indicados na tabela subsequente.

Tabela 7 – Princípios do Manifesto Ágil (*Agile alliance*, 2001).

1-	A maior prioridade é, desde as primeiras etapas do projecto, satisfazer o cliente através da entrega rápida e contínua de software com valor;
2-	Aceitar alterações de requisitos, mesmo numa fase tardia do ciclo de desenvolvimento. Os processos ágeis potenciam a mudança em benefício da vantagem competitiva do cliente. A mudança é bem-vinda, ainda que tardia.
3-	Fornecer frequentemente software funcional. Os períodos de entrega devem ser de poucas semanas a poucos meses, dando preferência a períodos mais curtos.
4-	O cliente e a equipa de desenvolvimento devem trabalhar juntos, diariamente, durante o decorrer do projecto.
5-	Desenvolver projectos com base em indivíduos motivados, dando-lhes o ambiente e o apoio de que necessitam, confiando que irão cumprir os objectivos.
6-	O método mais eficiente e eficaz de passar informação para e dentro de uma equipa de desenvolvimento é através de conversa pessoal e directa.
7-	A principal medida de progresso é a entrega de software funcional.
8-	Os processos ágeis promovem o desenvolvimento sustentável. Os promotores, a equipa e os utilizadores deverão ser capazes de manter, indefinidamente, um ritmo constante e sustentável.
9-	A atenção permanente à excelência técnica e um bom desenho da solução aumentam a agilidade.
10-	Simplicidade – a arte de maximizar a quantidade de trabalho que não é feito – é essencial.
11-	As melhores soluções, arquitecturas, requisitos e desenhos surgem de equipas auto-organizadas.
12-	A equipa reflecte regularmente sobre o modo de se tornar mais eficaz, fazendo os ajustes e adaptações necessárias.

Não existe uma definição universal de Desenvolvimento Ágil de *Software*, tal como acontece com o conceito de Agilidade da produção *Agile*. O Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de *Software* salienta certos princípios sobrepostos, mas não uma exacta definição (Conboy e Fitzgerald, 2004). O Desenvolvimento Ágil de *Software* pretende integrar os mesmos propósitos da produção *Agile* (Kettunen, 2009a). Os Métodos Ágeis podem ser considerados como uma colectânea de diferentes técnicas e métodos, que compartilham os mesmos valores e princípios básicos (Cohen et al. 2003,

citado em Dias, 2005). Anderson (2004) caracteriza os Métodos Ágeis, simplesmente, como mais proficientes do que os métodos tradicionais.

Em suma, os principais desafios que devem ser orientados pelos Métodos Ágeis de Desenvolvimento de *Software* são: a satisfação do cliente; a inevitabilidade da mudança que deve ser encarada como uma oportunidade e o seu custo minimizado ao longo do projecto; a eliminação da mudança que significa menosprezar condições importantes do negócio; a espera pela inovação com alta qualidade e disponível em prazos cada vez menores.

3.4 GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS

3.4.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MÉTODOS ÁGEIS PARA A GESTÃO DE PROJECTOS

A Gestão Ágil de Projectos (GAP) ou *Agile Project Management* (APM) foi criada a partir dos valores e princípios dos Métodos Ágeis de Desenvolvimento de *Software*, retratados no Manifesto para o Desenvolvimento Ágil de *Software*. Mediante iniciativas relacionadas com a indústria da Engenharia Civil e Aeroespacial (onde o cenário de complexidade e de incerteza é comum), o movimento para o Desenvolvimento Ágil de *Software* aumentou a abrangência dos seus métodos até à gestão de projectos (Highsmith, 2004 citado por Dias M., 2005).

Para Chin (2004) deve ser alcançado o equilíbrio entre as necessidades do projecto e a criatividade de uma equipa habilitada. Explica que o excesso de formalidade e de processos tende a inibir e a bloquear a inovação na equipa, mas que a falta de estrutura pode afastar o alcance dos objectivos. As empresas que adoptam uma Gestão Clássica de Projectos propuseram e implementaram expansões a esta gestão e deram continuidade ao desenvolvimento da plataforma (Chin, 2004). A aproximação ao limiar da abrangência desta gestão aumenta a visibilidade das suas restrições (presentes em qualquer plataforma) e o da baixa eficiência do seu desempenho. Da proposta de Chin (2004) surge a Gestão Ágil de Projectos, que pode ser vista como um novo elemento que vai suportar as extensões da Gestão Clássica de Projectos e cujos praticantes possuem habilidade para gerir com eficiência os projectos num ambiente de mudança e incerteza (Leal, 2008).

De acordo com Highsmith (2004) e Chin (2004), a Gestão Ágil de Projectos abandona uma postura marcada pela antecipação, baseada apenas no planeamento prévio de actividades, característica da Gestão Clássica de Projectos, e passa a procurar o desenvolvimento da visão do futuro e da capacidade de exploração. Segundo Highsmith (2004) um bom processo de exploração necessita de cinco objectivos principais:

- Inovação contínua;
- Adaptabilidade do produto;
- Tempos de entrega reduzidos;
- Capacidade de adaptação do processo e das pessoas;
- Resultados fiáveis (Highsmith, 2004).

Para este autor a GAP pode ser vista como a resposta às crescentes pressões por constante inovação, à concorrência apertada, à necessidade de redução dos ciclos de desenvolvimento e implantação de novos produtos e à necessidade de adaptação ao dinâmico ambiente de negócio.

3.4.2 DEFINIÇÃO, VALORES E PRINCÍPIOS DA GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS

Highsmith (2004) define a Gestão Ágil de Projectos como um conjunto de valores, princípios e práticas que auxiliam a equipa a entregar produtos ou serviços num ambiente desafiante. A justificação da GAP é descrita através de valores e princípios e a sua realização é feita por meio de práticas. Esta nova gestão valida a necessidade de entregar produtos fiáveis aos clientes, dentro das restrições de custo e prazo e pode ser considerada como uma atitude em vez de um processo (Highsmith, 2004). A GAP define quatro valores centrais, explícitos na tabela seguinte.

Tabela 8 - Gestão Ágil de Projectos – Valores centrais

As respostas às mudanças são mais importantes que o seguimento de um plano.
A entrega de produtos está acima da entrega de documentação.
Dar prioridade à colaboração do cliente sobre a negociação de contratos.
Os indivíduos e suas interações são mais importantes que os processos e as ferramentas.

Estes valores dizem respeito à necessidade de criar e entregar produtos ágeis, adaptáveis e com valor, e desenvolver e equipas de projecto com características semelhantes. Highsmith (2004) afirma que o sucesso é alcançado através da valorização das pessoas e das suas interações em vez dos processos e das estruturas. A competência e habilidade de cada indivíduo, a interação entre as pessoas ou equipas com qualificações técnicas e a capacidade de aprendizagem da equipa para aplicar os conhecimentos adquiridos são determinantes para o sucesso de um projecto. Estes aspectos estão estritamente ligados ao atendimento das expectativas do cliente (Dias M., 2005).

Além dos valores expostos, a Gestão Ágil de Projectos possui um conjunto de princípios fundamentais que orientam a sua aplicação. De acordo com Larson e LaFasto ((1989) retirado de Dias, 2005), a liderança baseada em princípios é uma das características mais importantes das equipas de alto desempenho. Highsmith (2004) estabelece os seis princípios divididos num par de categorias (ver tabela 9) e apesar de confirmar a utilidade destes quando aplicados isoladamente, é todo o conjunto que permite desenvolver um ambiente que encoraja e ajuda a produzir melhores resultados.

Tabela 9 – Princípios da GAP (Dias, 2005)

Categoria	Princípio
Valor para o cliente	• Entregar valor ao cliente
	• Gerar entregas iterativas e baseadas em funcionalidades
	• Procurar excelência técnica

versão para discussão

Estilo de gestão baseado na liderança e na colaboração

- Encorajar a exploração
 - Constituir equipas adaptativas
 - Simplificar
-

De maneira geral, a Gestão Ágil de Projectos apresenta grande preocupação com as pessoas e com o relacionamento entre elas. Aconselha que a equipa deve trabalhar em prol de objectivos comuns e deve ter uma visão partilhada do projecto. Os processos e as práticas devem ser simples, a existência de *feedback* deve ser constante, a informação deve ser partilhada por toda a equipa, os membros da equipa devem ter capacidade de decisão e devem ser encorajadas regras simples. De acordo com Leal (2008), a Gestão Ágil de Projectos apresenta uma maior concentração nas actividades de execução do que nas planeadas, adaptando-se à mudança.

3.4.3 GESTÃO CLÁSSICA DE PROJECTOS VS GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS

É interessante estabelecer uma comparação entre a Gestão Clássica de Projectos de Projectos e a Gestão Ágil de Projectos. Na tabela 10 é feita uma comparação entre as principais características dos grupos de processos propostos pelo Project Management Institute (PMI) (2004) – Iniciação, Planeamento, Execução, Monitorização e Controlo e Encerramento – e as fases da Gestão Ágil de Projectos – Visão, Especulação, Exploração, Adaptação e Encerramento (Highsmith, 2004 retirado de Dias M., 2005).

As diferenças fundamentais entre a Gestão Clássica de Projectos e a Gestão Ágil de Projectos assentam em dois pontos fundamentais: nas relações entre as fases de Planeamento e Especulação e entre as fases de Monitorização e Controlo e Adaptação (Highsmith, 2004; Chin, 2004 retirado de Dias M., 2005).

A Gestão Clássica de Projectos de Projectos, estruturada segundo uma visão de processos descritos pelo PMI (2004), confere grande importância ao planeamento detalhado do projecto e aos processos formais de monitorização e controlo.

A Gestão Ágil de Projectos transfere essa importância no planeamento e monitorização e controlo para a especulação e adaptação, respectivamente. A primeira transferência visa a rápida entrega de valor ao cliente e a apresentação de resultados ao longo de todo o projecto e a segunda permite realizar alterações no âmbito de cada iteração, para atender à mudança de requisitos do negócio (Dias M., 2005).

Tabela 10 – Comparação entre a Gestão Clássica de Projectos e a Gestão Ágil de Projectos (Dias, 2005)

GESTÃO CLASSICA DE PROJECTOS	GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS
<u>Iniciação</u> Autorização de um novo projecto ou fase e definição do âmbito preliminar do projecto.	<u>Visão</u> Determinação da visão do produto e do âmbito inicial do projecto.
<u>Planeamento</u> Planeamento integral e detalhado do projecto.	<u>Especulação</u> Desenvolvimento de um plano inicial do projecto, seguido por planeamentos individuais a cada iteração.
<u>Execução</u> Execução do plano de projecto.	<u>Exploração</u> Entrega dos produtos previstos a cada ciclo.
<u>Monitorização e Controlo</u> Ênfase no controlo do progresso dos trabalhos e no controlo e gestão de mudanças para minimizar os impactos no projecto.	<u>Adaptação</u> Revisão dos resultados entregues e abertura para adaptações do âmbito, visando o atendimento aos novos requisitos do negócio.
<u>Encerramento</u> Execução do plano de projecto.	<u>Encerramento</u> Aceitação do cliente a cada ciclo e formalização do encerramento do projecto ao final dos trabalhos.

3.4.4 COMPARAÇÃO ENTRE *LEAN CONSTRUCTION* E GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS

É importante realçar que a Gestão Ágil de Projectos não é sinónimo de produção *Agile* nem *Lean*, apesar de algumas raízes comuns e características similares. Para que uma empresa seja considerada ágil deve ter uma estrutura apropriada que permita proactividade e rapidez na adaptação à mudança e aproveitamento de tais oportunidades para melhorar os resultados (Owen et al., 2006).

A *Lean Construction* acomoda alguns aspectos da produção *Lean* e *Agile*, e o método *Last Planner* (Ballard, 2000) pode ser visto como parcialmente *Agile* como poderemos constatar no capítulo 5.

Naim e Barlow ((2003) citado em Owen et al., 2006) para fazer alusão à sobreposição substancial no conteúdo de ambos os paradigmas, fundiram os termos *Lean* e *Agile*, o que designaram de “*Leagile*”. Contudo, estas abordagens não abraçam a Gestão Ágil de Projectos holisticamente, através do entendimento geral dos fenómenos.

Na tabela 11 apresenta-se a análise comparativa das semelhanças e diferenças entre a *Lean Construction* e a Gestão Ágil de Projectos (Owen et al., 2006).

Tabela 11 - Comparação entre a *Lean Construction* e a Gestão Ágil de Projectos (Owen et al., 2006).

	IGLC <i>Lean Construction</i>	Gestão Ágil de Projectos
Base de evolução	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de produção Toyota • Teoria do fluxo de valor Koskela • Teoria dos constrangimentos • Teoria da complexidade • Sistemas <i>Thinking</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Reacção aos sistemas de informação de baixo desempenho • Teoria da complexidade
Princípios Fundamentais	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do desperdício • Fluxo & valor 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor emergente & rápido feedback
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho colaborativo e gestão distribuída (<i>Last Planner</i>) • Cliente “puxa o produto” 	<ul style="list-style-type: none"> • Cliente envolvido • Delegação de poder • Equipas multi-disciplinares
Base	<ul style="list-style-type: none"> • Confiança 	<ul style="list-style-type: none"> • Confiança
Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Parcial (Dimensionamento & <i>Last Planner</i>) • Em evolução 	<ul style="list-style-type: none"> • Sim
Decisões no “último momento possível”	<ul style="list-style-type: none"> • Parcial (<i>Last Planner</i>) • Em evolução 	<ul style="list-style-type: none"> • Sim

3.4.5 OS CONCEITOS DE AGILIDADE E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Apesar da quantidade de trabalho acerca dos conceitos da Agilidade e dos Métodos Ágeis propostos por vários autores, existe uma impressionante ausência de aplicações reais desses conceitos e métodos na indústria da Construção. As publicações realçam os aspectos teóricos da Agilidade e não estabelecem relação com a realidade dos empresas.

De acordo com Owen e Koskela (2006), embora o real progresso da Gestão Ágil de Projectos ocorra no domínio dos sistemas de informação, é possível deslocar as suas características nucleares para outros domínios, incluindo a indústria da Construção.

No capítulo 5 serão sugeridas algumas ideias práticas de como os métodos ágeis podem ser vantajosos na indústria da construção.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AGILE E MÉTODOS ÁGEIS

Apesar da filosofia *Lean* apresentar as vantagens referidas no capítulo anterior, e da sua aplicabilidade á produção e á construção, constata-se que a sua adaptação não funciona na sua plenitude em ambientes turbulentos com alta taxa de saturação, alterações nas necessidades dos clientes e crescente concorrência.

Com a *Lean Construction* melhora-se o desempenho dos projectos de construção através da redução dos desperdícios e eliminação das actividades que não agregam valor ao produto final, e melhor controlo do fluxo de trabalho. Implica uma mudança na maneira de compreender, gerir e controlar a Construção com ganhos importantes para esta indústria.

Apesar de ainda não muito difundida, esta teoria tem revelado bons resultados, e uma das razões pela qual sucede é (para além da redução do desperdício) apostar na melhoria do controlo e a estabilidade do processo de construção. É aqui que entram os métodos ágeis. Em mercados turbulentos, de rápidas oscilações e mudanças a *Lean* não consegue responder da melhor maneira a essas destabilizações. O *Agile* complementa a filosofia *Lean*, já que introduz boa capacidade de resposta. Nestas situações uma empresa tem de se esforçar por ser *Lean e Agile* de forma a estar preparado para reagir com eficácia a problemas.

A Agilidade consiste na exploração bem sucedida de todas as potencialidades da empresa (velocidade, flexibilidade, inovação pró-activa, qualidade), com a integração dos recursos e tecnologias com as melhores práticas de enriquecimento de conhecimento, para fornecer produtos e/ou serviços dirigidos a um cliente específico, num ambiente de rápida mudança (Yusuf e tal., 1999).

Métodos Ágeis têm também a ver com valorização da competência pessoal da empresa, tirando partido de equipas adaptativas e versáteis encorajadas a simplificar e resolver problemas por si só, apoiadas por um líder que neles deposita a sua total confiança. O seu objectivo é através de comunicação, cooperação, envolvimento e incentivo rapidamente entregarem o valor ao cliente.

Existe a possibilidade de utilizar a aplicar os Métodos Ágeis na indústria da Construção. Esta indústria apresenta características únicas mas, quando consideradas em separado, são comuns a outras indústrias. As iniciativas da indústria da Construção permitem aumentar a abrangência dos Métodos Ágeis à gestão de projectos. Esta nova plataforma habilita os seus praticantes a gerir com eficiência os projectos num ambiente de mudança e incerteza. É abandonada a postura marcada pela antecipação e passa a ser desenvolvida a visão do futuro e capacidade de exploração.

A implantação bem sucedida de métodos Ágeis, tal como as filosofias *Lean*, depende do compromisso e motivação de todos os intervenientes ao nível global da organização.

No capítulo 5 pretende-se demonstrar na prática algumas aplicações benéficas do conjunto *Lean e Agile*.

4

CMMI – CAPABILITY MATURITY MODEL INTEGRATION

4.1 INTRODUÇÃO À GESTÃO DE PROJECTOS

Como já foi referido nos anteriores capítulos, para as empresas sobreviverem e serem competitivas no mercado dos dias de hoje estas têm de entregar melhores produtos e serviços, mais rapidamente e com melhor preço. No ambiente de alta tecnologia que se vive no séc. XXI quase todas as organizações estão envolvidas no desenvolvimento de produtos e serviços cada vez mais complexos. Hoje em dia é raro uma empresa desenvolver sozinha todos os componentes de um produto ou serviço. O mais comum é que alguns componentes sejam produzidos internamente e alguns sejam adquiridos. Posteriormente, todos os componentes são integrados ao produto ou serviço final. As organizações devem ser capazes de gerir e controlar esse complexo processo de desenvolvimento e manutenção.

Actualmente na Construção Civil, como na maioria das indústrias, o processo de atingir um produto ou um serviço passa pelo encadeamento e realização de projectos. Segundo Roldão (2005), Projecto é um processo único, que consiste num grupo de actividades coordenadas e controladas com datas para início e fim, empreendido para alcance de um objectivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos.

Os projectos são organizações designadas para cumprimentos de um objectivo, criadas para esse objectivo e dissolvida após a sua conclusão. Caracterizam-se por serem únicos, finitos, de elevado risco, complexos e de potencial conflito em virtude dessa mesma complexidade e da elevada incerteza e risco. (Roldão, 2005). São trabalhos que tem começo e fim. Este tipo de trabalho pode ser confundido com operações permanentes da empresa que envolvem trabalho repetitivo sem um fim definido. Porém, existe uma diferença clara entre projectos e operações permanentes: a finalidade do projecto é atingir o seu objectivo e, em seguida, terminar, já a finalidade das operações permanentes é manter o negócio, adoptando novos conjuntos de objectivos e continuando o trabalho.

