

# **LEAN CONSTRUCTION**

## Proposta de Metodologia de Avaliação de Projetos de Construção

**JORGE MANUEL FONSECA PINTO**

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

---

Orientador: Professor Doutor Jorge Manuel Fachana Moreira da Costa

---

Coorientadora: Doutora Isabel Maria Noronha de Resende Horta e  
Costa

JULHO DE 2012

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto: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](mailto: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 - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

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.

À minha mãe e à Joana

*Algumas pessoas vêm as coisas como elas são e dizem, porquê?*

*Eu sonho coisas que nunca existiram e digo, por que não?*

*George Bernard Shaw*

## **AGRADECIMENTOS**

Devo manifestar os meus agradecimentos a todos aqueles que diretamente ou indiretamente colaboraram na execução desta dissertação.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Moreira da Costa que me acompanhou de forma competente e profissional desde o início desta dissertação, proporcionando orientação e discussão de ideias fundamentais para o desenrolar deste trabalho.

Agradeço também a colaboração do representante da AICCOPN, Dr. Paulo Lobo, no contributo prestado na angariação de dados para o estudo das empresas portuguesas.

À minha mãe, por todo o sacrifício na realização dos meus sonhos e pelo incentivo transmitido ao longo do meu percurso académico.

Ao Alípio por contribuir com grandes trocas de ideias ao longo desta amizade.

À Joana por todo o companheirismo, compreensão e sacrifício em todos os momentos e circunstâncias.



## RESUMO

A construção em Portugal encontra-se numa fase de adaptação à nova realidade económica, sendo fundamental a adoção de novos mecanismos de produtividade que permitam a sobrevivência das empresas. A utilização de novas ferramentas de produtividade e métodos de controlo são a opção lógica para garantir a vantagem competitiva com a restante indústria da construção.

Os métodos de produção vêm sendo modificados em muitas indústrias de transformação, sendo implementados sistemas que limitam a existência de erros e desperdícios ao longo do percurso de produção. Essas indústrias encontram-se circunscritas a fábricas e conseguem implementar sistemas de controlo eficientes que definem qualquer processo com exatidão e posteriormente controlam a sua execução. Na construção foram adaptados esses métodos de *Lean Thinking*, através da variante *Lean Construction*.

A aplicação do método *Lean Construction* possui todas as características necessárias de produtividade e controlo, mostrando-se como um método completo na demonstração de como aplicar eficiência às atividades já existentes nas empresas. A utilização de novas ferramentas permite diminuir a variabilidade de comportamento das várias entidades envolvidas e na utilização dos vários recursos.

Neste trabalho desenvolveu-se um método de avaliação de projetos que em conjunto com o método *Lean Construction*, permite a seleção por parte das empresas de quais os projetos que devem executar e controlar a sua execução. Essa seleção permite a escolha de projetos em que o histórico da empresa demonstra grande eficiência, com grande qualidade de execução e baixos custos de produção. Em conjunto com a aplicação dos métodos *Lean*, a empresa fica em condições vantajosas na competitividade com o resto da indústria da construção.

**PALAVRAS-CHAVE:** desperdício, pensamento lean, construção, Lean Construction, avaliação de projetos de construção.



## **ABSTRACT**

The building construction in Portugal is in a phase of adaptation to the new economic reality, it is fundamental the adoption of new mechanisms that enable productivity to business survival. The use of new productivity tools and methods of control are the logical choice to ensure competitive advantage with the rest of the construction industry.

Production methods have been modified in many processing systems industries being implemented to limit the existence of errors and waste along the path of production. These industries are confined to factories and can implement effective monitoring systems that define any process accurately and subsequently monitor their implementation. In the construction was adapted these methods of Lean Thinking, transforming it in the Lean Construction variant.

The application of Lean Construction has all the features necessary for productivity and control, showing itself as a complete method of showing them how to effectively implement existing activities in companies. The use of new tools allows the various entities involved to reduce the variability of behaviour to the various resources.

In this work a method for evaluating projects in conjunction with the Lean Construction, allows selection by firms of which projects should they implement and monitor their construction. This selection allows the choice of projects in the history of the company, in which they showed great efficiency with great execution quality and low production costs. In conjunction with the application of Lean methods, the company is on favourable terms in competitiveness with the rest of the construction industry.

**KEYWORDS:** waste, lean thinking, construction, lean construction, evaluation of construction projects.





## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. APRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DA DISSERTAÇÃO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.3. INVESTIGAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO .....	3
1.4. HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL .....	4
1.5. PROJETOS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO .....	5
<b>2. METODOLOGIAS DE PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA</b> .....	7
2.1. PRODUÇÃO EM MASSA .....	7
2.2. TOYOTA PRODUCTION SYSTEM .....	9
2.3. DESPERDÍCIO NA PRODUÇÃO .....	11
2.3.1. SUPERPRODUÇÃO .....	11
2.3.2. TEMPO DE ESPERA .....	11
2.3.3. TRANSPORTE .....	12
2.3.4. EXCESSO DE PROCESSAMENTO .....	12
2.3.5. INVENTÁRIO .....	12
2.3.6. MOVIMENTO .....	12
2.3.7. DEFEITOS .....	12
2.4. JUST-IN-TIME .....	13
2.5. JIDOKA .....	14
<b>3. LEAN THINKING</b> .....	15
3.1. PENSAMENTO LEAN .....	15
3.2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS .....	15
3.3. INTERVENIENTES .....	18
3.4. CONCEITOS EXISTENTES .....	20

<b>4. LEAN CONSTRUCTION</b> .....	23
<b>4.1. A CONSTRUÇÃO COMO INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO</b> .....	23
<b>4.2. FERRAMENTAS LEAN APLICADAS À CONSTRUÇÃO</b> .....	25
4.2.1. CONSUMIDOR FINAL VS CONSUMIDOR INTERNO .....	26
4.2.2. PRODUCT PULL .....	26
4.2.3. VALOR .....	28
4.2.4. FLUXO DE VALOR .....	29
4.2.5. TRANSFORMAÇÃO, FLUXO E VALOR .....	30
4.2.6. HEIJUNKA .....	32
4.2.7. ENGENHARIA SIMULTÂNEA .....	34
4.2.8. JIDOKA .....	35
4.2.9. TAKT-TIME .....	36
4.2.10. EQUIPAS DE TRABALHO .....	36
4.2.11. PROCESSOS CÍCLICOS .....	37
4.2.12. POKA-YOKE .....	38
4.2.13. STANDARD OPERATING PROCEDING DOCUMENTS .....	39
4.2.14. KANBAN .....	41
4.2.15. 5S .....	43
4.2.16. TOTAL QUALITY MANAGEMENT .....	46
4.2.17. 5W2H .....	47
4.2.18. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE .....	48
4.2.19. KAIZEN .....	48
<b>5. GESTÃO NA CONSTRUÇÃO</b> .....	49
<b>5.1. MUDANÇA DE CONCEITO</b> .....	49
<b>5.2. CONCEITOS DE GESTÃO</b> .....	50
<b>5.3. AGENTES DE MUDANÇA</b> .....	50
<b>5.4. LAST PLANNER SYSTEM</b> .....	51
<b>5.5. PDCA</b> .....	56
<b>5.6. EARNED VALUE MANAGEMENT</b> .....	57
<b>5.7. INDICADORES DE DESEMPENHO</b> .....	62
<b>5.8. BENCHMARKING</b> .....	64
<b>5.9. MODELO DE GESTÃO LEAN APLICADO À CONSTRUÇÃO</b> .....	68

<b>5.10. FUNCIONAMENTO EMPRESARIAL</b> .....	68
<b>5.11. GESTÃO DE RECURSOS</b> .....	69
5.11.1. MÃO-DE-OBRA.....	69
5.11.2. EQUIPAMENTOS.....	70
5.11.3. MATERIAIS.....	71
<b>6. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO</b> .....	73
<b>6.1. AVALIAÇÃO DE PROJETOS</b> .....	73
<b>6.2. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO</b> .....	74
6.2.1. FLUXO DE NEGÓCIOS.....	74
6.2.2. FLUXO DE PROJETO.....	75
6.2.3. FLUXO DE FORNECEDORES.....	75
6.2.4. FLUXO DE OBRA.....	75
6.2.5. ORGANIZAÇÃO DOS FLUXOS.....	76
<b>6.3. CÁLCULO DE AVALIAÇÃO</b> .....	78
<b>7. CONCLUSÕES</b> .....	81
<b>ANEXOS</b> .....	



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Acidentes de trabalho.....	2
Fig.2 – Alojamentos por família.....	4
Fig.3 – Comparação PIB nacional e da construção.....	5
Fig.4 – Processo de produção .....	7
Fig.5 – Linha de montagem da Ford Motor Company .....	8
Fig.6 – Linha de montagem da Toyota Motor Company.....	10
Fig.7 – Os sete desperdícios pela metodologia <i>Lean</i> .....	11
Fig.8 – Pilares da Toyota Production System .....	14
Fig.9 – Princípios fundamentais Lean.....	15
Fig.10 – Melhoria da Performance nos vários métodos abordados .....	18
Fig.11 – Exemplo de organização empresarial.....	18
Fig.12 – Evolução progressiva de eliminação de atividades sem valor.....	19
Fig.13 – Os inventários encobrem as ineficiências das empresas.....	21
Fig.14 – Hierarquia de atividades.....	24
Fig.15 – Conjunto de processos para execução de obras.....	25
Fig.16 – Organização do fluxo na linha de valor.....	29
Fig.17 – Gestão tripartida da construção .....	31
Fig.18 – Planeamento tradicional vs Planeamento nivelado .....	33
Fig.19 – Nivelamento acumulado de trabalho.....	33
Fig.20 – Processo escalonado vs Processo iterativo.....	35
Fig.21 – Conceito de trabalho de equipa .....	37
Fig.22 – Processo ciclico de Estruturas em Betão Armado.....	38
Fig.23 – Conceito de previsão de defeitos - Poke-Yoke.....	38
Fig.24 – Documento de procedimento operacional padrão .....	40
Fig.25 – Quadro <i>kanban</i> .....	42
Fig.26 – <i>Kanban</i> de transporte de materiais .....	43
Fig.27 – Os 5 sentidos .....	44
Fig.28 – Mudança de conceitos de equipa .....	50
Fig.29 – Processo de planeamento centrado no papel do Last Planner .....	52
Fig.30 – Cronograma com Percentagem de Planeamento Concluído .....	53
Fig.31 – Modelo de definição qualidade nas atividades .....	54