A cada dia mais organizações delegam os seus trabalhos à execução de projectos, o que tem criado um aumento na procura de profissionais na área de tratamento e gestão de projectos, já que estes se têm tornado os meios pelos quais as organizações se adaptam às condições de mudança.

De facto a gestão de projectos é hoje em dia já por si só uma disciplina muito vasta, que preocupa muitos milhares de profissionais e que tem evoluído ao longo das últimas décadas. Na verdade já

desde os primeiros tempos quando os homens trabalhavam juntos para construir um abrigo ou cultivar uma colheita, houve projectos e gestão de projecto, mas foi principalmente a partir da Segunda Guerra Mundial que uma disciplina formal de gestão de projectos surgiu. Neste período, o governo dos Estados Unidos envolveu-se em grandes projectos de desenvolvimento de armas. Um desses projectos, de nome Manhattan, projectou e construiu a primeira bomba atómica, e é geralmente reconhecido por esta comunidade como o primeiro projecto a usar as modernas técnicas de gestão de projectos (Gouveia, 2010). Este projecto, de grande dimensão e complexidade, envolveu mais de 100 mil pessoas, associadas em diversas unidades de investigação e desenvolvimento, distribuídas em treze locais diferentes e que ao longo de três anos, envolvendo desafios e obstáculos de grande complexidade, recursos económicos imensos e requisitos de segurança muito elevados – tudo numa iniciativa sem precedentes até ao momento – teve sucesso e cumpriu os objectivos inicialmente estabelecidos (com os resultados assustadores que se conhecem).

Claro está que esse sucesso americano se deve também às enormes contribuições de Taylor e Gantt no final do séc. XIX. Frederick Taylor, pioneiro da corrente chamada “Gestão Científica”, aplicou o raciocínio científico mostrando que o trabalho pode ser decomposto e analisado em tarefas elementares para permitir melhor lidar com o todo.

Já Henry Gantt (seguidor de Taylor) considerado, por sua vez, o precursor da Gestão de Projectos, estudou em grande detalhe a ordem de operações no trabalho. Seu Gráfico de Gantt completo com barras de tarefas e marcadores intermediários, esboça a sequência e duração de todas as tarefas em um processo, com base numa escala de tempo. Os Gráficos de Gantt permitem visualizar as diferentes tarefas de acordo com a sua duração e data de realização e provaram ser uma ferramenta analítica poderosa para gerentes e permaneceram inalterados durante quase cem anos. Somente no início dos anos noventa que as linhas de ligação foram somadas a estas barras de tarefa para descreverem as dependências entre as tarefas (Gouveia, 2010).

Taylor e Gantt podem ser considerados como os precursores da utilização de ferramentas e técnicas modernas como o *WBS* (divisão do trabalho, “*Work Breakdown Structure*”), útil no planeamento e decomposição do trabalho em tarefas para mais facilmente se atingir o objectivo final e as técnicas associadas *PERT* (“*Program Evaluation and Review Technique*”) e *CPM* (método do caminho crítico, “*Critical Path Method*”), úteis no acompanhamento e controlo de projectos e na sua reprogramação, a gestão de projectos tem apresentado consideráveis evoluções.

Essas técnicas difundiram-se para os diversos tipos de indústrias como forma de apresentar novas estratégias de gestão e ferramentas para controlar o crescimento num mundo de rápida mudança, variabilidade e deveras competitivo.

Pesquisas comprovam a melhoria nos resultados obtidos ao serem aplicados as técnicas e os conhecimentos da gestão de projectos em qualquer tipo de projecto. Esta independência da disciplina de gestão de projectos da área da aplicação faz com que seja possível a identificação das melhores técnicas e práticas a serem adoptadas em diferentes ramos, surgindo então os modelos de referência, que por sua vez, estão cada vez mais difundidos no ambiente organizacional.

Esses modelos têm o intuito de auxiliar os gerentes e toda a equipa envolvida nos projectos a atingir os seus objectivos com sucesso.

A definição de sucesso para um projecto está directamente ligada a alguns requisitos que devem ser avaliados ao se definir o que é sucesso para um determinado projecto: prazo, orçamento, qualidade (relacionada ao resultado esperado), funcionalidade e desempenho. Cabe ao gerente do projecto achar

versão para discussão

o ponto de equilíbrio entre as três variáveis fundamentais para a obtenção do sucesso: custo, prazo e qualidade. Esta tarefa de decisão pode ser facilitada através da utilização de um modelo de referência de gestão de projectos que seja adequado à visão da organização, bem como seus objectivos de negócio.

4.2 INSTITUTOS DE GESTÃO DE PROJECTOS E MODELOS DE REFERÊNCIA

4.2.1 PROJECT MANAGMENT INSTITUTE – PMI

Criado em 1969, na Pensilvânia, Estados Unidos, o *Project Management Institute* é uma entidade mundial sem fins lucrativos direccionada ao estudo da gestão de projectos. Possui hoje em dia meio milhão de membros e credenciados em 185 países e actua no desenvolvimento do ofício da gestão de projectos através de padrões e certificados reconhecidos globalmente, colaborações entre várias comunidades, e um extenso programa de pesquisa para desenvolvimento de novas oportunidades.

É o líder mundial de estratégias, práticas e competências organizacionais, e actua em diversas áreas tais como: aeroespacial, empresarial, construção, engenharia, tecnologia da informação, médica, telecomunicações, farmacêutica, recursos humanos, governamental e etc.

O documento padrão “*PMBOK® Guide and standards*” – (PMBOK® Guia e Modelos) é reconhecido mundialmente e aprovado como um Padrão Nacional Americano (ANS) pelo Instituto de Padrões Nacional Americano (ANSI). O PMI, além de defensor da profissão de Gestão de Projectos, fixa padrões de indústria, dirige pesquisas e fornece educação, certificação e oportunidades de crescimento profissional.

A certificação PMP® (*Project Management Professional*) do PMI é a credencial profissional mais importante industrialmente reconhecida para indivíduos associados à gestão de projectos. Autenticada e exigida globalmente, o PMP® demonstra que o profissional possui experiência, educação e competência para liderar e dirigir projectos com sucesso.

Tendo-se dedicado a desenvolver e manter um programa de certificação rigoroso para avançar a profissão de gestão de projectos e reconhecer as realizações de indivíduos, o PMI compartilha padrões técnicos e éticos com a comunidade internacional de Gestão de Projectos através de organizações quer internacionais quer nacionais, na qual Portugal está também envolvido.

4.2.2 INTERNATIONAL PROJECT MANAGMENT ASSOCIATION – IPMA

O IPMA, foi a primeira associação de gestão de projectos do mundo, fundada em 1965. Desde então tem vindo a crescer e a ser divulgado internacionalmente com membros em mais de 50 países espalhados pelo globo.

O objectivo da organização é promover e desenvolver a profissionalização da gestão de projectos, levando em consideração exigências culturais específicas. Para isso, oferece com frequência cursos, seminários e congressos com ênfase à pesquisa e publicação. Possui também um programa de certificação em gestão de projectos, baseado no ICB2 – *International Competence Baseline*.

A elevada qualidade dos seus programas de certificação de administração de projectos é assegurado através dos padrões estabelecidos no ICB (linha base) pelo IPMA.

4.2.3 SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE – SEI

O *Carnegie Mellon*[®] *Software Engineering Institute*, é um instituto e centro de desenvolvimento Norte-americano fundado em 1984. Este estabelecimento dedica-se ao desenvolvimento e divulgação dos princípios e práticas avançadas de engenharia de software, segurança de computadores e melhoria de processos, ou seja abrange grande parte das chamadas organizações de Tecnologia da Informação.

O instituto opera actualmente como um dos líderes em inovação tecnológica e actua junto a organizações de defesa e governo, indústria e universidades para melhorar continuamente seus sistemas e modelos de referência.

Os objectivos e competências pelos quais este instituto se responsabiliza são:

- Realizar pesquisas para explorar soluções promissoras para problemas de engenharia de *software*;
- Identificar e codificar tecnologias e soluções metodológicas;
- Testar e refinar as soluções através de programas-piloto que ajudam a indústria e o governo a resolver os seus problemas;
- Divulgar as soluções alcançadas através de treino, licenciamento e publicação das melhores práticas.

A finalidade do SEI é ajudar organizações a melhorar as suas capacidades em processos de engenharia de *software*.

Recentemente este instituto publicou um novo modelo de referência, de nome *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), que vai ser detalhadamente tratado neste capítulo, visto ter-se mostrado um modelo de maturidade com uma abrangência bem maior que simplesmente processos de engenharia de *software*, podendo ser aplicados em processos de sistemas em geral, com resultados apresentados extremamente positivos. O objectivo será testar a sua potencialidade na indústria da Construção Civil.

4.3 PORQUÊ UTILIZAR O CMMI?

Os problemas que as organizações enfrentam envolvem soluções que abrangem toda a corporação, exigindo que todos os elementos estejam incorporados no processo de resolução dos mesmos. A gestão eficaz dos activos da organização é crítica para o sucesso do negócio. Essencialmente, essas organizações desenvolvem produtos e serviços e, como tal, necessitam de formas de gestão integrada para as suas actividades de desenvolvimento a fim de alcançar os seus objectivos estratégicos.

No mercado dos tempos que correm, existem modelos de maturidade, padrões, metodologias e directrizes que podem auxiliar uma organização a melhorar a sua forma de fazer negócios. Entretanto, a maioria das abordagens disponíveis para melhoria foca-se numa parte específica do negócio e não utilizam uma abordagem sistemática em relação aos problemas enfrentados por grande parte das organizações. Ao concentrar-se na melhoria de apenas uma única área do negócio, esses modelos infelizmente têm ajudado a perpetuar as barreiras e os compartimentos que existem nas organizações.

Segundo o SEI, o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) ajuda a integrar funções organizacionais tradicionalmente isoladas, oferecendo uma oportunidade de evitar ou eliminar essas barreiras e divisões por meio de modelos integrados que transcendem as disciplinas. O CMMI consiste em práticas relativas às actividades de desenvolvimento e manutenção aplicadas a produtos e serviços. É um modelo de referência que abrange práticas, genéricas ou específicas, necessárias à maturidade

versão para discussão

em matérias específicas e que cobrem o ciclo de vida do produto desde a concepção até a entrega e manutenção, e se concentra no trabalho necessário para construção e conservação do mesmo em sua totalidade. Um modelo de maturidade deste tipo pode auxiliar organizações a operar e competir melhor, cumprindo com maior eficiência o seu objectivo essencial de viabilidade económica e social.

4.4 A EVOLUÇÃO DO MODELO

Nos anos 30, Walter Shewhart começou a trabalhar em melhoria de processo utilizando princípios de controlo estatístico da qualidade. Esses princípios foram refinados por W. Edwards Deming e Joseph Juran. Watts Humphrey, Ron Radice e outros estenderam esses princípios ainda mais e começaram a aplicá-los a software em seus trabalhos na empresa americana IBM (*International Business Machines*) e no SEI. O livro “*Managing the Software Process*” de Humphrey apresenta os princípios e conceitos básicos nos quais muitos dos modelos de maturidade e de capacidade (CMM’s) estão baseados.

O SEI baseou-se na premissa de gestão de processo de que “a qualidade de um sistema ou produto é altamente influenciada pelo processo utilizado para desenvolvê-lo e mantê-lo” e definiu CMM’s que a incorporam. A crença nessa premissa é largamente difundida na comunidade internacional da qualidade, como evidenciado pelo conjunto de padrões da ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission* – Organização Internacional de normalização/Comissão Internacional Eletrotécnica).

Os CMM’s evidenciam a melhoria de processo em uma organização. Eles contêm os elementos essenciais de processos efectivos para uma ou mais disciplinas e descrevem um caminho de melhoria evolutiva desde processos imaturos, até processos maduros, disciplinados, com qualidade e eficácia melhoradas. O SEI criou o primeiro CMM, concebido para organizações de software e publicou-o no livro “*The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*” em 1995. O livro do SEI aplicou os princípios introduzidos há quase um século a este ciclo contínuo de melhoria de processo. O valor dessa abordagem de melhoria de processo tem sido confirmado ao longo do tempo. As organizações têm observado aumento de produtividade e qualidade, melhorias no tempo de ciclo (*cycle time*) e prazos, e orçamentos mais precisos e previsíveis.

Desde 1991, foram desenvolvidos CMM’s para uma vasta gama de disciplinas. Alguns dos mais conhecidos foram os modelos para Engenharia de Sistemas, Engenharia de Software, Aquisição de Software, Gestão e Desenvolvimento de Força de Trabalho, e Desenvolvimento Integrado de Processo e Produto (IPPD). A figura 10 ilustra a evolução cronológica dos modelos.

Embora esses modelos se tenham mostrado úteis para muitas organizações, o uso de múltiplos modelos tem sido problemático. Muitas organizações gostariam que os seus esforços de melhoria pudessem englobar diferentes grupos na organização. Entretanto, as diferenças entre esses modelos específicos orientados a disciplinas e utilizados por cada equipa, quanto à arquitectura, ao conteúdo e abordagem, têm limitado a capacidade dessas organizações em ampliar com sucesso a abrangência das suas melhorias. Além disso, a aplicação de vários modelos não integrados em uma organização é dispendiosa em termos de treino, avaliações e actividades de melhoria.

O projecto CMM IntegrationSM foi constituído para resolver o problema originado com o uso de múltiplos CMM’s. A missão inicial da Equipa do Produto CMMI era combinar três modelos:

1. O *Capability Maturity Model for Software* (SW-CMM) v2.0 draft C
2. O *Systems Engineering Capability Model* (SECM)

3. O *Integrated Product Development Capability Maturity Model* (IPD-CMM) v 0.98

A combinação desses modelos em um único *framework* visava permitir a sua utilização pelas organizações na sua procura pela melhoria de processo no âmbito da corporação como um todo.

Esses três modelos utilizados como base foram escolhidos pela sua popularidade nas comunidades de Software e de Engenharia de Sistemas, e em função das suas diferentes abordagens para a melhoria de processo em uma organização.

Utilizando informações desses modelos popularmente aceites como base, a Equipe do Produto CMMI criou um conjunto coerente de modelos integrados que podem ser adoptados tanto por aqueles que já estão a utilizar os modelos originais, como por aqueles que ainda não conhecem o conceito do CMM. Portanto, o CMMI é resultado da evolução do SW-CMM, do SECM e do IPD-CMM.

O desenvolvimento de um conjunto integrado de modelos significou mais do que simplesmente a combinação de modelos existentes. Utilizando processos que promovem o consenso, a Equipa do Produto CMMI construiu um *framework* que acomoda múltiplas disciplinas e é suficientemente flexível para apoiar as diferentes abordagens dos modelos que o antecederam (Ahern 2003).

Utilizando informações de modelos populares e respeitados como material de origem, o *CMMI Product Team* criou um grupo coeso de modelos integrados que podem ser adoptados por aqueles que actualmente utilizam outros CMM's tão bem quanto por aqueles que pela primeira vez estão a ter contacto com o conceito do CMM.

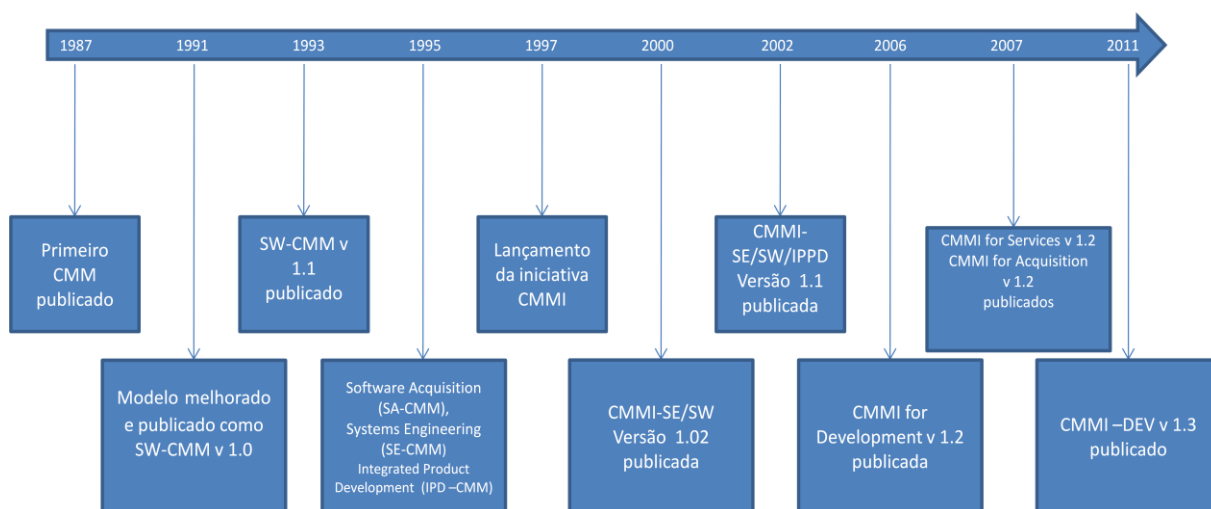


Figura 10 – Evolução cronológica dos modelos de capacidade e maturidade

4.5 DESCRIÇÃO DO MODELO

O CMMI é um modelo para avaliação e melhoria da maturidade dos processos de uma organização, como uma integração e evolução dos modelos: SW-CMM (*Capability Maturity Model for Software*), SECM (*System Engineering Capability Model*), e IPDCMM (*Integrated Product Development CMM*).

⁴ abstração que une códigos comuns entre vários projectos de software provendo uma funcionalidade genérica. *versão para discussão*

Na prática o CMMI fornece às organizações um guia para obter controlo dos seus processos para desenvolver e manter sistemas, e como evoluir em direcção a uma cultura de excelência de gestão. O CMMI foi projectado para facilitar o processo de selecção das estratégias de melhoria, determinando a maturidade actual do processo e identificando as questões mais críticas para a melhoria da qualidade dos processos.

Um processo pode ser definido como um conjunto de actividades, métodos, práticas e mudanças que devem ser usados para desenvolver e manter os produtos ou serviços. São exemplos o planeamento, existência de documentos sobre o desenho de um *software*, códigos, resultado de testes e manuais de utilização etc. Os processos mostram o quanto uma organização é madura para desenvolver e manter os produtos/serviços.