Fig.32 – Método Last Planner aplicado à empresa Norlabor – Engenharia e Construção S.A. ....	56
Fig.33 – EVM - Parâmetros de custo e prazo ao longo de uma obra .....	59
Fig.34 – EVM - Variações dos parâmetros em relação ao orçamento planejado.....	60
Fig.35 – EVM - Previsão do planejamento atual de custo e prazo .....	61
Fig.36 – Ciclo de ausência de indicadores de desempenho.....	64
Fig.37 – Benchmarking da liquidez geral (%) das empresas de construção .....	65
Fig.38 – Estaleiro de Obras.....	69
Fig.39 – Equipamentos para construção civil.....	71
Fig.40 – Nivelamento de transporte .....	72
Fig.41 – Exemplo de folha de indicador .....	77
Fig.42 – Correspondência das Fases com os fluxos .....	78

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 – Evolução dos alojamentos em Portugal.....	27
Tabela 2 – A produção integrada numa visão TFV.....	31
Tabela 3 – Interação entre os fenómenos abrangidos por diferentes conceitos de produção.....	32
Tabela 4 – Etapas para aplicação de kaizen através do método PDCA .....	57
Tabela 5 – Indicadores de desempenho.....	63
Tabela 6 – Aplicação dos diferentes tipos de benchmarking.....	67
Tabela 7 – Indicadores de desempenho por fluxo de construção .....	76
Tabela 8 – Cálculo do Índice de Desperdício (ID) .....	79





## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

CPM – *Critical Path Methode* (Método do Caminho Crítico)

GPRI – Gabinete de Planeamento Estratégico e Relações Internacionais

IGLC- International Group for Lean Construction

INCI – Instituto da Construção e do Imobiliário

INE – Instituto Nacional de Estatística

JIT – Just-in-Time

LC- Lean Construction

LCI – Lean Construction Institute

LOB – Line of balance (Linha de Balanço)

LPS – Last Planner System

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

PIB - Produto Interno Bruto

PPC – Percentage Plan Complete (Percentagem de Plano Concluído)

TFV – Transformation, Flow and Value (Transformação, Fluxo e Valor)

TPM – Total Productivity Maintenance

TPS – Toyota Production System

TQM – Total Quality Management



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DA DISSERTAÇÃO

A construção é uma indústria essencial para o desenvolvimento de qualquer país, pelas suas grandes obras tais como, as vias de comunicação rodoviárias e ferroviárias, que possibilitam o acesso entre localidades, as pontes e viadutos, que permitem ultrapassar barreiras naturais ou pelos eventos que torna possíveis, como a Exposição Internacional de Lisboa de 1998 ou o Europeu de Futebol de 2004, que publicitam além-fronteiras o país. Proporciona ainda as condições básicas de saúde, conforto e comodidade que em cada habitação hoje em dia são essenciais.

As utilizações acima mencionadas são apenas alguns exemplos que comprovam que a construção é um ponto fulcral que atesta o crescimento e desenvolvimento de um país.

Apesar da importância desta indústria, a construção continua a padecer de problemas bem conhecidos, entre os quais o da baixa produtividade, mão-de-obra não especializada, falta de condições de segurança, assim como de vários problemas de interligação dos diferentes projetos e muitas vezes a impossibilidade de aplicação de conceitos teóricos em obra. Estes problemas incidem principalmente na impossibilidade de condicionar e padronizar as tarefas pois cada projeto é diferente em vários aspetos. Desses aspetos destaca-se a diferente localização de cada projeto, a mudança de intervenientes (projetistas, fornecedores, etc), entre outras condicionantes que acabam por classificar cada projeto de construção como um protótipo.

Todas estas questões condicionam ainda os intervenientes em todo este processo, que devido à variabilidade existente em cada projeto, torna muito frágil a missão de cooperação a longo prazo por parte de trabalhadores e fornecedores. Esta problemática acentua os problemas de segurança, baixa produtividade, materiais inadequados ou de qualidade insatisfatória e erros de execução nas obras, assim como dificulta a própria gestão e previsão de problemas inerentes à execução.

Na figura 1 é perceptível como os acidentes de trabalho são frequentes na construção, numa média de 22 por cada 100 acidentes profissionais, de 2000 a 2008. É um dado alarmante que traduz as características inerentes a uma indústria única nas suas características, assim como demonstra a dificuldade de diminuição do risco existente na sua atividade.

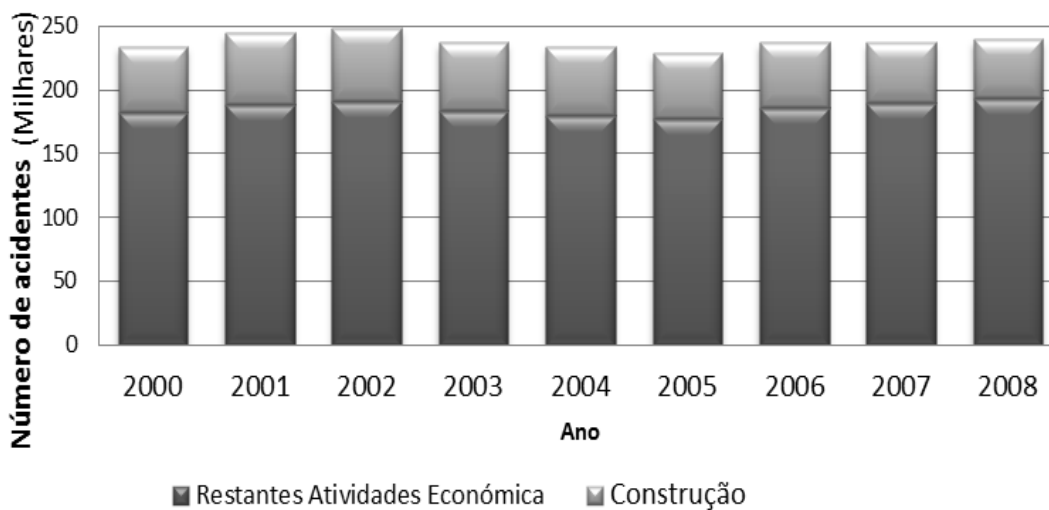


Fig.1 - Acidentes de trabalho - 2000 a 2008  
 Fonte: Gabinete de Estratégia e Planeamento, MSSS (2011)

Nota:

Define-se como restantes atividades económicas: Agricultura, prod. animal, caça e silvicultura; pesca; indústria extrativa; indústria transformadora; prod., distrib. e distrib. de eletricidade, gás e água; comércio grosso e retalho; rep. veic., mot. e bens de uso pessoal e doméstico; alojamento e restauração; transportes, armazen. e comunicações; atividades financeiras, ativ. imob., alugueres e serv. prestados às empresas, admin. pública, defesa e seg. social obrigatória, educação, saúde e ação social, outras atividades de serviços coletivos, sociais e pessoais; famílias com empregados domésticos; organizações internas e inst. extraterritoriais.

Nas restantes indústrias torna-se possível recorrer a correções a montante dos problemas, uma vez que estas dispõem de um sistema de produção contido e limitado, permitindo o controlo de segurança e de qualidade de toda a mão-de-obra, equipamentos e matéria-prima. Por terem a cargo a criação/transformação de um produto durante anos, os níveis de qualidade e produtividade podem ser aperfeiçoados para a mesma utilização num mesmo local e com os mesmos intervenientes. Nas indústrias de fábrica fixa, habitualmente existe uma menor variabilidade dos fatores mão-de-obra, equipamento, fornecedores, etc., mas na indústria da construção possuem maior grau de incerteza, uma vez que o próprio local de intervenção é o produto que está a ser criado.

Esta variabilidade condiciona de uma forma importante a aplicação ou até mesmo adaptação de uma qualquer metodologia industrializada, porque qualquer conversão “cega” para a indústria da construção seria um erro de grandes proporções e com efeitos mais negativos do que evolutivos.

A aplicação de novas metodologias é essencial para a natural evolução das indústrias, mas na construção, em que se trabalha muitas vezes de uma forma ainda muito tradicional, quase artesanal, é ainda de maior importância a definição de conceitos que permitam uma adaptação da construção e a coloquem em pé de igualdade ou até mesmo proporcione uma vantagem no mercado global.

No presente atravessamos uma crise financeira, esta mudança pode ser fundamental para enfrentar esta situação que abrange em larga escala o mundo e que no contexto português, pôs a descoberto muitas das fragilidades económicas das várias indústrias, sendo a construção uma das mais afetadas. Consequentemente torna-se necessária uma análise de base de quais as escolhas erradas das empresas deste setor, que nos trouxe à realidade existente neste momento em Portugal.

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a caracterização do processo desenvolvido pelas empresas de construção na seleção de projetos a executar, assim como, demonstrar quais as especificidades que a construção tem em relação às restantes indústrias de produção.

Serão abordadas questões relacionadas com o processo construtivo de modo a demonstrar quais os critérios possíveis de seleção, assim como, relacionar as várias metodologias já implementadas e as possíveis evoluções em estudo.