4.5.1 AS TRÊS UTILIZAÇÕES DO CMMI

Actualmente o CMMI explora três áreas de interesse:

- CMMI para o Desenvolvimento – (CMMI-DEV);
- CMMI para Aquisição – (CMMI-ACQ);
- CMMI para Serviços – (CMMI-SVC);

A arquitectura do modelo CMMI foi recentemente aprimorada para dar apoio mais específico a diferentes áreas empresariais e foi iniciado um trabalho com duas novas disciplinas: o CMMI para Aquisição e o CMMI para Serviços. Na verdade, até 2006 existia apenas o modelo voltado para o Desenvolvimento, e de facto este incorporava já capítulos dedicados ao desenvolvimento de serviços, e aquisição de bens, incluindo a combinação de componentes, bens de consumo e pessoas, mas com a constatação dos bons resultados obtidos, o SEI decidiu investir e aprofundar o conhecimento nestas duas novas áreas de forma a ter modelos sobre elas especializados.

Do ponto de vista desta dissertação, tendo em conta que a finalidade é explorar a potencialidade da utilização deste modelo no ramo da construção, é de interesse analisar com mais detalhe o paradigma do Desenvolvimento, visto que os dois outros modelos direccionam-se a empresas que pretendem melhorar as suas capacidades de adquirir produtos e estabelecer, gerir e fornecer serviços, respectivamente.

4.5.2 DIFERENTES ABORDAGENS AO CMMI – CONTÍNUA E POR ESTÁGIOS

A definição de um CMM permite que a comunidade desenvolva modelos que apoiem diferentes abordagens para a melhoria de processo. Desde que um modelo contenha os elementos essenciais de processos efectivos para uma ou mais disciplinas e descreva um caminho de melhoria evolutiva desde processos imaturos, até processos maduros, disciplinados, com qualidade e eficácia melhoradas, ele é considerado um CMM.

O CMMI possibilita abordar melhoria e avaliação de processos utilizando duas representações diferentes: contínua e por estágios.

A representação contínua permite que a organização escolha uma determinada área de processo (ou grupo de áreas de processo) e melhore processos relacionados com a(s) mesma(s). Essa representação utiliza níveis de capacidade para caracterizar a melhoria associada a uma área de processo em particular.

A representação por estágios utiliza conjuntos predefinidos de áreas de processo para definir um caminho de melhoria para uma organização. Esse caminho de melhoria é caracterizado por níveis de maturidade. Cada nível de maturidade contém um conjunto de áreas de processos que caracterizam diferentes comportamentos organizacionais.

Cada uma das representações apresenta vantagens sobre a outra e é necessário o utilizador fazer a escolha que mais se adequa as suas necessidades. No subcapítulo seguinte são explicitadas as diferenças entre a abordagem Contínua e a abordagem por Estágios (SEI, 2006).

4.5.2.1 Representação Contínua

A representação contínua oferece máxima flexibilidade na utilização de um modelo CMMI para melhoria de processo. Uma organização pode empreender na melhoria do desempenho de um ponto problemático associado a um processo isolado, ou pode trabalhar em várias áreas que estejam fortemente ligadas aos objectivos estratégicos da organização. A representação contínua também permite que uma organização melhore diferentes processos com diferentes preocupações ao longo do tempo. Existem algumas limitações nas escolhas de uma organização devido a dependências entre algumas áreas de processo. Se os processos da organização que precisam ser melhorados são conhecidos e se as dependências entre as áreas de processo descritas no CMMI são bem compreendidas, a representação contínua é uma boa escolha para essa organização.

4.5.2.2 Representação por Estágios

A representação por estágios oferece uma forma sistemática e estruturada para abordar a melhoria de processos, baseada em modelo, concentrando-se num estágio de cada vez. A conquista de cada estágio assegura que foi estabelecida uma infra-estrutura adequada de processos que servirá de base para o próximo estágio.

As áreas de processo são organizadas em níveis de maturidade, o que reduz a necessidade de escolhas associadas à melhoria de processo. A representação por estágios estabelece uma ordem de implementação das áreas de processo de acordo com níveis de maturidade, definindo um caminho de melhoria para a organização, do nível “inicial” ao nível “em optimização”. A conquista de cada nível de maturidade assegura que foi estabelecida uma base de melhoria adequada para o próximo nível de maturidade, permitindo uma melhoria incremental e estável. Se não se sabe por onde começar e quais processos escolher para serem melhorados, a representação por estágios é uma boa opção. Esta abordagem fornece um conjunto específico de processos para melhorar em cada estágio, determinado em mais de uma década de experiência e pesquisas em melhoria de processo.

Tabela 12 – Comparação entre Representação Contínua e Representação por Estágios (SEI, 2006)

Representação Contínua	Representação por Estágios
Permite livre escolha da sequência de melhorias, de forma a melhor satisfazer os objectivos estratégicos e amenizar as áreas de risco da organização.	Permite que as organizações tenham um caminho de melhoria predefinido e testado.
Permite visibilidade crescente da capacidade alcançada em cada área de processo.	Focaliza um conjunto de processos que fornece à organização uma capacidade específica

versão para discussão

	caracterizada por cada nível de maturidade.
Permite que melhorias em diferentes processos sejam realizadas em diferentes níveis.	Resume os resultados de melhoria de processo em uma forma simples: um único número que representa o nível de maturidade.
Reflecte uma abordagem mais recente que ainda não dispõe de dados para demonstrar seu retorno do investimento.	Baseia-se numa história relativamente longa de utilização, com estudos de casos e dados que demonstram o retorno do investimento.

4.5.3 NÍVEIS DE MATURIDADE E DE CAPACIDADE

Feita a apresentação inicial sobre os componentes dos modelos CMMI, é necessário entender como todos eles se encaixam para satisfazer às necessidades de melhoria de processo (Dymond 2004 citado por SEI).

No modelo CMMI, utilizam-se níveis para descrever um caminho evolutivo recomendado para uma organização que deseja melhorar os processos utilizados para desenvolver e manter seus produtos e serviços. Os níveis também podem resultar de classificações obtidas por meio de avaliações realizadas em organizações compreendendo a empresa toda (normalmente pequenas), ou grupos menores, tais como um grupo de projectos ou uma divisão de uma empresa. O CMMI apresenta dois caminhos para melhoria. Um caminho permite que as organizações melhorem de forma incremental os processos correspondentes a uma ou mais áreas de processo individualmente seleccionadas pela organização. O outro caminho permite que as organizações melhorem um conjunto de processos inter-relacionados e, de forma incremental, tratem sucessivos conjuntos de áreas de processo.

Esses dois caminhos de melhoria associam-se aos dois tipos de níveis correspondentes às duas abordagens tratadas no subcapítulo anterior.

Para a representação contínua, emprega-se a expressão “nível de capacidade” e para a representação por estágios, emprega-se a expressão “nível de maturidade”.

Independentemente da representação escolhida, o conceito de níveis é o mesmo. Os níveis caracterizam melhorias a partir de um estado em que processos estão mal definidos em direcção a um estado que utilize informações quantitativas a fim de determinar e gerir melhorias necessárias para satisfazer aos objectivos estratégicos da organização. Para alcançar um determinado nível, uma organização deve satisfazer todas as metas associadas à área de processo ou ao conjunto de áreas de processo que constituem o alvo para melhoria, independentemente de se tratar de um nível de capacidade ou de um nível de maturidade.

Ambas representações permitem a implementação de melhorias de processo visando satisfazer aos objectivos estratégicos e apresentam essencialmente a mesma filosofia, utilizando os mesmos componentes do modelo.

Os níveis de capacidade, associados à representação contínua, aplicam-se à melhoria de processo da organização em áreas de processo individuais. Esses níveis são um meio para melhorar, de forma incremental, os processos correspondentes a uma determinada área de processo. Há seis níveis de capacidade, numerados de 0 a 5.

Os níveis de maturidade, associados à representação por estágios, aplicam-se à melhoria de processo da organização em um conjunto de áreas de processo. Esses níveis auxiliam na previsão dos resultados de futuros projectos. Há cinco níveis de maturidade, numerados de 1 a 5.

Tabela 13 - Níveis de Capacidade e Níveis de Maturidade (SEI, 2006)

Nível	Representação Contínua	Representação por Estágios
	Níveis de Capacidade	Níveis de Maturidade
0	Incompleto	Não se Aplica
1	Executado	Inicial
2	Gerido	Gerido
3	Definido	Definido
4	Gerido Quantitativamente	Gerido Quantitativamente
5	Em optimização	Em optimização

Concluindo, estes níveis são camadas que representam a base para as actividades de melhoria contínua, e definem uma escala ordenada para medir a maturidade dos processos de software da organização e para avaliar a sua capacidade. Cada nível compreende um conjunto de objectivos de processos que, quando satisfeitos, estabilizam um componente importante do processo de *software*. Alcançando cada nível da estrutura de maturidade, estabelecem-se diferentes componentes no processo de software, resultando em um crescimento na capacidade de processo da organização. Os níveis também ajudam na ordem e nas prioridades de esforços e melhorias, e permitem prever o futuro desempenho da organização.

4.5.4 COMPETÊNCIAS QUE SE ESPERAM ATINGIR EM CADA ESTÁGIO

A tabela 13 ajuda a compreender a divisão por estágios e as competências que se pretende que a empresa adquira com a implementação do CMMI:

Tabela 14 - Competências em cada estágio

Estágio	Competências
Executado	Estágio inicial – completa falta de planeamento e controlo de processos. Os funcionários estão basicamente ocupados em actividades de corrigir os problemas que surgem a todo o momento.
Gerido	São estabelecidos processos básicos de gestão de projectos para planear e acompanhar custos, prazos e funcionalidades. Compromissos são estabelecidos e geridos. A disciplina do processo

versão para discussão

<p>Gerido</p>	<p>permite repetir sucessos de projectos anteriores em aplicações similares. Existe gestão de projectos acompanhado por vezes de procedimentos técnicos escritos e controlo de qualidade. Sucesso depende da gestão de projectos.</p>
<p>Definido</p>	<p>Actividades de gestão básicas e de engenharia de <i>software</i> são documentadas, padronizadas e integradas em processos-padrão. Todos os projectos de desenvolvimento ou manutenção de <i>softwares</i> utilizam uma versão de um desses processos adaptada às características específicas de cada projecto.</p> <p>Possui processos de gestão e técnicos bem definidos com possibilidade de avaliação do processo. Possui ferramentas e metodologias padronizadas, medições iniciais de desempenho, inspecções e auditorias de rotina, testes padrão e evolução controlada dos processos técnicos e de gestão.</p>
<p>Gerido Quantitativamente</p>	<p>Métricas detalhadas do processo de <i>software</i> e da qualidade do produto são recolhidas. Tanto o processo como o produto de <i>software</i> são quantitativamente compreendidos, avaliados e controlados. São realizados relatórios estatísticos. Encontra-se estabelecido e em uso frequente um programa de medições. A qualidade é planeada por um grupo delicado sendo de normal rotina a avaliação e aprimoramento.</p>
<p>Em optimização</p>	<p>A melhoria contínua do processo é estabelecida por meio da sua avaliação quantitativa e da implementação planeada e controlada de tecnologias e ideias inovadoras. Projectos-piloto são realizados para a absorção de novas tecnologias. Normalmente, um alto nível de qualidade e de satisfação do cliente é alcançado, sempre com foco na melhoria contínua.</p>

4.5.5 ÁREAS DE PROCESSO

Áreas de Processo, (PA – *process areas*) já anteriormente mencionadas, são conjuntos de práticas relacionadas a uma área que, quando implementadas, satisfazem um conjunto de metas consideradas importantes para realizar melhorias significativas naquela área. A última versão do modelo CMMI for Development, version 1.3 contém 22 áreas de processo que descrevem os aspectos de desenvolvimento do produto a serem tratados pelo processo organizacional. Estas apresentam-se na seguinte lista por ordem alfabética dos seus acrónimos em Inglês:

- Análise e Resolução de Causas (CAR)
- Gestão de Configuração (CM)
- Análise e Tomada de Decisões (DAR)
- Gestão Integrada de Projeto +IPPD (IPM +IPPD)
- Medição e Análise (MA)
- Implantação de Inovações na Organização (OID)
- Definição dos Processos da Organização +IPPD (OPD +IPPD)
- Foco nos Processos da Organização (OPF)
- Desempenho dos Processos da Organização (OPP)
- Treino na Organização (OT)
- Integração de Produto (PI)
- Monitorização e Controlo de Projecto (PMC)
- Planeamento de Projecto (PP)
- Garantia da Qualidade de Processo e Produto (PPQA)
- Gestão Quantitativa de Projecto (QPM)
- Desenvolvimento de Requisitos (RD)
- Gestão de Requisitos (REQM)
- Gestão de Riscos (RSKM)
- Gestão de Contrato com Fornecedores (SAM)
- Solução Técnica (TS)
- Validação (VAL)
- Verificação (VER)

5

PROPOSTA – APLICABILIDADE À CONSTRUÇÃO

5.1 ENQUADRAMENTO

Após terem sido descritas algumas técnicas de produção e métodos e ferramentas de gestão ao longo dos capítulos anteriores, neste capítulo pretende-se demonstrar como estas podem ser aplicadas na construção civil de modo vantajoso. Pretende-se demonstrar que as ideias inseridas nestas concepções podem ser benéficas quando utilizadas por empresas de construção civil, e serão referidos exemplos específicos e situações práticas de aplicabilidade.

Do mesmo modo será também comentado as falhas e as impossibilidades de algumas ideias destes modelos serem postas em práticas tendo em conta as particularidades deste sector.

5.2 APLICAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION*

Das técnicas de gestão estudadas nos capítulos anteriores não há dúvidas que as ideias *lean* seriam as que mais possibilidades teriam de vingar no sector da construção, como de facto veio a ser comprovado na década de 90 com a criação do conceito *Lean Construction* por Ballard e Koskela.

A *Lean Construction* tem vindo a evoluir durante a última década e meia e é já hoje em dia utilizada por um significativo número de empresas.

5.2.1 PRÉ-REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS FILOSOFIAS E FERRAMENTAS *LEAN*

Para que seja possível uma integração com sucesso das filosofias *Lean* e *Agile* em empresas em primeiro lugar é necessário que estas satisfaçam alguns pré-requisitos (Forbes e Ahmed, 2011).

A vontade de mudar é essencial. Métodos *Lean* partem dos métodos convencionais e a sua adopção requer mudança no comportamento das pessoas. Mudança cultural é a procura mais atraente juntamente com a transformação física de uma organização. Não se pode forçar mudanças em pessoas, elas têm que ser direccionadas para que a sua satisfação pessoal as motive. Na cultura *Lean* os trabalhadores têm de ser tratados como o bem mais precioso da empresa.

É necessário um compromisso com a aprendizagem. Agentes e partes interessadas devem ser treinados a todos os níveis em técnicas *Lean* de modo a fazerem parte de projectos *Lean* de forma positiva. A implementação *Lean* também requer que as tarefas concluídas sejam continuamente examinadas como

fonte de aprendizagem para futuras melhorias em vez de servirem de exemplos de culpa e de insucesso.

Uma cultura orientada para a qualidade é condição de partida fundamental para a aplicação positiva de técnicas como *Just-in-time*, que particularmente exige disciplina, pois não existe espaço para fornecedores que não sejam de confiança, visto que não funciona numa atmosfera de incerteza, suspeição ou competição interna.

É capital a existência de “visão compartilhada”. Todos as partes no processo construtivo têm de estar em total pé de igualdade. A informação tem de fluir por todos os intervenientes e focar-se na importância de direccionar os trabalhos no alinhamento definido por um líder. Todos saem beneficiados com a presença de uma visão comum e a partilha de experiências e ideias, que pode melhorar a receptividade a mudanças. Do mesmo modo as relações de colaboração entre elementos das equipas são amplamente incentivadas. A parceria entre partes opostas nos contratos viabiliza uma redução de conflito no momento de negociações e transacções.

Não pode faltar compromisso com a redução e eliminação de resíduos. É princípio básico da filosofia *Lean Construction* (Polat e Ballard, 2004, retirado de Forbes e Ahmed, 2011). Redução de custos e medidas de desempenho através de *Benchmarking* são objectivo contínuo ao longo de toda a obra.

O sector da Construção Civil no que toca à segurança é um dos mais críticos, rivalizado apenas com a indústria da Mineração. Segundo a Revista Segurança, em Portugal desde 2003 os acidentes de trabalho mortais na construção civil têm constituído sempre cerca de metade do total dos acidentes mortais de trabalho: 48,6% em 2003; 51,2% em 2004; 50,8% em 2005; 45,2% em 2006; 51,1% em 2007, etc. É necessário um compromisso com a melhoria da segurança contra acidentes em obras de filosofia *Lean*.

Por fim, mas igualmente fundamental é a gestão da informação. A adopção de tecnologias de informação torna possível gerir eficazmente o processo de Construção de modo a transformar recursos físicos como dinheiro, materiais, mão-de-obra e equipamento. Novamente, a partilha de informação entre partes melhora todo o processo. Num sector que não prima pela evolução de técnicas de informação, a utilização de tecnologia revolucionária é necessária e incentivada. Uma boa gestão da informação permite tomadas de decisão mais fáceis, qualidade na produção de documentos de planeamento, previsão e estimativa de custos, e principalmente uma visão clara e geral de todos os dados importantes bem como o aumento na velocidade de respostas informadas.

Howell sugere que quando estas condições estão reunidas cabe ao decisor subordinante da respectiva empresa decidir o seu futuro. Ele deve reunir a empresa e informar: “Vamos ser *Lean!*” e explicar porquê, como, o que é necessário e o que se vai alcançar com esta mudança. Se todas as ideias anteriormente descritas estiverem integradas na cultura da empresa e dos funcionários estamos perante um cenário potencial para a adopção das ideias da *Lean Construction* com sucesso.

5.2.2 FERRAMENTAS PRINCIPAIS DA *LEAN CONSTRUCTION*

No capítulo 2 foram referidas duas das ferramentas mais importantes da *Lean Construction*: o *Just-in-Time* e o *Last Planner System*. São ferramentas com aplicação prática vantajosa demonstrada.

Neste subcapítulo demonstra-se como aplicar estas ferramentas e as vantagens que proporcionam.

5.2.2.1 *Last Planner System* (LPS) – Gestão da Produção

Last Planner foi desenvolvido nos Estados Unidos da América a partir dos anos 90, *pelo Lean Construction Institute*, em especial por Glenn Ballard e Greg Howell (Ballard, 2000a). É uma ferramenta desenvolvida para controlo da produção em estaleiros de construção. Tornou-se a mais popular das ferramentas que tem por base os princípios da *Lean Construction*. Isto deve-se sobretudo ao facto de na indústria da construção onde tem sido implementado ter demonstrado resultados de sucesso. Este método emergiu induzido pela prática levada a cabo numa série de experiências industriais conduzidas por Ballard e Howell (1998).

A construção desenvolve-se através da realização de tarefas e estas sofrem um número elevado de afectações que prejudica o fluxo de trabalho. Daí que as tarefas e os seus fluxos tenham que ser consideradas em paralelo na gestão da produção: a realização das tarefas depende dos fluxos e o progresso dos fluxos é em retorno dependente da realização das tarefas (Koskela, 2000). Quando os ambientes são dinâmicos e o sistema de produção é incerto e variável, como é o caso da construção, não é possível executar um planeamento detalhado, confiável, com muita antecedência. Consequentemente, decidir qual e quanto trabalho deverá ser feito por uma equipa é uma questão de seguir o cronograma mestre estabelecido no início do projecto.

O *Last Planner* possui uma série de directivas específicas para aplicação dos seus princípios. A nível do planeamento das tarefas, prevê-se uma desmaterialização do processo, de modo a torna-lo mais flexível e previsível. A grande preocupação foca-se no arranque das tarefas (De Sousa et al., 2011).

Ballard (2000) afirma que uma das formas mais eficientes de os gestores conseguirem melhorar a produtividade é através de um planeamento melhorado. Por seu turno um projecto bem executado espelha o seu planeamento de produção. Um melhor planeamento permite melhorar:

- a) A produtividade através da redução de atrasos.
- b) A realização de trabalho segundo a melhor sequência de construção.
- c) A requisição de recursos humanos para o trabalho disponível.
- d) A coordenação de múltiplas actividades interdependentes.

Para além disso ser flexível e capaz de readaptar o plano de produção tendo em conta eventuais desvios observados durante a sequência diária das operações em estaleiro é tão importante quanto o projecto de planeamento em si mesmo. É aqui que o *Last Planner* entra em acção.

Tirando os trabalhos mais pequenos e simples, o dimensionamento e a construção requerem planeamento e controlo feito por pessoas diferentes, em locais diferentes dentro da organização e em momentos diferentes ao longo da vida do projecto. Governa-se o projecto todo a um nível elevado da organização com base em objectivos globais e restrições. No nível inferior são planeados os processos necessários para atingir os fins estabelecidos. Finalmente, cabe a alguém a decisão física de que determinado trabalho será executado em determinado dia. Ou seja, é feita uma adjudicação que conduz directamente a um trabalho que determinada pessoa é responsável por fazer – esta pessoa é o que se poderá chamar o *Last Planner* (Ballard, 2000; Chitla, 2002)

O *Last Planner* aborda as operações de planeamento e controlo a curto prazo. O objectivo é assegurar, através de diversos procedimentos e ferramentas, que todos os pré-requisitos e condicionamentos de uma actividade estão resolvidos quando a mesma se inicia, de forma a permitir que esta seja executada sem perturbações e completada de acordo com o planeado.

Com esta ferramenta é proposta a realização de um planeamento de periodicidade semanal, com base nas actividades cuja execução vai efectivamente acontecer. No final da semana é calculada a percentagem de actividades concluídas semanalmente. Este índice chama-se PPC – Percentagem de Planeado Concluído (Ballard e Howell, 1998). Também são investigadas as razões que levaram à falha da execução do planeado, com base nas quais se efectua uma análise e conseqüentemente um incremento no grau de realização do plano semanal. O controlo surge assim como um ponto de partida para a prevenção e correcção, em última instancia, para a melhoria contínua.

A preocupação do planeamento semanal não é somente que as actividades sejam executadas de acordo com o plano geral do projecto. Preocupa-se em assegurar que actividades podem ser iniciadas tendo em conta os seus pré-requisitos e respectiva resolução em tempo útil. Na base da estruturação do planeamento semanal surge a conversação, onde a pessoa responsável pela execução da tarefa se compromete a termina-la como planeado perante os gestores da obra.

Apesar do trabalho planeado pelo LPS ser ao nível mais baixo do projecto, isto é, ao nível da execução, não significa que se perca a visão geral na calendarização produzida por esta ferramenta. Os calendários *lean* abordam as ineficiências da construção focando a produtividade de todo o processo, e não somente das actividades individualmente.

Daí que um outro elemento de suporte do método *Last Planner* seja o planeamento de antevisão. Este é baseado no plano geral do projecto, revendo e analisando os pré-requisitos das actividades para as 3 a 12 semanas seguintes. O objectivo de resolver os pré-requisitos com antecedência é de se garantir que não existem constrangimentos ao início das actividades. Assim se cria uma reserva de tarefas prontas a serem começadas e protege-se a produção da variabilidade (*shielding production*). Em caso de problemas e instabilidade estas actividades funcionarão como um amortecimento que protege o fluxo, garantindo que este se mantém constante. Esta ferramenta permite fazer a ponte entre o planeamento geral de coordenação do projecto e os compromissos de curto prazo estabelecidos com as equipas que vão executar a produção. O planeamento geral apesar de ser extremamente útil na coordenação estratégica de longo prazo ou na especificação de condições de pagamento, não consegue detalhar o projecto a grande distância no tempo, devido à falta de informação que é imprevisível, como por exemplo, a verdadeira duração das actividades ou o cumprimento dos fornecimentos (Ballard, 2000).

O LPS é uma ferramenta que permite proteger os trabalhadores da incerteza e do fluxo de trabalho, funcionando como um “escudo” para evitar as incertezas das actividades do local de construção. A métrica do sistema *Last Planner* (o PPC) funciona como uma medida do desempenho do sistema de planeamento, e como meio de aprendizagem com as falhas do plano. Pretende utilizar uma abordagem mais faseada e flexível como solução a constrangimentos de natureza muito difíceis, senão impossíveis, de prever com antecedência.

Segundo De Sousa et al., para a aplicação deste sistema existem 4 fases, que são:

- Plano Geral (*Master Pulling Schedule*)
- Planos de Fase (*Phase Schedules*)
- Plano de Antevisão (*Lookahead Plan*)
- Planeamento de Compromisso (*Commitment Planning*)

Estas diferentes etapas podem ser esquematizadas na figura 11.

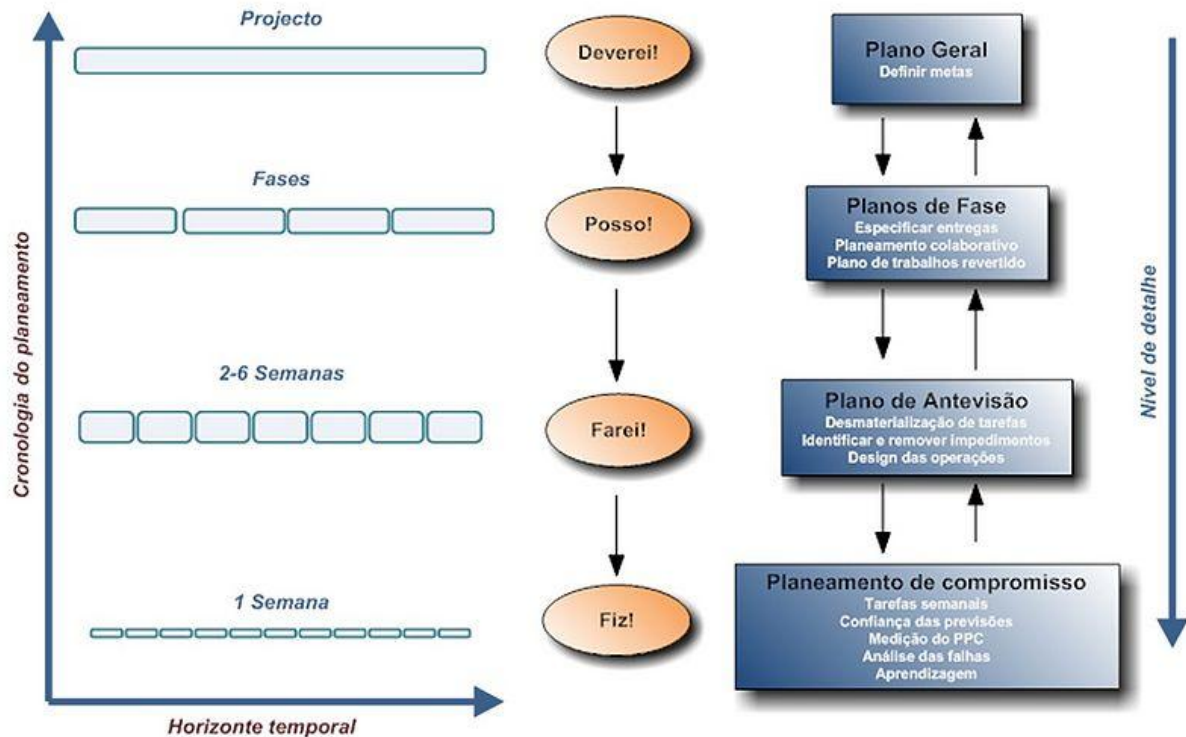


Figura 11 - Last Planner System: etapas do método de aplicação, (De Sousa et al., 2011)

O **Plano Geral** representa uma calendarização total do projecto. Desenvolvido a partir de critérios fornecidos na fase de desenho, vai ao encontro dos objectivos gerais estabelecidos pelo cliente. O plano é determinado pela partição discreta do projecto e pelo estabelecimento de relações sequenciais entre as várias peças que representam actividades. O detalhe não assume grande importância, pelo que a grande preocupação é para com as metas chave – *milestones* – a estabelecer para o projecto. À medida que essas metas se aproximam, são então desenvolvidas calendarizações mais pormenorizadas. Cada meta chave é rigorosamente calendarizada a partir da sua precedente, começando pela data de conclusão do projecto e regredindo progressivamente até ao início.

O Plano geral estabelece a estrutura de trabalho e visa melhorar a sua eficiência e eficácia. Pretende-se demonstrar praticabilidade do trabalho no tempo determinado, desenvolver e expor as estratégias de execução, determinar quando itens de fornecimento a longo prazo vão ser necessários e identificar as metas chave importantes para o cliente e partes interessadas. O Plano Geral não desenha a forma como o trabalho vai ser executado de forma a ser concluído. Identifica actividades mas não enquadra o fluxo de pré-requisitos entre as tarefas ou actividades, para além das simples relações sequenciais (De Sousa et al., 2011).

Os **Planos de Fase** são preparados por uma equipa que gere o trabalho da respectiva fase. O plano geral pode ser entendido como uma espécie de desenho de assemblagem que demonstra como as peças maiores se encaixam ao longo do tempo, cabendo ao plano de fase a preparação de um calendário de maior detalhe. O plano de fase deve ter uma visão de, pelo menos, seis semanas de antecedência em relação à primeira actividade. Este também demonstra a forma como o trabalho pode ser executado para que seja concluída cada parte ou coordenados os detalhes da montagem. O objectivo do plano de fase é a produção do melhor plano possível envolvendo todos aqueles que têm experiência relevante.

versão para discussão

De certa forma, o planeamento perto da acção assegura que todos aqueles que participam numa fase compreendem e apoiam o plano, já que o desenvolveram enquanto equipa. Assegura-se também a selecção das tarefas que acrescentam valor, bem como o trabalho que estas libertam. Ao ser desenvolvido o plano do fim para o início, determina-se a quantidade de tempo disponível e a melhor forma de o grupo o preencher (De Sousa et al., 2011).

O **Plano de Antevisão** sequencia o fluxo de trabalho da melhor forma possível. Classifica e faz corresponder a mão-de-obra e os recursos ao respectivo fluxo de trabalho. Fornece um conjunto de actividades adjudicadas e livres de constrangimentos em espera para cada encarregado e respectiva equipa para dada frente de trabalho.

As operações são planeadas em conjunto, agrupando as situações em que se verificam interdependências e relações de troca. Assim, o método de trabalho é planeado como uma operação global. Os quatro principais objectivos do plano de antevisão são os seguintes:

- 1) Moldar a sequência do fluxo de trabalho da melhor forma possível e estimar os objectivos de projecto a alcançar;
- 2) Acertar a mão-de-obra e recursos relacionados ao fluxo de trabalho;
- 3) Produzir e manter uma reserva de adjudicações com os pré-requisitos sondados e resolvidos. Este será porventura o mais importante objectivo cumprir com o intuito de alcançar um planeamento bem sucedido;
- 4) Identificar as operações a serem planeadas em conjunto com os múltiplos intervenientes. No plano de trabalho semanal (*Weekly Work Plan – WWP*), após a avaliação da exequibilidade, da optimização da dimensão da equipa e do estabelecimento da carga horária, são identificadas e informadas todas as acções que estão prontas a entrar em produção.

Pretende-se desta forma controlar e garantir semanalmente que o trabalho prossegue, de modo a que cada tarefa seja concluída na data planeada. Na fase de execução da produção pelo *Last Planner* existe um procedimento de expedição semanal das actividades a realizar segundo o que o empreiteiro decidiu com os subcontratados (De Sousa, 2011).

O **Planeamento de Compromisso** representa o planeamento mais detalhado do sistema, reflectindo a interdependência entre os trabalhos de várias entidades especializadas. Desta forma, assume um papel crítico na condução directa do processo de produção. No fim de cada etapa planeada, são revistas as tarefas atribuídas de forma a medir a fiabilidade do planeamento do sistema de produção. Analisar as razões para as falhas registadas no planeamento e actuar sobre as mesmas torna-se vital, pois assegura uma base para aprendizagem e melhoria contínua. (De Sousa et al., 2011).

O aumento da produtividade devido à utilização do LPS em obra já foi verificado Koskela e Howell (2002) comprovaram na indústria americana e germânica um crescimento de cerca de 10% na produtividade. Já Ballard (2000) mediu o aumento na produtividade de 10% para 40%.

5.2.2.2 Just-in-Time

Como foi já referido ao longo dos anteriores capítulos, o *Just-in-Time* é uma das ideias base do pensamento *Lean*. É simultaneamente uma filosofia, um conjunto de técnicas e um método de gestão.

O JIT surgiu no Japão, nos meados da década de 70, sendo a sua ideia básica e o seu desenvolvimento atribuídos à Toyota Motor Company. Esta empresa procurava um sistema de administração que pudesse coordenar a produção com a procura específica de diferentes modelos e cores de veículos com

versão para discussão

o mínimo atraso. Actualmente, já são poucos os gestores que não ouviram falar deste método de gestão mas o que poucos responsáveis conhecem verdadeiramente são as condições de implementação deste sistema na empresa. *Just-in-Time* é muito mais do que uma técnica de controlo ou um sistema para gerir e reduzir ao mínimo os stocks. Alguns autores consideram mesmo o *Just-in-Time* como uma filosofia industrial global. Em termos muito simples, trata-se de um método que visa eliminar todas as fontes de desperdício, eliminar tudo o que não acrescenta valor à empresa.

Como foi referenciado no capítulo 2 o sistema JIT consiste em puxar a produção a partir da procura, fornecendo, a cada processo, o que é necessário quando é necessário e na quantidade necessária, com o objectivo de retirar de circulação o excedente de material, evitar o desperdício, as irregularidades e os excessos na produção, bem como aumentar a produtividade.

O JIT é mais do que uma técnica ou um conjunto de técnicas de administração da produção, sendo considerado como uma completa filosofia, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, arranjo físico, projecto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos. No subcapítulo presente vão ser demonstradas exemplos práticos de áreas de aplicação desta filosofia com sucesso comprovado.

Uma vez que o desenvolvimento de processos e produtos de alta qualidade é uma responsabilidade de toda a empresa, e não somente de uma única área, a implementação dos conceitos *Lean* inclui todas as funções da empresa (engenharia, produção, vendas, finanças, controle de qualidade, etc.) e não somente produção.

Para se obter o máximo de benefício de um sistema *Just-in-Time*, é necessário criar uma nova mentalidade de gestão empresarial. Embora haja quem diga que o sucesso do sistema de administração JIT esteja trilhado nas características culturais do povo japonês, cada vez mais gestores e académicos têm-se convencido de que esta filosofia é composta de práticas de gestão que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo.

O objectivo fundamental é a melhoria contínua do processo produtivo, eliminando qualquer actividade desnecessária no processo de fabrico que traga custos indirectos (que não trazem nenhum benefício à organização). Pode-se então dizer que o objectivo simples do JIT é suprimir todo o desperdício: movimentações evitáveis, faltas de qualidade, avarias, esperas desnecessárias, etc. A perseguição destes objectivos dá-se, através de um mecanismo de redução dos *stocks*, os quais tendem a camuflar problemas.

5.2.2.3 Exemplos práticos da utilização do *Just-in-Time*

Como foi dito no parágrafo anterior, tudo começa na redução de *stocks*. Em estaleiro de obra os *stocks* são utilizados para gerar independência nas diferentes etapas do processo construtivo, isto é, quando ocorrem problemas do tipo atraso na entrega de material, avaria de equipamentos, preparação de equipamentos etc., a existência de *stocks* permite que o processo produtivo continue sem sofrer com as interrupções causadas por esses problemas. Ora á primeira vista seria uma solução positiva, visto não ter de se interromper todo o processo construtivo da obra devido a esses problemas. Mas do ponto de vista da filosofia JIT o que se pretende é reduzir os *stocks* de modo a que os problemas se tornem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados. Em suma, à medida que estes problemas vão sendo eliminados, reduzem-se cada vez mais os *stocks*, localizando e atacando novos problemas “escondidos”. Para além desta análise mais profunda, há também que não esquecer o obvio, que é também não menos importante. Ao não se realizar armazenamento de *stocks*, há um ganho

económico a vários níveis, desde espaço em estaleiro ganho (que antes seria inutilizado), a custos de armazenamento e manutenção, quer a nível de infra-estruturas quer de recursos humanos.

Aqui está de novo o pensamento *Lean*, reduzir as falhas para melhorar índices de qualidade e produtividade.