Para a utilização destas metodologias, identifica-se conceitos baseados na indústria automóvel (*Lean Production*), a metodologia *Lean Construction*. Serão apresentadas as bases conceptuais das diferentes metodologias, relacionando as especificidades de cada indústria e caracterizando quais as aconselháveis para a indústria da construção.

Através destas metodologias criam-se bases de fundamentação da gestão e disciplina de trabalho que visam não só, uma organização do ponto de vista empresarial, mas também uma avaliação transversal que abranja o ponto de vista técnico de gestão e direção da obra, assim como de fornecimento de materiais e execução de obra.

Por último, pretende-se criar um método de avaliação de projetos que demonstre as características das empresas e como podem escolher projetos de forma sustentada.

## 1.3. INVESTIGAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho aborda alguns dos conceitos de *Lean Thinking*, de forma a caracterizar a sua aplicação ao contexto da construção em Portugal. Pretende uma visão muito própria e que procura enquadrar de forma prática a maximização dos recursos com o objetivo de evitar o desperdício.

O estudo desenvolve-se através de uma revisão bibliográfica de vários trabalhos de desenvolvimento sobre os benefícios do conceito *Lean* nas indústrias de produção em fábrica e das tentativas que têm vindo a ser feitas para a sua aplicação na indústria da construção. Estes trabalhos procuram definir conceitos de gestão e planeamento através da comparação das indústrias e definir os parâmetros coincidentes que possam contribuir para um aumento da eficiência, produtividade e segurança na construção.

A dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos que introduzem e desenvolvem os conceitos *Lean*, restringindo em cada capítulo a aplicação à construção civil. No capítulo 1 é descrito qual o contexto atual da indústria em Portugal e qual a tendência de escolha das empresas de construção. Nos capítulos 2 e 3 demonstra-se qual a evolução histórica da produção e quais são as condicionantes que instigaram a aplicação de novas formas de produção, assim como o desenvolvimento de toda uma filosofia de eliminação dos desperdícios provocados ao longo do percurso de produção. O capítulo 4 introduz os conceitos *Lean* mais relevantes que podem ser aplicados à indústria da construção, demonstrando alguns exemplos de aplicação e quais os contextos de utilização em obra. No capítulo 5 são introduzidas os conceitos mais orientados para a administração e gestão das ferramentas como da estrutura empresarial em si, descrevendo como podem ser coordenadas com os conceitos de obra e o modelo de gestão que pode ser vantajoso para a maior eficiência do conjunto. No capítulo 6 é descrita a proposta de avaliação de projetos que produz um método de quantificação da capacidade de uma empresa executar determinado projeto, sendo considerada uma ferramenta de eliminação de projetos que estejam fora da capacidade produtiva da empresa e/ou dos seus intervenientes. Os anexos contêm

os indicadores da proposta de avaliação com todas as suas características e aplicações identificadas. O capítulo 7 conclui o trabalho com o resumo dos resultados obtidos.

#### 1.4. HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

Durante muitos anos a indústria esteve limitada no seu desenvolvimento, no entanto nos finais de 1980, com a adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE) surgiram novas oportunidades de investimento e crescimento económico. Houve investimentos públicos em infraestruturas e serviços públicos e a confiança dos privados acompanhou com o crescimento habitacional e os investimentos crescentes em indústria e comércio.

Este comportamento levou, por exemplo, que a habitação tenha alcançado um excedente habitacional, acima da média europeia (fig.2). Estes investimentos criaram instabilidade económica, com a diminuição da liquidez das empresas devido a apostas exclusivas em mercados excedentes.

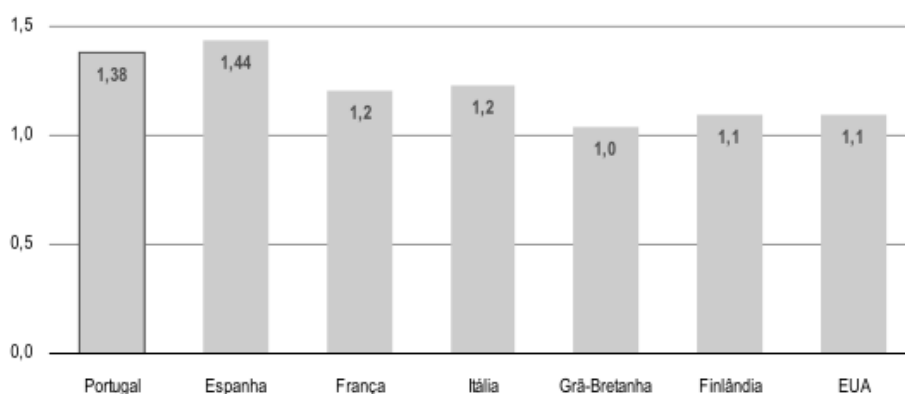


Fig.2 – Alojamentos por família - 2001  
Fonte: Gabinete de Estratégia e Planeamento, INE (2001)

Atualmente os valores de alojamento por família em Portugal encontram-se com valores de referência de 1,45 habitações por família, existindo 734846 alojamentos familiares que se encontram na situação de vagos (designadamente para venda e/ou arrendamento) – INE (2012).