Alguns exemplos de aplicação das ideias *Just-in-Time* que uma empresa de construção pode utilizar:

- Produzir o que é pedido pelo cliente, somente quando ele o pretende e, portanto, não constituir *stocks*, sejam de produtos acabados ou intermédios em qualquer altura;
- Ter prazos de fabricação curtos;
- Dispor de uma grande flexibilidade, de forma a poder responder rapidamente a alterações no mercado;
- Fabricar pequenas quantidades de cada tipo de peças, subconjuntos ou produtos finais;
- Conseguir efectuar uma rápida mudança de ferramentas e uma disposição das máquinas eficaz;
- Comprar as quantidades necessárias de matéria-prima, para a produção que já foi pedida ou encomendada;
- Dispor as máquinas e organizar a produção de modo a que se minimizem as esperas ou perdas;
- Armazenar as matérias-primas e os produtos semi-acabados junto dos locais onde são necessários, para evitar perdas de tempo e de eficiência no transporte;
- Dispor de máquinas e ferramentas altamente fiáveis, de modo a que não se avariem no momento exacto em que são necessárias;
- Controlar com muito rigor a qualidade dos produtos a serem fabricadas;
- Comprar as matérias-primas e os componentes que assegurem uma qualidade superior;
- Empregar recursos humanos polivalentes e capazes de se adaptar a uma produção descontinuada.
- Ter fornecedores pontuais e de confiança;
- Equipamentos e materiais chegarem ao estaleiro no momento em que são necessários, isto é nem mais cedo de forma a não criar material “parado” e espaço inutilizado em obra, nem mais tarde para que não se criem atrasos;

5.2.3 OUTROS EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE *LEAN CONSTRUCTION*

5.2.3.1 Organização de estaleiro de obras

A concepção de um estaleiro é o planeamento do *layout* e da logística das suas instalações provisórias, instalações de movimentação, equipamentos, armazenamento de materiais, instalações de segurança, oficinas e vias de comunicação.

A optimização de um estaleiro de obras é fundamental para a melhoria da produtividade e é necessário planear e organizar espacialmente a maneira de dispor os materiais, os funcionários, equipamentos e instalações necessários ao processo de produção, objectivando a realização de tarefas diárias segundo um cronograma de execução e no menor tempo possível, com racionalização dos recursos disponíveis, ou seja, recursos materiais (matérias-primas, equipamentos e ferramentas), recursos humanos (mão-de-obra) e recursos financeiros.

A abordagem *Lean* no processo de organização de um estaleiro de obras tem como objectivo proporcionar transparência aos processos físicos, podendo identificar-se e compreender o fluxo de materiais e o motivo das falhas relacionadas à ocorrência das perdas. O *layout* pode ser entendido, *versão para discussão*

segundo Saurin (1997), como disposição física de homens, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de armazenamento e, de modo geral, a disposição racional dos diversos serviços dentro de um local de trabalho.

As modificações no *layout* de estaleiros ajudam também a aumentar a segurança e higiene na obra, criando um ambiente agradável para os trabalhadores; influenciam na diminuição dos problemas ergonómicos; proporcionam maior facilidade de controlo dos stocks de materiais e consequentemente, contribuem para a redução de perdas.

O *lean thinking* em estaleiros de obra possibilita criar um ambiente ideal para recebimento, transporte e armazenagem das matérias-primas numa obra, bem como no processamento inicial de corte e montagem das matérias-primas, além de auxiliar na concepção do *layout* dos estaleiros de forma a minimizar a adopção de critérios subjectivos para a disposição física dos sectores, tornando o processo mais sistémico e criterioso.

A importância da definição de um *layout* adequado para a indústria da construção pode ser verificada através da influência que exerce sobre as actividades de fluxo, como o armazenamento, a movimentação de materiais, equipamentos e aproveitamento de mão-de-obra.

5.2.3.2 Fornecedores

Já foi anteriormente referido que os fornecedores fazem parte de um dos fluxos da construção. Esse fluxo, que envolve todas as relações na cadeia de fornecedores na construção civil, é bastante complexo e disperso envolvendo um grande número de intervenientes, acontecimentos imprevisíveis e expressiva variedade de materiais.

Para que a mentalidade *Lean* resulte nas empresas, é necessário estendê-lo às diversas etapas e aos diversos intervenientes num empreendimento, sendo que os fornecedores têm real importância uma vez que correspondem aos responsáveis pela obtenção das matérias-primas para a execução da obra.

De seguida são apresentadas algumas diferenças que autores como Womack e Jones (1992) identificaram entre relações tradicionais de comprador-fornecedor e relações no âmbito do *Lean Thinking*:

- **Parcerias:** no sistema *Lean* são pretendidas relações estáveis e de longo prazo com os fornecedores; um grande investimento é feito na procura de ganhos mútuos, transparência e construção de confiança entre as partes.
- **Redução da base de fornecedores:** como consequência da procura por parcerias, são escolhidos 1 ou 2 fornecedores para cada família de produtos comprados.
- **Aprendizagem recíproca:** os fornecedores são envolvidos no desenvolvimento de produtos, desde estágios iniciais, e é procurada a compreensão mútua dos processos e troca de tecnologia, visando incorporar mais valor aos produtos.
- **Esforço conjunto na redução de desperdícios:** esforços conjuntos são desenvolvidos na identificação e eliminação de desperdícios, através de trocas de informações no desenvolvimento de produtos e no aperfeiçoamento de processos de produção e logística; em geral o comprador apoia o fornecedor para que o mesmo utilize princípios *Lean* na sua produção.
- **Entregas e produção *just-in-time*:** em vez de pedidos baseados em programações, entregas pouco frequentes e em grandes lotes, o pedido entre comprador e fornecedor *lean* dá-se *just-in-time*, solicitando a entrega frequente (diariamente por exemplo) de lotes pequenos,

versão para discussão

conforme o efectivamente necessário; mais do que isso, o fornecedor é também encorajado a implementar a produção *just-in-time*.

- **Qualidade garantida:** num sistema *just-in-time*, a qualidade é mandatária; caso um lote seja rejeitado, a produção será interrompida, pela quase inexistência de *stocks*; torna-se necessário que o fornecedor tenha processos que garantam a qualidade na produção, de forma a eliminar a necessidade de inspecção de recepção. Fornecedores de confiança são fundamentais.

Uma das propostas para alcançar uma estratégia *Lean* nos fornecedores da construção civil, é a proposta por Womack e Jones.

Todas as cadeias de fornecedores têm o cliente final a jusante e os diversos níveis de fornecedores a montante, até à extracção de matérias-primas. Em diversos sectores industriais, o fabricante mais próximo do cliente final detém grande domínio comercial e tecnológico sobre toda a cadeia.

Na construção civil, não existe uma liderança forte que organize a cadeia como um todo; próximo do cliente final, e as construtoras dividem com empreiteiros e projectistas a concepção e produção do produto (construção). Existem milhares de empresas, na sua maioria pequenas e médias, actuando na construção, que exercem pouca influência nas empresas que fabricam materiais, algumas das quais de maior poder comercial e tecnológico. Esta característica faz com que a coordenação da cadeia de fornecedores seja mais complexa no macro conjunto da construção, do que noutros sectores. Womack e Jones sugerem a utilização da técnica chamada Macro Mapeamento Fluxo Valor (MMFV), que pretende aproximar o elemento da cadeia mais próximo do cliente final, ou seja a construtora, dos demais fornecedores e não só apenas do imediatamente anterior. Com esta técnica consegue-se também “puxar” a produção dos materiais, fazendo os pedidos quando eles são efectivamente necessários por oposição a pedidos regulares, como mensais por exemplo, que podem levar à acumulação de *stocks* ou à falta de materiais se o ritmo de produção aumentar. Deste modo, o MMFV contribui para a eliminação de desperdícios, ao diminuir os *stocks*, o espaço ocupado pelos materiais, o transporte desnecessário e o tempo de espera.

5.2.3.3 Operários

Algumas regras básicas que o director de obra ou encarregado podem aconselhar os operários a seguir em estaleiro:

- Utilização de ferramentas próprias para obter um serviço de qualidade e que de preferência agilizem o trabalho;
- Transportar somente o material necessário para execução da tarefa que irá realizar;
- Executar o serviço com qualidade logo á primeira vez de forma a evitar o re-trabalho;
- Esclarecer todas as dúvidas sobre uma tarefa com o seu superior antes de começar a realização da mesma;
- Verificar se o projecto que possui é a última actualização e se o cliente e o superior aprovaram a modificação antes de passar á execução do projecto;
- Reduzir a variabilidade, ou seja, não utilizar materiais fora dos padrões determinados pela empresa (ex. tijolo com medidas diferentes). Pode ser alcançado através de inspecção;
- Não ficar parado. Falta material ou equipamento comunicar de imediato ao encarregado e apresentar-se a serviço noutra função;
- Reduzir tempo de ciclo. Dirigir-se pelas vias de comunicação desenhadas na organização de estaleiro;

- Seja produtivo e motivado com objectivo de melhorar a produtividade a cada repetição;
- Simplificar o serviço. Se o operário conhece alguma forma de realizar uma tarefa com qualidade em menos tempo com o mesmo resultado deve comunicar ao seu superior;
- Ser multi-especializado. Capaz de realizar diversos tipos de actividades;
- Seguir sinalização exposta na obra;
- Informar-se sobre o cronograma de actividades da obra para estar precavido;
- Trabalhar com compromisso. O operário também faz parte da empresa;
- Participar em programas de formação e especialização;
- *Benchmarking*, utilizar o melhor resultado de um serviço já executado como referência para a realização de outros serviços;
- Partilhar informação com outros operários. Ensinar os menos experientes e aprender com os melhores;
- Manter sempre a limpeza do estaleiro. Principalmente não contribuir para a má higiene;
- Manter as suas ferramentas o mais próximo de si a todo o momento, tal como a organização e conservação das mesmas;
- Entulho deve ser descartado somente em local pré-definido e que não obstrua caminhos de circulação,
- Montagem de andaimes e processos de transporte sempre executados com o máximo de responsabilidade e segurança;
- Autodisciplina. Utilizar sempre os utensílios de segurança definidos;

5.2.3.4 Orçamentos

Quando bem elaborado, o orçamento de um empreendimento é um óptimo meio para controlar o desenvolvimento da obra em termos de custos, prazos e recursos utilizados, devendo este ser actualizado ao longo da mesma.

Em Portugal, as formas mais usuais de orçamentar uma obra são por preço global e por série de preços. Na primeira hipótese, tal como a designação indica, o preço da obra é dado no seu total logo

no princípio da mesma, estimando os custos associados a todos os recursos que se pressupõem que irão ser necessários. Ora, quando se faz este orçamento, o empreendimento não passa ainda de um projecto. É por isso perfeitamente possível que se ultrapasse o orçamento inicial, este é aliás, um dos principais defeitos apontados à indústria da construção Nacional. Na segunda hipótese, sendo por série de preços, as actividades vão sendo orçamentadas de acordo com o seu decurso e assim torna-se mais fácil controlar aquilo que é efectivamente gasto. Apesar desta alternativa parecer mais correcta, em ambas as formas apenas se apresentam os valores das actividades de processamento, ou seja, segundo a máxima da *Lean Construction*, as que levam efectivamente à construção do empreendimento, sendo negligenciadas todas as outras actividades de fluxo como transportes, esperas e inspecções.

O que a *Lean Construction* propõe para uma maior eficácia na elaboração dos orçamentos e melhor aproveitamento dos recursos, evitando desperdícios e despesas desnecessárias, seria construir o orçamento baseado nas actividades que compõem a obra. Ou seja sabendo a sequência e tempo de ciclo das actividades, baseando-se também em obras anteriores e adquirindo opiniões de responsáveis e funcionários, seria possível determinar o tamanho das equipas, optimizando a mão-de-obra utilizada assim como os materiais necessários. O orçamento surgiria apenas após e sustentado nesta análise, o que levaria certamente a uma maior exactidão e mesmo diminuição de custos.

5.2.3.5 Gestão de Projectos

Hoje em dia a importância da gestão de projectos na construção está mais que implícita. A fase de planeamento deverá ser alvo de destaque e especial atenção, pois ao identificar problemas e erros nesta fase eles serão facilmente corrigidos, o que não acontece em fases posteriores.

A gestão de projectos envolve a coordenação eficaz e eficiente de recursos de diversos tipos, como recursos humanos, materiais, equipamentos, financeiros, políticos e reúne esforços com o propósito de se obter o produto final desejado, que no caso da construção civil será a obra construída, atendendo a parâmetros preestabelecidos como prazo, custo, qualidade e risco.

Na gestão de projectos que habitualmente se aplica, existe alguém responsável pelo projecto, um líder da equipa, e vários projectos de cada especialidade, que devem ter contacto com o gestor de projecto.

Na visão da *Lean Construction* a comunicação deve ser privilegiada, ou seja, as diversas equipas do projecto devem interagir de modo a que o empreendimento seja visto por todos como uma obra comum e não colocar interesse apenas na sua especialidade. Neste caso o líder deverá não só ser meio de ligação entre as equipas como também deve promover a relação e comunicação entre elas, dando-lhes autonomia.

O objectivo primordial desta abordagem *Lean* da gestão de projectos é que os seus diversos intervenientes tenham interesse na globalidade do projecto e não apenas na sua parte. Estando as etapas melhor conectadas, será mais fácil evitar erros, o projecto deverá ser então mais que a soma das várias partes, deverá ser uma interacção entre elas.

5.2.3.6 Recursos Humanos – Equipas em obra, em projecto e Responsáveis da Empresa

A *Lean Construction* baseia-se em diversos princípios que confluem para um objectivo comum, a diminuição das actividades que não agregam valor ao produto, e como consequência o aumento dos lucros da empresa.

Para que isto realmente funcione é necessária uma consciencialização de todos os envolvidos nos trabalhos, desde gestores até aos trabalhadores no local. Deveria por isso começar-se por dar a conhecer os conceitos associados ao pensamento *Lean*, pois apenas estando familiarizado com estes será possível a sua correcta aplicação.

Existem no entanto diferenças quanto a forma como se deve divulgar informação entre os engenheiros e os operários, em princípio os responsáveis pelo projecto e controlo das actividades são indivíduos com maior formação do que os operários em obra. Logo a abordagem terá que ser diferente, sendo necessário maior empenho no que diz respeito aos trabalhadores que fazem o processamento da obra propriamente dito.

Além disso também a incidência dos conceitos a usar em obra e em projecto será distinta. Em obra serão mais utilizados os conceitos associados à execução das actividades, ou seja redução de tempos de ciclo, através da redução das actividades que não agregam valor como transporte, espera e inspecção, reduzir a variabilidade, simplificar através da redução do número de passos e aumentar a organização e limpeza do estaleiro. Estas ideias dependem da disposição, empenho e organização dos funcionários directamente ligados à execução das tarefas.

Já no que diz respeito aos responsáveis pelo projecto, será certamente mais ao nível de planeamento das actividades que poderão aplicar os princípios *Lean*, assim deverão focar a sua atenção nas necessidades dos clientes do modo a conseguirem que o seu projecto esteja de acordo com os desejos

versão para discussão

do mercado a que se destina; devem ambicionar aumentar a flexibilidade de saída, ou seja projectar de forma a ser possível proceder a alterações de acordo com os pedidos dos compradores.

No que diz respeito aos responsáveis pelas decisões e gestão da empresa, estes tem também um papel primordial no âmbito da aplicação dos conceitos da *Lean Construction*, para além de serem aqueles que decidem a integração da empresa no contexto *Lean*, são responsáveis por todos os restantes intervenientes no processo. Assim, os gestores devem focar o controlo no processo global e não em alguns processos; podem aumentar a transparência do processo, ou seja organizar e partilhar informações, permitir a participação dos trabalhadores, incentivar a autonomia e descentralizar os processos de decisão. As decisões devem ser tomadas com o objectivo de acrescentar valor ao produto, para o que é essencial ter em conta as necessidades dos clientes, e diminuir as actividades que não acrescentam valor. É também no âmbito da estratégia da empresa em que se deve aplicar o princípio de fazer *benchmarking* e introduzir melhorias contínuas no processo.

Em suma compete às equipas em obra assegurar a aplicação dos princípios *Lean* associados às actividades, aos projectistas os associados ao planeamento, e à gestão da empresa aqueles que podem ajudar no desenvolvimento geral da empresa e dizem respeito a operações estratégicas da mesma.

5.3 AGILIDADE NA CONSTRUÇÃO

5.3.1 MÉTODOS ÁGEIS E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Segundo Vázquez-Bustelo e Avella (2006), a Agilidade não é exclusiva da manufactura, nem do desenvolvimento de novos produtos ou *Software*. A indústria da Construção tem características que em separado são comuns a outras indústrias mas, quando combinadas aparecem apenas na Construção (Timóteo, 2007). A indústria da Construção pode ser caracterizada como uma indústria inserida num ambiente dinâmico com constantes avanços tecnológicos e alta flutuação do produto. Este tipo de ambiente, induz que é possível a aplicação dos Métodos Ágeis na indústria da Construção.

Os Métodos Ágeis são orientados por objectivos. As empresas podem adaptar os seus processos às alterações sem aumentar significativamente o prazo estipulado para a execução de determinado objectivo. Estes métodos enfatizam o uso de equipas pequenas, multi-especializadas, motivadas e com poder suficiente para responder com rapidez às alterações feitas pelos clientes. A qualidade dos elementos da equipa e a sua motivação pode ser alcançada através da contínua formação e avaliação periódica (Timóteo, 2007).

Face à mudança, a velocidade da resposta e a rapidez da reconfiguração aumentam quando existe distribuição de poder pelas pessoas. Contrariamente, quando se tem de seguir procedimentos rígidos definidos por uma cadeia de decisão demasiado longa e burocrática esta velocidade e rapidez decresce. A tecnologia está associada à melhoria da flexibilidade da organização da empresa, ao rápido acesso à informação, à rápida resposta, à inovação e à melhoria da tomada de decisão (Timóteo, 2007).

5.3.2 APLICABILIDADE DA GESTÃO ÁGIL DE PROJECTOS NA CONSTRUÇÃO

A potencial contribuição da Gestão Ágil de Projectos na Construção é avaliada em seguida, através de possíveis cenários alternativos aos tradicionais indicados por Owen et al. (2006). Segundo este autor, o planeamento na Construção consiste na etapa onde o conceito gerado na fase de pré-dimensionamento será desenvolvido e transformado em soluções para orientar a construção, operação e manutenção do edifício. Assim, surgem duas questões principais: a integração das fases de planeamento e execução e

o processo dinâmico de captura de requisitos. A possível contribuição da Gestão Ágil de Projectos é apresentada segundo áreas com potencial para melhorar a Agilidade na construção.