Com o contágio a Portugal da crise económica global, os restantes investimentos sofreram também um decréscimo. Após análise cuidada é possível observar através dos dados nacionais que a construção portuguesa comportasse como um barómetro da situação económica. Isto é, devido à grande influência económica e social da construção - representa 10% do total de empregos em Portugal - foi possível identificar que a confiança dos consumidores no investimento depende da conjuntura económica vivida no país (fig.3).

O impacto da crise foi ainda mais acentuado porque os investimentos públicos seguiram a mesma tendência dos privados e foram diminuindo, deixando muito pouco mercado comercial para uma representatividade tão grande desta indústria.

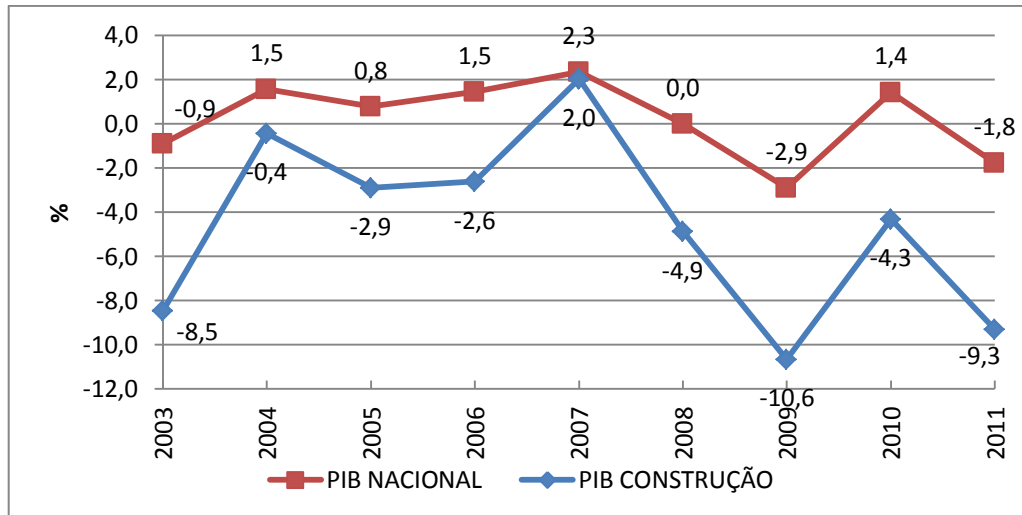


Fig.3 – Comparação PIB nacional e da construção  
Adaptado: INE, PORDATA (2012)

Nota:

Os dados referentes aos anos de 2010 e 2011 encontram-se em versão provisória.

Estas circunstâncias foram o culminar de um contínuo de opções incorretas, que uma grande parte da indústria tomou devido às decisões não fundamentadas de investimento. Com o crescimento económico exponencial que se havia verificado, a indústria teve um comportamento de investimento contínuo sem sustentação, levando a que muitos dos indicadores de comportamento estudados ao longo dos anos tenham sido ignorados.

### 1.5. PROJETOS EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO

As empresas de construção têm uma importância preponderante em toda a indústria da construção, não só pelo seu papel óbvio de concretizar os projetos por si só, mas também com a crescente exigência para os concretizar em prazos de execução cada vez mais curtos, com crescentes níveis de qualidade e a custos cada vez mais reduzidos.

O papel das empresas vai no entanto muito além de definir simplesmente a forma de execução de projetos, existe toda uma imensidão de processos paralelos que são necessários para uma correta execução dos projetos. Esses processos paralelos devem-se ao fato de que cada projeto por si só, ser numa definição concreta, um protótipo, uma vez que, por mais que sejam aplicados os mesmos pressupostos ou repetido o próprio projeto, as diferenças geológicas, topográficas ou meteorológicas podem condicionar a aplicação do processo em igualdade de circunstâncias.

Além destas condicionantes, existem a habitual distância geográfica entre projetos que condicionam a movimentação de equipas executantes e o fornecimento de material, assim como a deslocação das equipas técnicas que supervisionam e orientam a aplicação dos pressupostos de projeto.

As especificidades criam em cada projeto a necessidade de conseguir avaliar de raiz quais os fatores que condicionam as condições que determinada empresa tem para executar uma obra, de modo a cumprir todas as limitações de qualidade, prazos e tendo no final os lucros para a subsistência da empresa em si.



A tarefa empresarial tem muitas vezes sido descurada, ocorrendo esta avaliação muitas vezes a “sentimento”, a partir da experiência dos técnicos ou empresários da empresa ou do valor estimado da obra. Tal metodologia tem produzido resultados muito desfavoráveis, uma vez verificando-se que a maior parte das empresas com as crescentes dificuldades económicas acabam por tentar executar obras para as quais estão limitados.