A Gestão Ágil de Projectos, no que respeita à sua filosofia, enquadra-se na *metafísica do processo*⁵. Na fase de planeamento, os métodos e as abordagens (por exemplo, *Last Planner*) baseiam-se essencialmente no fornecimento de valor ao longo do processo (Owen et al., 2006) e questões sobre a identificação de *trade-offs*⁶, processos de análise e síntese e tomada de decisão. Portanto, a *metafísica do processo* é a base adequada para esta fase (Koskela; Kagioglou, 2005 retirado de Owen et al., 2006). O desenvolvimento iterativo e incremental de valor deve ser um processo natural, no entanto, adiar as decisões para “o último momento possível” iria revelar-se problemático uma vez que pode implicar dificuldades na coordenação e desenvolvimento (Clark e Fijimoto, 1991 retirado de Owen et al., 2006). Como na Construção existe grande interacção entre várias equipas, deve ser avaliado o impacto da mudança nos processos e no próprio produto (Crawford e Benedetto, 2000 retirado de Owen et al., 2006).

No planeamento, a Gestão Ágil de Projectos também espera que seja preparado um plano, mas a um nível realista, onde os planeadores possam agir em curto prazo, a fim de entregar valor mais cedo e amenizar os riscos sobre a totalidade do projecto. Existem vários métodos para proceder ao planeamento e são categorizados em “leves” e “pesados” sendo o *LPS* (Owen et al., 2006) considerado um método “leve”.

Para a Gestão Ágil de Projectos, a mudança durante um projecto é inevitável e, portanto, é encarada como uma oportunidade para reforçar a percepção de valor pelo cliente, tal como no pensamento *Lean*. Na Construção, a incerteza em relação aos detalhes do que vai ser construído prolonga-se até à fase de execução. O planeamento deve ser definido apenas na medida em que se está verdadeiramente capaz de compreender e priorizar as actividades e definir as perspectivas de realização de valor e atenuação do risco (Owen et al., 2006). Deve recorrer à utilização de pacotes de trabalho dinâmicos, nos quais se desenvolvem as prioridades que acrescentam maior valor e facilitam uma estimação de tempo. Define-se uma carteira de prioridades constituída por geração de valor e tarefas mitigadoras de risco, que pode sofrer alterações durante o projecto com base na aprendizagem da empresa. Através de uma abordagem de desenvolvimento do planeamento iterativa, é possível detectar erros mais cedo e consequentemente, reduzir os defeitos que conduzem ao re-trabalho (Owen et al., 2006).

De acordo com Owen et al. (2006), a adopção dos princípios da Gestão Ágil de Projectos na fase de planeamento é muito apropriada para os desafios que a indústria da Construção encara.

5.3.3 EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE *AGILE*

Em conclusão, como foi visto ao longo desta dissertação, os maiores proveitos que se podem retirar dos métodos ágeis para aplicação ao sector da construção civil são na área da produção e na área da gestão de projectos, e em ambas tomam especial atenção na parte organizacional da empresa.

⁵ *Metafísica do Processo* remonta a Heráclito (535-475 a.C) e consiste no fluxo e mudança e aceita a ideia de que os fenómenos são artefactos de tempo e espaço.

⁶ Expressão que define uma situação em que há conflito de escolha. É uma acção económica que visa à resolução de um problema mas acarreta outro, obrigando a uma escolha. Ocorre quando há sacrifício de um bem ou serviço distinto para se obter outro.

versão para discussão

A estratégia de produção a utilizar incorpora em si mesma os conceitos de produção *lean* e produção flexível. A resposta às mudanças e às contrariedades imprevisíveis são a sua mais-valia.

Métodos ágeis sugerem as seguintes características no que toca aos recursos humanos e organização da empresa de construção:

- Investimento nos sistemas de informação das pessoas;
- Força de trabalho multi-especializada e flexível;
- Equipas reconfiguráveis;
- Parcerias em todos os pontos de produção e alianças estratégicas;
- Equipas auto-geridas;
- Indivíduos dotados de capacidade de resposta apropriada á mudança;
- Proactividade;
- Filosofia de liderança com delegação de poder;
- Motivação com sistemas de recompensa;
- Trabalho de equipa com acesso a conhecimento actualizado;
- *Feedback* entre elementos da equipa para melhoria do processo de planeamento;
- Informação aberta e comunicação frequente;

No que toca a infra-estruturas da empresa, quer a nível de *software* quer a nível do estaleiro em si, os Métodos ágeis aconselham:

- Equipamento e infra-estruturas robustas;
- Tecnologia eficaz e integração da informação;
- Processo adaptativo na base do conhecimento;
- Equipamento adaptativo e multifacetado;
- Sistemas integrados de informação na produção;
- Sistemas de informação integrados com clientes e fornecedores;
- Fácil actualização da documentação;

No que diz respeito á gestão de projectos com fim de obtenção de um produto final com qualidade e valor até ao final da sua vida, a Gestão de Projectos Ágil sugere que:

- As respostas às mudanças são mais importantes que o seguimento de um plano;
- A entrega de produtos está acima da entrega da documentação;
- Dar prioridade à colaboração do cliente sobre a negociação de contratos, cliente sempre envolvido;
- Os indivíduos e as suas interacções são mais importantes que os processos e ferramentas
- Gerar entregas iterativas e baseadas em funcionalidades;
- Gestão baseada na liderança e na colaboração com delegação de poder;
- Desenvolvimento de um plano inicial do projecto, seguido por planeamentos individuais a cada iteração.
- Base de confiança;
- Mecanismos formais para difundir as melhores práticas;

5.4 APLICAÇÃO DO CMMI

O objectivo da existência de um modelo de maturidade é ajudar as organizações de empresas a melhorar a sua gestão integrada de projectos. O CMMI é um modelo de referência que abrange práticas, genéricas ou específicas, que sugerem uma abordagem a seguir pelas empresas na gestão de todo o ciclo de vida do produto ou serviço, desde a construção até à entrega e manutenção. A sua maior valia é integrar funções organizacionais tradicionalmente isoladas, de forma a eliminar ou diminuir barreiras e divisões entre diferentes áreas do processo. Na prática é como um guia para obter maior controlo no desenvolvimento de processos e evoluir em direcção à gestão “perfeita”.

Hoje em dia milhares de organizações por todo o mundo realizam esforços para conseguirem a integrar o *Capability Maturity Model Integration* na sua estrutura organizacional, enquanto outras tantas já retiram proveitos da sua utilização. É considerado o futuro na melhoria de processos. Diversas pesquisas e avaliações efectuadas em empresas utilizadoras corroboram esta premissa. A sua transparência que adquire através da constante troca de informação permite encontrar as falhas entre diferentes divisões da empresa. Abrange e engloba as melhores práticas de outros modelos em uma única estrutura e metodologia comum, através de nomenclatura padrão.

Como foi já anteriormente referido, este modelo foi construído sobre a estrutura do CMM, que se destinava principalmente à comunidade do *software*, mas a nova actualização permite-lhe ser eficaz em vários tipos de indústrias e mercados, como tem até já vindo a ser verificado. Ora sendo a construção civil na sua forma mais simples uma indústria que tem por base o seguimento de tarefas de forma sequencial, e em que a gestão de projectos e processos toma papel fundamental, parece estar aludida á utilização deste modelo de forma vantajosa.

Há no entanto que ter em atenção que se o CMMI for utilizado apenas com o objectivo de atingir números em termos de nível de maturidade, os esforços resultantes de melhoria de processo poderão perder de vista o valor do cliente, o produto, o valor do projecto e os objectivos práticos de negócio. Na construção a qualidade é fulcral, não somente para a satisfação do cliente mas principalmente por questões económicas e de segurança.

De igual modo, quando os utilizadores do CMMI estabelecem (conjuntos de) processos *standard* para serem utilizados pela organização e pelos seus projectos, por vezes falham em garantir que esses processos são implementados com sucesso em todos os novos projectos, que vão sendo melhorados periodicamente com base em lições aprendidas pela utilização anterior. Apesar das particularidades singulares de cada projecto (referido já anteriormente nas especificidades da construção) a melhoria dos processos é compatível à adaptação de práticas individuais da equipa (se a equipa for flexível), em função de experiências anteriores, e que através do modelo são escritos utilizando uma linguagem e formalismos compreensíveis para quem trabalha com eles.

Para diminuir estas falhas há que encontrar um equilíbrio entre organização e flexibilidade. Se o prato da balança se inclinar claramente a favor da organização, os projectos e quem trabalha neles poderão não ter a flexibilidade que precisam para alcançar o sucesso, ocorrendo problemas de motivação.

Por outro lado, a existência de demasiada flexibilidade poderá expor a organização a risco excessivo (por exemplo, equipas mal alinhadas) e a oportunidades perdidas para aprendizagem organizacional, algo que a longo prazo poderá conduzir a melhorias na qualidade de produto e na produtividade. É difícil conseguir o equilíbrio adequado.

5.4.1 O CMMI É UM MODELO DE REFERÊNCIA, NÃO UM *STANDARD DE PROCESSOS*

Um dos maiores problemas práticos é não se conseguir distinguir claramente que o CMMI é sobretudo um modelo. Assim, em vez de se trabalhar com o CMMI como modelo, muitas vezes trabalha-se com ele como se fosse um *standard*. Um *standard* é um trabalho testável e observável, com um estreito campo de resultados distintos, aceitáveis e demonstráveis. Existe pouca variação de uma implementação para a seguinte.

Esta visão do CMMI como *standard* é uma utilização completamente errada do modelo. As práticas sugeridas não são passos para um conjunto de processos *standard* de uma organização e não são actividades que ocorrem necessariamente de forma clara dentro de um processo de negócio específico.

São actividades orientadas ao processo que, quando utilizadas colectivamente, podem alcançar a área de processo e os objectivos de negócio para melhorar as actividades reais de uma organização. As práticas do CMMI também se destinam a encorajar as organizações a experimentarem e a utilizarem outros modelos, *frameworks*, práticas e abordagens de melhoria de processos, sempre que isso for considerado apropriado e com base nas necessidades e prioridades da organização.

De certa forma, o CMMI é uma torre de marfim de conceitos teóricos, compilados com base em décadas de pesquisa e de aplicação prática. É uma colecção de actividades que se devem esperar de uma organização à medida que ela procura melhorar os seus processos. O CMMI não é nem nunca foi pensado para ser uma substituição ou uma definição de algo do mundo real. É um ideal a partir do qual devemos aprender e relacionar com situações reais. Por ser complicado de implementar na prática, infelizmente algumas empresas têm aplicado o CMMI ao invés de o implementarem. A aplicação do CMMI como se fosse um *standard* tem contribuído para alguns grandes fracassos e consequentes perdas de tempo e de dinheiro. A diferença chave entre aplicar e implementar o CMMI reside no facto de que aplicar significa normalmente sobrepor práticas modelo a actividades existentes, com o objectivo de alcançar os produtos de trabalho exemplo encontrados no modelo, em vez de ter como meta os produtos naturais dos processos da organização. Pelo contrário, a implementação do CMMI consiste em utilizar o modelo da mesma forma que os engenheiros e os arquitectos utilizam modelos. Ou seja, como ferramenta de aprendizagem, de comunicação e um meio de organizar ideias. Quanto mais orientados formos à implementação, mais centrados estaremos na melhoria. Consequentemente, o enfoque estará na maturidade e no aumento das capacidades dos processos e não nos níveis de maturidade que se possam apregoar.

Especialmente em Portugal, como ainda é uma metodologia pouco conhecida e utilizada, existe ainda outro problema. Pequenas empresas, que ainda não estão totalmente familiarizadas com as vantagens que o modelo faculta, integram o CMMI nas suas organizações com a intenção principal de ficarem certificadas pelo SEI como aptas para a sua utilização. Como vimos existem 5 níveis de maturidade, e cada um funciona como uma credencial provando que a empresa presta os serviços de desenvolvimento de processos de acordo com os padrões reconhecidos pelo SEI. Basicamente estas pequenas empresas, pretendendo atrair negócio, integram o CMMI com o objectivo de melhorar a sua credibilidade e prestígio no mercado, utilizando o nível atribuído pelo SEI como um carimbo de qualidade e respeito nas áreas que diligenciam, mais do que para retirar os benefícios que a utilização do modelo proveria. Ora não é isso que se pretende. O que se pretende com a atribuição de níveis é avaliar a eficiência e eficácia de uma empresa no seu negócio, demonstrando as capacidades que esta possui na gestão de processos, capacidades essas possibilitadas pelas directrizes aplicadas no modelo na prestação de serviços ou construção de produtos com transparência e qualidade. Na verdade, esta

avaliação nem é ainda muito valorizada em Portugal, serve mais para as grandes empresas que realizam negócios internacionais serem reconhecidas por uma organização internacional, o SEI. Hoje em dia é já requerido até por algumas instituições, como o governo Americano e sectores da banca e seguros no Brasil, a apresentação de certificados nível mínimos 2 e 3 para a contratação de empresas.

Em suma, o modelo serve como ferramenta para examinar holisticamente os processos e o desempenho de uma organização e determinar possíveis áreas de melhoria. Quando é visto desta forma, o objectivo final do CMMI (ou seja, a melhoria contínua dos processos) é fazer com que uma organização se torne mais eficiente e mais em contacto com os processos reais de desenvolvimento.

No fundo, tanto os métodos Ágeis como o CMMI, especialmente em ambientes mais exigentes, esperam que as organizações consigam ganhos de produtividade através da eliminação de esforços desnecessários. É verdade que a implementação de métodos Ágeis elimina normalmente muitos esforços e comportamentos improdutivo ao nível do projecto. No entanto, mesmo com retrospectivas Ágeis, aquilo que o CMMI oferece para além dos métodos Ágeis é uma infra-estrutura organizacional de aprendizagem e de melhoria, beneficiando os projectos antes mesmo de terem início.

Quando se utiliza o CMMI como um modelo para a melhoria de processos, e não como um *standard*, as organizações são livres de implementar as aplicações de melhoria de processos que se adequem às suas necessidades. Além disso, também podem ver progressos em toda a organização para além do nível mais restrito do projecto. O CMMI fornece uma abordagem para a melhoria, na qual os processos e as melhorias dos mesmos são suportados pela organização, persistem para além da data original da sua implementação e não sobrecarregam as equipas de desenvolvimento com desperdício (por exemplo, desde a reinvenção de um processo já conhecido, até ao trabalho bem feito em circunstâncias similares).

Há espaço para a sua integração em empresas de construção, visto actuar na gestão de projectos com benefícios já comprovados. De facto poderá ser utilizado juntamente com os métodos Ágeis como se aprofundará no capítulo seguinte.

5.4.2 VANTAGENS PRÁTICAS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO CMMI

Alguns dos benefícios que a utilização deste modelo pode trazer às organizações que o utilizem são listados de seguida:

- Aumento de atenção sobre as actividades;
- Integração dos processos existentes;
- Eliminar inconsistências;
- Reduzir duplicações;
- Aumentar transparência dos processos;
- Fornecer terminologia comum;
- Assegurar consistência com a norma ISO 15504⁷;
- Flexibilidade e extensão para outras disciplinas;
- Reúne as melhores práticas de outros modelos;
- Grande abrangência, engloba várias disciplinas num único modelo;

⁷ Norma ISO 15504 define processo de desenvolvimento de *software*. É uma evolução da norma ISO/IEC 12207 mas possui níveis de capacidade para cada processo, assim como o CMMI.
versão para discussão

Em geral, permite corrigir a maioria das falhas com que as organizações se deparam no processo de gestão dos seus processos. As principais falhas da gestão de projectos na construção são:

- Falta de definição das responsabilidades;
- Retrabalho por falta de qualidade;
- Problemas com fornecedores;
- Falta de conhecimento técnico;
- Falta de competências para gerir os projectos;
- Falta de uma ferramenta de apoio;
- Falta de uma metodologia de apoio;
- Mudanças constantes;
- Recursos humanos insuficientes;
- Mudanças de prioridade;
- Estimativas incorrectas;
- Riscos não avaliados correctamente;
- Falta de apoio da alta administração;
- Problemas de comunicação;
- Não cumprimento do orçamento;
- Não cumprimento dos prazos;

6

FORMULAÇÃO DE UM MODELO PADRÃO DE GESTÃO NA CONSTRUÇÃO

6.1 ENQUADRAMENTO

Em Portugal não existe ainda um modelo padrão para gestão de projectos na construção civil aceite pela generalidade das empresas.

A construção é caracterizada por uma enorme variedade de sistemas e de componentes disponíveis nas fases de projecto e seguintes. Novos materiais de construção são lançados no mercado a um ritmo acelerado por um grande número de fornecedores distintos, de dimensões variáveis. As propriedades de muitos desses produtos são desconhecidas ou mal documentadas e a grande variedade de produtos leva a uma grande gama de alternativas para as empresas (Martins, 2009). Do mesmo modo, existem também diversas técnicas de gestão e controlo de processos e projectos, assim como várias filosofias de pensamento e várias formas de organização das equipas de planeamento e gestão (algumas delas abordadas nesta obra). Este facto é também provocado pela grande variedade de empresas que existem no mercado, com elevado número de pequenas empresas com menos possibilidade de produzir elas próprias todas as fases da construção apostando na subempreitada e subcontratação.

Em suma, a dificuldade em estabelecer uma alternativa que seja suficientemente abrangente e detalhada para ser seguida pela maioria das organizações no nosso país dificulta a padronização.

Está no entanto claro que o facto de existir um modelo padrão na gestão da construção não significa que este seja necessariamente o melhor método, ou o mais eficaz. Mas as vantagens e os benefícios que a existência de um modelo *standard*, seguido por todas (ou pela maioria) das empresas, compensaria em larga escala.

Tome-se o exemplo da indústria transportadora. Durante séculos de comércio internacional, não existia uma forma única de transportar os produtos. Este falha criava enormes perdas em termos de tempo de carga/descarga, embarque/desembarque, para não falar em deteriorações e desvios de mercadorias, como também em termos económicos com aumento do custo das operações de carga e descarga. Mas em 1937, o americano Malcom Mc Lean, (de apelido curiosamente revelador) então com pouco mais de 20 anos, motorista e dono de uma pequena empresa de camiões, ao observar o lento embarque de fardos de algodão no porto de Nova Iorque, teve a ideia de armazená-los e

versão para discussão

transportá-los em grandes caixas de aço com medidas específicas que pudessem, elas próprias, serem embarcadas nos navios (o que viria a ser desenvolvido no comum contentor metálico que conhecemos, que está ilustrado na figura 12).



Figura 12 - Contentor metálico *standard*

Com o tempo, Mc Lean aprimorou métodos de trabalho e expansão de sua companhia, tornando-a uma das pioneiras do sistema intermodal, abrangendo transporte marítimo, fluvial, ferroviário, além de terminais portuários.