Para o aumento qualitativo das avaliações são necessárias abordagens que acompanhem a evolução acelerada do mercado comercial, enquadrando cada empresa num sistema flexível que promova o método científico de observação e que reaja de forma adequada a mudanças. A melhor forma de tornar possível esta solução é através da importação de metodologias que comprovadamente funcionam e que introduzem uma vertente de produtividade e eficiência que posteriormente possa ser adaptada à construção.

## 2

**METODOLOGIAS DE  
PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA****2.1. PRODUÇÃO EM SÉRIE - FORD MOTOR COMPANY**

A grande revolução da produção em fábrica foi alcançada através da produção em série; esta grande evolução nos sistemas fabris foi desencadeada por Henry Ford na *Ford Motor Company*. A partir de um sistema de criação e montagem manual de automóveis (sistema artesanal), foi desenvolvido um sistema de alta eficiência, com grandes volumes de produtos concluídos num curto espaço de tempo. Este processo possibilitou custos menores em cada unidade e permitindo a baixa de preços para o consumidor. Apesar da linha de montagem ter sido criada por Ransom Eli Olds, a evolução introduzida por Henry Ford tornando-a móvel fez todo o impacto na real evolução dos sistemas de montagem automóvel. Mas esta evolução não se resume apenas a esta metodologia de montagem e aos benefícios comerciais resultantes, Henry Ford nesse momento potencializou paralelamente a especialização de vários fornecedores em cada componente, possibilitando não só reproduzir um produto mais rapidamente, mas também um produto de características e comportamento semelhantes, o que não seria possível num sistema artesanal.

A importância deste conceito vai muito além da simples linha de montagem, pois caracteriza a importância de fluxo de processos (fig. 4) até à conclusão de um produto, onde a especialização é fundamental para que toda a matéria-prima passe por várias transformações e adaptações que se enquadrem na montagem final do sistema.

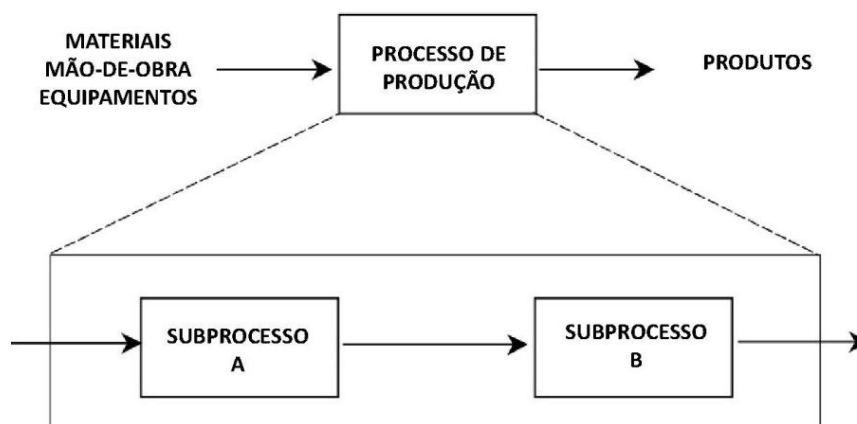


Fig. 4- Processo de Produção  
Fonte: Koskela (1992)

A linha de montagem representava a principal preocupação do sistema de produção, identificando as tarefas e recursos existentes nos processos. Estes processos ocorriam aceitando a variabilidade de qualidade dos produtos e matérias-primas que chegavam à linha de montagem, uma vez que a existência permanente de uma certa percentagem de defeitos já fazia parte integrante deste sistema. Outro dos processos aceites eram os trabalhos extra - trabalho adicional à criação do produto – que se executavam no final da linha de montagem, reverificando a qualidade ou simplesmente reparando os defeitos detetados. Esta é uma atividade natural e considerada inevitável no sistema de produção em série.

Na classe operária, a maioria dos trabalhadores envolvidos não precisavam de possuir grandes conhecimentos técnicos, uma vez que efetuavam tarefas simples e repetitivas (fig. 5) de pouca valência técnica. Na realidade não era necessário muito mais do que estas características para os trabalhos realizados, visto o produto e as tarefas serem processo repetitivos. A necessidade de poucos conhecimentos técnicos por parte dos trabalhadores proporcionava à empresa a liberdade de trocar de trabalhadores sem atrasos na linha de montagem, visto as tarefas serem simples de aprender e executar pelos novos trabalhadores. Apesar desta facilidade, verificava-se uma grande variabilidade, uma vez que, só era inspecionada a conformidade da qualidade do produto no final da linha de montagem. Muitas vezes a reparação e/ou substituição das matérias-primas, produtos de subprocessos ou equipamentos ocorria apenas no final da montagem, criando uma atividade complementar de reparação (duplicação de trabalho) do produto final para a venda e ainda um atraso no tempo de produção. Esta operação complementar possui muitas dificuldades em identificar quais as fases do processo que realmente ocorria o defeito, o que levou a que o planeamento simplesmente passasse a considerar a existência de uma quantidade de defeitos como parte inseparável do processo.