Após inúmeras experiências nos Estados Unidos, prejudicadas pelo período da Segunda Guerra Mundial, somente em 1966 Mc Lean se aventurou na área internacional, enviando um navio com esses contentores à Europa. Assim, em 5 de Maio daquele ano (1966) chegava a Roterdão - já o maior porto do mundo - o cargueiro adaptado de Mc Lean, que ali descarregou 50 unidades. Como não havia equipamento apropriado, o desembarque foi feito com o próprio guindaste do navio, outra criação do seu dono.

Naquela época, um verdadeiro exército de nove mil estivadores trabalhava no grande porto holandês, vinculando a 25 empresas de serviço. Antevendo a revolução que iria ocorrer no transporte marítimo, o director do porto, Frans Posthuma, conseguiu a exclusividade para receber os contentores destinados à Europa, comprometendo-se a preparar um terminal especializado para desembarcá-los. Logo depois, em 1967, cinco das empresas estivadoras que operavam em Roterdão conseguiam dar vazão ao serviço, com apenas 208 empregados para atender ao crescente movimento de contentores.

Concluindo, o facto de existir um modelo padrão para o transporte, neste caso o conhecido contentor metálico de transporte de dimensões *standard*, além de melhorar os processos ligados directamente à indústria do transporte em si (empacotação/desempacotação, embarque/desembarque etc.) permitiu também gerar á sua volta todo um novo mercado, com a adaptação de navios e cargueiros destinados e preparados exclusivamente ao seu transporte, com guindastes próprios e métodos de optimização do espaço em operações carga e descarga, e também o desenvolvimento de outras indústrias como transporte ferroviário e o rodoviário que reformularam as suas carruagens e camiões, respectivamente, para o dar vazão ao transbordo daquele tipo de contentor pós-desembarque.

Hoje em dia a esmagadora maioria da indústria transportadora opera somente com os contentores de medida e material padrão, já que todo o panorama da sua envolvente está para ele organizado e os benefícios são claros.

Este tipo de pensamento está também já a ser adaptado à gestão de projectos em alguns países. Por exemplo no Reino Unido nos anos 90 o gabinete de ministros britânico sugeriu a utilização de um modelo de gestão de projectos padrão para utilização em todos os sistemas de informação e projectos relacionados com o governo de modo a facilitar a cooperação, comparação e controlo de diferentes projectos. O método de gestão de projectos de que se fala é o Prince 2 (PProjects IN Controlled Environments). Inicialmente foi desenvolvido para projectos de tecnologia de informação e comunicação, mas a presente versão é consistente com a gestão de todos os tipos de projectos. Hoje em dia não é somente utilizado pelo governo mas sim pela grande maioria das empresas do País, já que os resultados foram positivos. As vantagens de um sistema de gestão de projectos ser generalizado e integrado pelo panorama geral das organizações são evidentes.

Neste capítulo pretende-se demonstrar as vantagens que adviriam da criação de um sistema *standard* deste tipo na indústria da construção nacional, baseado nas técnicas e filosofias estudadas ao longo da obra.

6.2 COMPATIBILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS ESTUDADAS

Nesta obra estudaram-se principalmente as filosofias *Lean* e *Agile* e o modelo de gestão de processos *Capability Maturity Model Integration*. É da opinião do autor que é possível e vantajoso para o desenvolvimento e melhoria da indústria da Construção nacional a criação de um modelo que integre estas propriedades, utilizando o que elas têm de melhor, para aumentar a competitividade productividade deste sector. Os objectivos são melhorar a qualidade do produto e a confiança do mercado através da redução de custos, desperdícios, acidentes, variabilidade e imprevisibilidade de acontecimentos e aumentando a transparência, padronização e productividade.

Na criação deste paradigma é da opinião do autor que se podem utilizar os conceitos do pensamento Magro e Ágil como filosofia de trabalho, adquirindo, integrando e aplicando as boas práticas na cultura e organização da empresa, passando da teoria à prática. Como ferramenta tecnológica é de valor para o panorama internacional que as empresas se instruem, integrem e se certifiquem com credencias do CMMI.

6.2.1 LIGAÇÃO AGILE E LEAN – A SIMBIOSE PERFEITA

Como foi referido nas considerações finais do capítulo 3, apesar da produção *Lean* implicar elevada produtividade e qualidade, a sua adaptação é reduzida no combate a mercados turbulentos com alta taxa de saturação, alterações nas necessidades dos clientes e crescente concorrência.

É aqui que entra a Agilidade. Como já foi anteriormente visto, os métodos ágeis permitem uma melhor resposta à mudança e às situações de imprevisibilidade.

Uma empresa que se esforce por utilizar o pensamento *Lean*, e na qual os seus funcionários estejam dotados de capacidades ágeis está em vantagem perante a restante concorrência do mercado. Unindo as vantagens da *Lean Construction* (como a melhoria do desempenho dos projectos através da redução dos desperdícios e eliminação das actividades que não agregam valor ao produto final, a melhoria do controlo do fluxo de trabalho e todo o processo de gestão em geral), às mais-valias do pensamento *Agile* (como capacidade de resposta á mudança, exploração das actividades da empresa como

velocidade, flexibilidade, inovação pró-activa, qualidade etc., boa resposta em mercados turbulentos) uma empresa tem todas as condições para prosperar no mercado, aumentar o seu capital e os seus rendimentos, através da melhoria da produtividade que poderá evidenciar.

6.2.2 CMMI E MÉTODOS ÁGEIS – ANTAGÓNICOS OU CONCILIÁVEIS?

Os métodos de desenvolvimento Ágeis e as melhores práticas do CMMI são frequentemente considerados como não conciliáveis. No entanto, esta discórdia não se justifica e os dois campos metodológicos poderão ser utilizados em conjunto, proporcionando vantagens e sinergias com o potencial para melhorar significativamente o desempenho. Cada uma das abordagens inclui princípios de bom desenvolvimento de software muitas vezes ignorados, mas que são necessários para a outra abordagem e para o sucesso dos projectos (SEI, 2008).

6.2.2.1 Razões da discórdia

A oposição entre os defensores das metodologias Ágeis e os adeptos do CMMI poderá basear-se em duas grandes razões. A primeira tem a ver com o facto das pessoas que adoptaram inicialmente os métodos Ágeis ou o CMMI representarem exemplos extremos dos seus paradigmas de desenvolvimento de software. Os que adoptaram inicialmente o CMMI eram sobretudo especialistas no desenvolvimento de sistemas de grande escala, críticos e aversos ao risco. De igual modo, o desenvolvimento destes sistemas também envolvia frequentemente níveis elevados de supervisão em termos de gestão e governação hierárquica. Pelo contrário, os promotores iniciais dos métodos Ágeis estavam normalmente envolvidos em projectos de desenvolvimento mais pequenos e com uma única equipa. Estes extremos preparam o caminho para a discórdia que se seguiu.

A segunda razão está relacionada com a informação incorrecta sobre o CMMI e os métodos Ágeis, resultando em problemas de percepção em ambos os grupos. O SEI (2008) refere alguns dos factores que contribuíram em grande escala para os problemas de percepção e que colocaram erradamente o CMMI e os métodos Ágeis em campos opostos, que são explicitados de seguida:

- Má utilização. Em cerca de duas décadas de experiências, primeiro com o *Capability Maturity Model* (CMM) e depois com o CMMI, ocorreram práticas de má utilização ou a aplicação a actividades de desenvolvimento que as equipas já consideravam produtivas sem o recurso ao CMM/CMMI;
- Falta de informação exacta. Existe falta de informação exacta sobre o CMMI na comunidade Ágil, assim como falta de informação exacta sobre os métodos Ágeis na comunidade CMMI;
- Dificuldades de terminologia. São utilizadas terminologias no CMMI (por exemplo, disciplina, garantia de qualidade e previsibilidade) e nos métodos Ágeis (por exemplo, integração contínua, desenvolvimento orientado a testes, ou posse colectiva de código) que têm conotações específicas do contexto em que são utilizadas, pelo que são facilmente mal interpretadas e/ou utilizadas de forma abusiva;
- Abordagem *top-down*⁸ contra *bottom-up*⁹. Assiste-se por vezes à introdução de uma abordagem que favorece um dos lados em detrimento do outro (por exemplo, gestão versus especialistas e praticantes).

⁸ Estratégia de informação que tem por abordagem decompor um sistema em partes simples para perceber a sua composição e funcionamento.
versão para discussão

Alguns dos mal entendidos do CMMI junto da comunidade Ágil têm a ver com a forma como o CMMI foi desenvolvido. As pessoas associam o CMMI a uma evolução do CMM mas não é apenas isso. Na verdade aspectos que levam a comunidade Ágil a não entender o CMM já não fazem parte do CMMI. Este último inclui muitas melhorias que o diferenciam do CMM. Para complicar ainda mais esta questão, existem utilizadores do CMM que nunca se actualizaram para o CMMI, persistindo na utilização de um modelo que tem uma visão menos flexível do que os modelos CMMI quanto ao desenvolvimento de sistemas e de software

Outro aspecto importante prende-se com o facto de muitas pessoas falarem de CMMI e de Ágil nas suas actividades, mas na realidade não aplicarem adequadamente nenhuma das abordagens. Todas estas situações contribuem para a difusão de percepções negativas relativamente às duas abordagens. Seja como for, o CMMI e as metodologias Ágeis podem ser utilizados em conjunto de forma bem sucedida. E a prová-lo estão muitas referências práticas um pouco por todo o mundo (SEI, 2008).

6.2.2.2 Há valor em ambos os paradigmas

Existe valor em ambos os paradigmas. O CMMI e os métodos ágeis são compatíveis. Ao nível do projecto, o CMMI coloca a atenção num nível elevado de abstracção relativamente aquilo que o projecto faz, e não nas metodologias de desenvolvimento que são utilizadas. Quanto aos métodos Ágeis, colocam o enfoque na forma como os projectos desenvolvem produtos. Consequentemente, o CMMI e os métodos Ágeis podem coexistir.

Pode-se obter um grande valor com as sinergias entre métodos Ágeis e CMMI. Actualmente, muitas das organizações que adoptaram o CMMI também têm equipas de desenvolvimento Ágil. De igual modo, o CMMI pode ser introduzido em organizações que utilizam abordagens Ágeis. O CMMI e os métodos Ágeis podem complementar-se através da criação de sinergias que beneficiam a organização que os utiliza.

Os métodos Ágeis fornecem aspectos ao desenvolvimento de software que faltam nas melhores práticas do CMMI - especialmente quando se trata de equipas de projecto de pequena dimensão e a trabalharem no mesmo local. Por sua vez, o CMMI fornece as práticas de engenharia de sistemas que permitem uma abordagem Ágil em grandes projectos, bem como as práticas de suporte e de gestão de processo que ajudam a desenvolver, manter e melhorar continuamente a implementação de uma abordagem Ágil em qualquer organização.

6.3 FILOSOFIA *LEAN* SEMPRE

O pensamento *Lean* não representa qualquer impedimento a aplicação dos métodos Ágeis e implementação do CMMI. Na verdade é uma filosofia que deve estar intrínseca a todos os elementos da organização e aplicada em todos os processos.

O facto de se utilizarem métodos ágeis e CMMI não poderá fazer esquecer que sempre que possível, se devem agilizar os processos e eliminar as tarefas que não agregam valor ao produto final. Fazer mais com menos, deve estar sempre presente ao longo de todo um processo de construção, desde

⁹ Estratégia de informação que tem por abordagem combinar vários sistemas para dar lugar um sistema maior que os contem, chamando-se a esse sistema emergente e aos anteriores sub-sistemas.

pequenas actividades levadas a cabo por operários (com exemplos referidos no capítulo 5), passando por fornecedores até à organização liderada pelo gestor do projecto.

Independentemente da estratégia e das ferramentas de gestão adoptadas pela empresa, a filosofia *Lean* nunca deve ser esquecida e pode ser praticada por todos os intervenientes com pequenos gestos, que no global irão trazer grandes benefícios a nível de custo e tempo.

É uma metodologia compatível com todas as outras estudadas e tem apresentado resultados extremamente positivos em vários países, com um crescendo de adeptos diariamente nos últimos tempos.

6.4 VANTAGENS DE UM MODELO PADRÃO – MOTIVAÇÃO

Como foi referido anteriormente, o facto de existir um modelo padrão na gestão da construção (desde projecto, execução, filosofia, quem sabe até nomenclatura e burocracia) não significa que esse modelo seria o melhor método para atingir sucesso na gestão da construção, mas na generalidade dos acontecimentos, as vantagens que adviriam da sua utilização compensariam no global.

O facto de haver o mesmo protocolo a seguir conhecido e interiorizado por todos os envolvidos no processo facilitaria realmente o desenvolvimento do sector e traria elevados benefícios.

As soluções standardizadas alargam-se a vários níveis, não só ao da gestão de projectos. Pode-se também pensar em padronização dos materiais e dos equipamentos a utilizar. Se todas as empresas de construção trabalhassem com produtos e fornecedores *standard*, a pré-fabricação poderia ser desenvolvida de modo a que materiais já chegassem praticamente prontos a obra, sendo necessária apenas a sua montagem/colocação. Do mesmo modo, maquinaria e equipamentos poderiam ser desenvolvidos e otimizados para trabalharem apenas com certo tipo de materiais com medidas específicas (como aconteceu com a indústria transportadora com o aparecimento do contentor padrão), quase transformando um estaleiro de obra em uma linha de montagem de edifícios. Claro que estes assuntos são bastante vastos e seriam pano para mangas para uma nova dissertação mas aqui o objectivo é apenas salientar as vantagens e alertar para uma motivação futura no desenvolvimento de um sistema *standard* para a construção.

O modelo sugerido englobaria a aplicação, estudo e conhecimento, e implementação das técnicas *Lean Construction*, *Agile* e *CMMI*, e para além das vantagens já descritas destas metodologias e ferramentas ao longo desta obra, o facto de ser um modelo *standard* tem várias vantagens como por exemplo:

- Facilidade na troca de informação (visto todos os intervenientes estarem familiarizados com o modelo);
- Redução de burocracia;
- Nomenclatura e representação da informação igual para todos;
- Facilidade na contratação e viabilidades legais;
- Agilização dos processos (visto haver um protocolo a seguir) – redução temporal;
- Criação de uma nova economia que actua em torno da construção (fornecedores, equipamentos, transporte, ensaios e testes de materiais, etc.);
- Facilidade do controlo e planeamento de obra;
- Facilidade na fiscalização e segurança;
- No geral, vantagens ao nível do que toca a qualquer gestão pretende alcançar: ganhos de tempo e custo;

7

CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1 NOTA

Neste último capítulo, pretende-se avaliar a concretização dos objectivos da presente dissertação, evidenciar as limitações encontradas no decurso da mesma e analisar as contribuições e aspectos inovadores do trabalho, com a exposição da contribuição para a indústria da Construção e comunidade científica. Por último, serão sugeridas recomendações para futuras investigações inseridas nesta área de conhecimento.

De um modo geral, as conclusões do trabalho desenvolvido encontram-se expostas ao longo desta dissertação, na conclusão de cada capítulo. Assim, no presente capítulo apenas serão expostos, de forma sucinta, os aspectos essenciais do trabalho desenvolvido e a sua finalidade.

O desafio era apresentar de que forma metodologias inovadoras de gestão que derivam dos conceitos *Lean* e *Agile* podem ser encetadas na indústria da Construção em Portugal, assim como outras ferramentas de gestão, mostrando as vantagens da sua coligação num modelo padrão de gestão na construção.

7.2 CONCLUSÕES

Originária da Indústria da produção, a filosofia *Lean* surgiu como forma de minimizar os desperdícios durante o processo produtivo e reduzir as actividades que não agregam valor acrescentado ao produto final. O valor, princípio central desta filosofia, é definido pelos clientes finais e é responsabilidade da empresa garantir que o mesmo chegue livre de custos dos desperdícios e segundo os requisitos dos clientes.

Apesar do ambiente da indústria da Construção ser considerado distinto dos outros ambientes industriais, diversos estudos corroboram a existência de oportunidades de aplicação do pensamento *Lean* na Construção. A filosofia *lean* tem sido adaptada ao contexto específico do sector da construção de há 15 anos a esta parte. No entanto a *Lean Construction* tem-se desenvolvido nos seus próprios termos, pelo menos para além dos definidos pelo *Lean Thinking* de Womack e Jones (1996).

O modelo de gestão tradicional não é errado, mas é ineficaz face à complexidade dos sistemas produtivos e no paradigma actual. As aplicações da *Lean Construction* têm vindo a ser desenvolvidas com o objectivo de melhorar o controlo e a estabilidade do processo de construção, tal como a contínua redução da variabilidade das actividades e do projecto e a eliminação de desperdício. Com a aplicação das ferramentas *Lean* é possível beneficiar de reduções no custo final e custo de gestão, redução do tempo de projecto, redução de *stocks* e nas repetições de trabalho. Diversos estudos revelam que o modelo *Last Planner System*, ferramenta desenvolvida pelo *Lean Construction Institute* é a mais utilizada para implementar a *Lean Construction*, permite aumentar a confiança no planeamento, melhorar a estabilidade do processo de construção, reduzir a variabilidade e controlar o fluxo de trabalho e aumentar a percentagem de plano concluído. Este Modelo tem uma forte base de senso comum no que toca às suas didácticas. Contudo, estabelece um contexto inovador para aplicação conjunta de boas práticas, em que as várias partes são envolvidas e responsáveis. O planeamento e o controlo são estabelecidos como um processo de vários níveis e que se aproxima da execução do projecto. Subjacente está uma matriz programática, de medição e análise, que procura a melhoria contínua do próprio sistema.

O mundo actual caracteriza-se por um ambiente de constante mudança e, neste ambiente, a capacidade de adaptação das empresas não é uma opção, mas sim uma condição fundamental para a sua sobrevivência. Perante este facto, uma empresa deverá ter capacidade de responder, com eficácia, às inesperadas e súbitas alterações. Em suma, uma empresa deverá esforçar-se por ser *Lean e Agile*.

A Agilidade consiste na exploração bem sucedida de todas as potencialidades da empresa, com a integração dos recursos e tecnologias com as melhores práticas de enriquecimento de conhecimento para fornecer produtos e/ou serviços dirigidos a um cliente específico, num ambiente com rápida mudança (Yusuf et al. 1999). Assentes neste conceito, surgem os Métodos Ágeis, inicialmente orientados para o desenvolvimento de Software.

A aplicação de Métodos Ágeis relaciona-se com a valorização da competência individual, comunicação e rápida entrega de valor. No que respeita ao planeamento, para os Métodos Ágeis as alterações são bem vindas pois favorecem a adaptação à mudança e são fortalecidos pela mesma.

Tanto a filosofia *Lean* como os Métodos Ágeis centram-se no conceito de melhoria contínua, em que cada processo pode ser sempre aperfeiçoado. A perfeição *lean* significa que nada é perfeito e tudo pode ser melhorado. Não impõem novas tecnologias, mas fomentam a optimização dos fluxos existentes entre as diversas actividades, apostam na comunicação e informação sobretudo visual e promovem o *feedback* constante e a transparência durante o desenvolvimento. Contudo, ambos os conceitos exigem uma mudança na forma de interpretar e compreender a Construção. Não existem receitas mágicas que permitam soluções perfeitas, sendo necessário empenho e perseverança na organização, e consciencialização e participação de todos os intervenientes no processo de Construção, uma vez que o conhecimento *lean* é conseguido através de tentativas e aprendizagem com os erros.

De forma a obter resultados positivos nas unidades internas de gestão de projectos, as organizações precisam de se dedicar à melhoria dos processos, e para isso empresas de todo o mundo estão a adoptar um modelo de melhores práticas, o *Capability Maturity Model Integration* – CMMI. O CMMI é um modelo de referência que abrange práticas, genéricas ou específicas, que sugerem uma abordagem a seguir pelas empresas na gestão de todo o ciclo de vida do produto ou serviço, desde a construção até à entrega e manutenção. A sua mais-valia é integrar funções organizacionais tradicionalmente isoladas, de forma a eliminar ou diminuir barreiras e divisões entre diferentes áreas

do processo. Funciona como um guia para obter maior controlo no desenvolvimento de processos e evoluir em direcção à gestão otimizada. A transparência que adquire através da constante troca de informação permite encontrar as falhas entre diferentes divisões da empresa. Abrange e engloba as melhores práticas de outros modelos em uma única estrutura e metodologia comum, através de nomenclatura padrão.

No fundo, tanto os métodos Ágeis como o CMMI, especialmente em ambientes mais exigentes, esperam que as organizações consigam ganhos de produtividade através da eliminação de esforços desnecessários. É verdade que a implementação de métodos Ágeis elimina normalmente muitos esforços e comportamentos improdutivos ao nível do projecto. No entanto, mesmo com retrospectivas Ágeis, aquilo que o CMMI oferece para além dos métodos Ágeis é uma infra-estrutura organizacional de aprendizagem e de melhoria, beneficiando os projectos antes mesmo de terem início.

Sendo a construção um sector que na sua forma mais simples se traduz como um encadeamento de tarefas com fim a atingir um objectivo projectado conclui-se que a integração do CMMI em empresas de construção será de grande benefício visto actuar na gestão de projectos com benefícios já comprovados.

De facto, como foi visto no capítulo anterior, o ideal seria a implementação de um modelo de gestão único na construção em Portugal que integrasse estas filosofias e ferramentas. Um modelo padrão que, embora não obrigatório, seria seguido pela grande maioria das empresas (até para se manterem competitivas). As metodologias e práticas estudadas são compatíveis entre si, e na verdade até beneficiam da cooperação entre as mesmas. A padronização é uma via para redução de custos, tempo e agilização de processos. As vantagens das práticas estandardizadas acontecem a vários níveis e trazem benefícios à economia e às organizações e podem indicar um novo futuro na construção.

A sobrevivência da indústria da Construção Portuguesa, e em geral indústria ocidental, depende da aceitação desse desafio e com mudanças drásticas nas empresas. Nenhum dos conceitos e técnicas explorados neste trabalho, é simples, e nenhum obtém sucesso considerável por si só. A sua verdadeira força está na interpretação integrada. Se todas as empresas aplicarem estes conceitos, a probabilidade é de que a sociedade, em geral, se modifique e toda a ética de trabalho altere, com vantagens em vários níveis para todo o sector da Construção.

7.3 LIMITAÇÕES

Um dos problemas no estudo destas teorias como *Agile* e a ferramenta de gestão CMMI é que a grande maioria da investigação científica que existe é bastante teórica. Existe muita informação teórica sobre estes conceitos mas raros exemplos práticos de real aplicação. Este facto é ainda mais considerável no CMMI, pois uma grande queixa das empresas que querem integrar nos seus quadros este modelo é que ele diz “o que fazer” mas não “como fazer”. Talvez por isso algumas organizações estejam mais preocupadas em ter o “diploma na parede” do que realmente implantar o modelo na sua estrutura, como foi referido no capítulo 5.

Quanto à *Lean Construction* um problema verificado é que por vezes as empresas até estão abertas à introdução dos seus princípios mas existe um reduzido esforço na sua implementação e consciencialização de todos os intervenientes. É necessária forte liderança do director de obra para fazer chegar a informação e formação a todos, pois só assim seria possível realizar uma implementação consistente e estabelecer uma mudança nos procedimentos e mecanismos da rotina de cada participante. O suporte e compromisso por parte de toda a organização é fundamental para o

sucesso da implementação da filosofia *Lean*. Uma falha na cadeia de produção (como fornecedores, ou equipamento etc.) pode deitar por terra todo o sucesso de uma obra.

Quanto a esta dissertação, uma das limitações é a complexidade das tecnologias abordadas. De facto cada uma destas filosofias e ferramentas seria material para uma dissertação por si só. O facto de estas ideias serem muito vastas com bastantes conceitos e técnicas que lhes estão por trás e que servem de base a sua utilização e implementação fez com que o estudo apresentado tivesse que ser bastante sucinto e apenas focado nos seus pontos principais. Outra falha que talvez fosse possível colmatar com mais tempo, seria o acompanhamento de uma obra em estaleiro e verificação da aplicação real das ideias Ágeis e *Lean* para poderer retirar elações práticas e avaliar os benefícios. Ou até através de inquéritos a empresas utilizadoras obter resultados demonstradores das vantagens.

7.4 ESTUDOS FUTUROS

No desenvolvimento desta investigação, foram identificadas oportunidades de melhoria para trabalhos futuros neste âmbito. Tal como é defendido pela *filosofia Lean* e pelos Métodos Ágeis, os pontos a ser melhorados devem ser procurados, num processo contínuo de aprendizagem em busca da perfeição. Deste modo, salientam-se em seguida os pontos de melhoria identificados:

- Explorar a implementação prática dos princípios da *Lean Construction* na indústria da Construção em Portugal;
- Explorar a possibilidade de transposição dos conceitos e práticas ágeis, oriundas dos Métodos Ágeis de Desenvolvimento de *Software*, para o âmbito da Construção e explorar a aplicabilidade dos fundamentos e princípios da Agilidade na gestão da Construção;
- Realizar inquéritos a empresas praticantes das filosofias e ferramentas estudadas de modo a ter resultados físicos que permitissem perceber os benefícios quando comparado com empresas que desconhecem estas tecnologias;
- Desenvolver um estudo que revele as alterações comportamentais dos gestores da Construção perante a introdução dos princípios da *Lean Construction* e dos conceitos e práticas do Método Ágil para o aumento da Agilidade das empresas;
- Acompanhar um gestor de projecto com credencias de CMMI de nível 2 ou superior para perceber melhor “como fazer” como complemento a saber “o que fazer”;
- Estudar o panorama da padronização. Podem ser realizadas várias abordagens a este caso. As mais interessantes do ponto de vista do autor são a criação de um modelo padrão pelo governo, que funcione quase como legislação, para melhorar a informação entre as empresas, e reduzir falhas como corrupções etc. Atenção que não se pretende que com o alcance deste objectivo se aumente a burocracia envolvida nestes processos. Outro estudo interessante será na pré-fabricação de materiais de construção. Se todas as empresas utilizarem, mesmo a nível de projecto, materiais idênticos, com medidas e formas específicas, o sector da pré-fabricação poderá ser explorado de modo a fazer com que um estaleiro de obra, se assemelhe a uma linha de produção em que os operários apenas têm que proceder á montagem da maioria dos elementos.

BIBLIOGRAFIA

- Abdelhamid, T, e Salem, O. (2005). *Lean Construction: A New Paradigm for Managing Construction Projects*. The International Workshop on Innovations in Materials and Design of Civil Infrastructure, Cairo, Egipto.
- Abrahamsson, P.; Salo, O.; Ronkainen, J.; Warsta, J. (2002). *Agile Software development methods - review and analysis*. Oulu, Finland: VTT Publications.
- Agile Alliance. (2001). *Manifesto for Agile Software Development*. Retirado a 7 de Junho de 2011 do sítio: <http://www.agilemanifesto.org>
- Anderson, D. J. (2004). *Agile Management for Software Engineering*. New Jersey, USA: Prentice Hall PTR.
- Ataídes, A. (2006). Um Método para Acompanhamento e Controle da Implantação do CMMI. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasil
- Baker, J. (1996). *Less lean but considerably more agile*. Financial Times 10 May, p.1
- Ballard, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Ballard, G. e Howell, G. (1996). *Can Project Controls Do Its Job?*, Proc. 4th annual IGLC Conference, Birmingham, Reino Unido.
- Ballard, G. e Howell, G. (1998a). *What Kind of Production is Construction?* Proc. 6th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr., IGLC-6, Guarujá, Brasil, Aug 13-15.
- Ballard, G. e Howell, G. (1998b). *Implementing Lean Construction: Understanding and Action*, Proc. 6th Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr., IGLC-6, Guarujá, Brasil.
- Ballard, G. Koskela, L. Howell, G. e Zabelle, T. (2001). *Production Design in Construction*. Proceedings of the 9th International Group of Lean Construction, National University of Singapore.
- Barlow, J. (1996). *Partnering, Lean Production and the high performance workplace*, The 3rd International Conference on Lean Construction, IGLC. Birmingham.
- Barlow, J. (1997). *Partnering, Lean Production and The High Performance Workplace*, Proceedings of the 5th annual conference of IGLC, Gold Coast, Austrália
- Barlow, J., (1996). *Partnering Lean Production and the high performance workplace*. Occasional Paper. School of construction, Housing and Surveying, University of Westminster.
- Bertelsen, S. e Koskela, L. (2002). *Managing the three aspects of production in construction*. IGLC-10
- Bertelsen, S. e Koskela, L. (2004). *Construction Beyond Lean: A New Understanding of Construction Management*. Proceedings of the 12th International Group of Lean Construction Annual Conference (IGLC12), Copenhaga, Dinamarca.
- Bertelsen, S., Koskela, L., Henrich, G. e Rooke, J. (2006). *Critical Flow – Towards a Construction Flow Theory*. Proceedings IGLC-14, July 2006, Santiago, Chile.

- Chin, G. (2004). *Agile project management: how to succeed in the face of changing project requirements*. New York: Amacon.
- Chitla, V. (2002). *Performance Assessment Of Planning Processes During Manufactured Housing Production Operations Using Lean Production Principles*, Master's Thesis, Construction Management Program, Michigan State University. East Lansing, MI.
- Cockburn, A.; Highsmith, J.(2001a). *Agile Software Development: The Business of Innovation*. IEEE Computer Magazine, vol. 34, n.º 9, pag. 131-133.
- Conboy, K.; Fitzgerald, B. (2004). *Toward a conceptual framework for Agile methods: a study of agility in different disciplines*. Proceedings of the ACM Workshop on Interdisciplinary Software Engineering Research, pag. 37-44.
- Coriat, B. (1994). *Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização*. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Daeyoung, Kim (2002). *Exploratory study of Lean Construction: Assessment of Lean implementation*, Ph.D, The University of Texas, Austin, EUA.
- De Sousa, H.; Martins, J.; Monteiro, A.; (2011). *Projecto SIGABIM*. Secção de Construções Civas, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- DIAS, J. (2005). *Logística Glogal e Macrologística*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda,
- Dias, M. (2005). *Um novo enfoque para o gerenciamento de projectos de desenvolvimento de Software*, Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Egan, J., Sir. (1998). *Rethinking construction: the report of the Construction Task Force*. Department of Environment, Transport and Regions, Londres, Reino Unido.
- Forbes, Lincoln H.; Ahmed, Syed M. (2011) *Modern construction : lean project delivery and integrated practices*. CRC Press, Taylor & Francis Group LLC, New York
- Ganguly, A.; Nilchiani, R.; Farr, J. (2009). *Evaluating agility in corporate enterprise*. International Journal of production Economics, vol. 118, issue 2, pag. 410-423.
- Garnett, N., Jones, D. e Murray, S. (1998). *A strategic application of Lean Thinking*, Proceedings of IGLC 6, Brasil
- Ghinato, (2000) P. Publicado como 2o. cap. do Livro *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000
- Gouveia, L. (2010). *A origem da Gestão de Projectos*. Universidade Fernando Pessoa, Porto
- Gunasekaran, A.(1999). *Agile manufacturing: A framework for research and development*. International Journal of production Economics, vol. 62, issue 1-2, pag. 87-105.
- Gunasekaran, A.; Yusuf, Y.Y. (2002). *Agile manufacturing: a taxonomy of strategic and technological imperatives*. International Journal of production Research, vol. 40, issue 6, pag. 1357-1385.
- Highsmith, J. (2004). *Agile project management: creating innovative products*. Boston: Addison-Wesley.

- Hopp, Wallace J. e Spearman, Mark L. (1996). *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*. Irwin/McGraw-Hill, Boston, EUA.
- Howell, G. (1999). *What is Lean Construction*. Conference of International Group of Lean Construction.
- Howell, G. A.; Koskela, L. (2000). *Reforming Project Management: The Role of Lean Construction*, Proceeding from 8th Annual Conference on Lean Construction, Brighton, Reino Unido.
- Ismail, H.; Snowden, S.; Poolton, J.; Reid, I.; Arokiam. I. (2006). *Agile manufacturing framework and practice*. International Journal of Agile systems and Management vol.1, n.º 1, pag.11-28.
- Kettunen, P. (2009a). *Adopting key lessons from Agile manufacturing to Agile software product development – A comparative study*. Tecnovation, vol. 29, issue 6-7, pag. 408-422.
- Kettunen, P. (2009b). *Agile Software development in large-scale new product development organization: team-level perspective*, Dissertação de doutoramento, Helsinki University of Technology, Finland.
- Kidd, P. (1994). *Agile Manufacturing. Forging New Frontiers*. Wokingham, AddisonWesley
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*, Technical Report No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, Stanford University.
- Koskela, L. (2004). *Making-do - The Eighth Category of Waste*, Proceedings of the 12th annual conference of ICGL, Dinamarca.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Espoo, VTT Building Technology
- Leal, L. (2008). *Uma Abordagem Ágil ao Gerenciamento de Projectos de Software Baseada no PMBOK Guide*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.
- Levy, M.; Hazzan, O. (2009). *Knowledge Management in Practice: The Case of Agile Software Development*. 31st International Conference on Software Engineering, Vancouver, Canadá.
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way fieldbook – 14 management principles from the world's greatest manufacturer*; Macgraw-Hill Companies.
- Macomber, Hal e Howell, Gregory A. (2003). *Linguistic Action: Contributing to the Theory of Lean Construction*, Proceedings of the 11th International Group for Lean
- Martins, J. (2009) *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos*, Dissertação de doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto
- Monden, Y. (1984). *Sistema Toyota de Produção*. Editora do IMAM, São Paulo.
- Montgomery, J. and Levine, L. (1996). *The Transition to Agile Manufacturing. Staying Flexible For Competitive Advantage*. Milwaukee, ASQC Quality Press
- Narasimhan, R.; Swink, M.; Kim, S. W. (2006). *Disentangling Leanness and agility: An empirical investigation*. Journal of Operations Management, vol. 24, issue 5, pag. 440-457.

- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre, Editora Bookman.
- Ohno, Taiichi. (1988). *Toyota production system*. Productivity Press, Cambridge, Reino Unido.
- Owen, R.; Koskela, L. (2006). *An Agile Step Forward in Project Management*. 2nd Specialty Conference on Leadership and management in construction, Grand Bahama Island, Bahamas.
- Owen, R.; Koskela, L.; Henrich, G.; Codinhoto, Ricardo; (2006). *Is Agile Project Management Applicable to construction?* Proceedings of the 14th annual conference of IGLC, Santiago, Chile.
- Revista Segurança, nº181 – *Tristes Estatísticas* – Edição Online publicada em 18 de Dezembro de 2007, consultada no dia 11 de Julho de 2011
- Roldão, V. (2005). *Gestão de Projectos – Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Control*, Edição MONITOR – Projectos e Edições, Lda. Lisboa
- Saurin, T. (1997). *Método para diagnóstico e directrizes para planeamento de canteiro de obras de edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidades Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SEI. (2006). *CMMI® para Desenvolvimento – Versão 1.2 – melhoria de processos visando melhores produtos*. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Estados Unidos da América
- SEI. (2008). *CMMI® or Agile: Why not embrace both!*. Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Estados Unidos da América
- Sharifi, H.; Zhang, Z. (1999). *A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: An introduction*. International Journal of production Economics, vol. 62, issue 1-2, pag. 7-22.
- Sharp, J.M.; Irani, Z.; Desai, S. (1999). *Working towards Agile manufacturing in the UK industry*. International Journal of production Economics, vol. 62, issue 1-2, pag. 155-169.
- Strode, D. (2005). *The Agile Methods: An Analytical Comparison of Five Agile Methods and an Investigation of Their Target Environment*. Dissertação de mestrado, Massey University, New Zealand.
- Timóteo, M. (2007). *Método de Gestão Ágil de Projectos e Construção*, Dissertação de mestrado, Instituto Superior Técnico, Portugal.
- Turk, D.; France, R.; Rumpe, B. (2004). *Assumptions Underlying Agile Software Development Processes*. Journal of Database Management, vol. 16, issue 4, pag. 62-87.
- Vásquez-Bustelo, D.; Avella, L. (2006). *Agile manufacturing: Industrial case studies in Spain*. Tecnovation, vol. 26, issue 10, pag. 1147-1161.
- Vrijhoef, R. e Koskela, L. (2005a). *Revisiting the Three Peculiarities of Production in Construction*. Proceeding of IGLC'13 Conference, Sydney, Austrália.
- Womack, J.P. e Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon and Schuster, Nova Iorque, EUA.
- Womack, J.P, Jones, DT e Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Rawson Associates, New York, EUA.

Yusuf, Y.Y.; Sarhadi, M.; Gunasekaran, A. (1999). *Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes*. International Journal of production Economics, vol. 62, issue 1-2, pag. 33-43.

Sítio da internet (<http://www.sei.cmu.edu/>) 2 de Julho de 2011

Sítio da internet (<http://www.pmi.org/>) 13 de Julho de 2011

Sítio da internet (<http://www.ipma.ch/Pages/default.aspx>) 13 de Julho de 2011