Fig.5 – Linha de montagem da Ford Motor Company  
Fonte: John Unger Zussman (2011)

Esta situação era possível devido à falta de qualificação por parte da classe trabalhadora da própria linha de montagem que devido às regras liberais de contratação tornava possível que os quadros de empresa pudessem ser dispensados ou contratados sem qualquer limitação legal.

O conceito criado por Henry Ford no início do século XX foi de uma grande importância e mudou muitos dos conceitos atuais de produção, mas padece de um grande problema que é a imutabilidade do produto ao longo de toda a linha de produção que apenas possibilita a identificação dos defeitos e problemas a jusante do local de montagem, prevendo mesmo uma percentagem de defeitos que ocorrerão ao longo da montagem.

Em síntese a Produção em Massa tem como principais características:

Condições de funcionamento

- Linha de produção em série;
- Posição fixa dos trabalhadores – monotarefa;
- Grandes stocks (inventários);
- Produto fixo – transições lentas.

Condições de trabalho

- Mão-de-obra não especializada;
- Contratos temporários.

Tal metodologia de trabalho ainda hoje é aplicada e neste contexto tenta prever as necessidades de mercado ao produzir produtos de modo a potenciar consumidores por ser um sistema do tipo *Push* (empurrado). Este processo idealiza que parta do produtor a definição do produto, que essa definição satisfaça a maior parte das necessidades de mercado nesses segmentos e que a produção em grandes quantidades torne o produto acessível ao consumidor por globalizar a sua utilização. O sistema aplicado funcionou devido à abundância de recursos naturais e à pouca competitividade no mercado automóvel que se verificou durante dezenas de anos.

## **2.2. TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (TOYOTA MOTOR COMPANY)**

Os conceitos criados e aplicados na Ford Motor Company, tal como foi mostrado no ponto anterior, possuíam um contexto de abundância de materiais e fraca competitividade do produto final, tal contexto não era partilhado noutras partes do mundo, como no caso do Japão no pós II Guerra Mundial.

O Japão encontrava-se durante esse período, em condições muito debilitadas social e financeiramente. Houve então, por parte da família Toyoda, principalmente de Kiichiro Toyoda, a vontade de iniciar com a sua família o que parecia ser um negócio de futuro, devido não só ao retorno de capital, mas também à importância e aplicabilidade do automóvel nas mais variadas vertentes da sociedade. Kiichiro, engenheiro de formação, visitou várias vezes as principais fábricas automóveis americanas e aprendeu os conceitos da produção em massa. Devido às condições diferentes do meio produtivo, acabou por chegar à conclusão que apesar das técnicas de produção em massa serem um conceito inovador, não poderiam ser aplicadas diretamente no Japão. Referiu então sobre as técnicas aplicadas nas fábricas americanas: "*Não iremos copiá-las. Usaremos nossa própria pesquisa e criatividade para desenvolver um método de produção que se adapte à situação do nosso país*".

A concretização deste objetivo deu origem à Toyota Motor Company (fig.6), criada por Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda (filho de Sakichi Toyoda), Eiji Toyoda (primo de Kiichiro), com a colaboração de Taiicho Ohno, engenheiro-chefe da empresa e Shigeo Shingo, que desenvolveu muitos dos conceitos.

Taiichi e Shigeo desenvolveram mesmo o que viria a ser conhecido como o *Toyota Production System* (TPS) - Sistema de Produção da Toyota - metodologia fundamental para a definição que mais tarde seria apelidada no livro *A máquina que mudou o mundo* -Womack et al. (1990) de *Lean Production*.



Fig.6 – Linha de montagem da Toyota Motor Company – 1952  
Fonte: Margaret Bourke-White (2012)

Os conceitos da *Lean Production* apesar de se fundamentarem em muitos dos pressupostos da produção em massa, aplicam o conceito de diminuição ou mesmo eliminação de todo e qualquer desperdício de recursos.

Tal como na produção em massa, muitos dos fatores foram condicionados pela realidade económica do país, por outro lado no caso da Toyota, os contratos dos trabalhadores eram a longo prazo com condições vinculativas à empresa. A opção escolhida passou, não só pela formação dos seus trabalhadores com o objetivo de se especializarem e efetuarem mais do que uma tarefa – habitualmente tarefas consecutivas – o que possibilitou a realização não só das referidas tarefas, mas também porque tratando-se de trabalhadores especializados, efetuavam no momento da montagem a verificação de qualidade e manutenção do equipamento.

O vínculo à empresa culminou ainda na realização de tarefas de formas mais eficientes ao longo do tempo, não só pelo aumento da experiência na execução dos trabalhos, mas também pelo envolvimento dos trabalhadores no planeamento das suas tarefas, uma vez que os trabalhadores continuavam na empresa durante muitos anos e dominavam os processos de execução.

Em síntese a *Lean Production* tem como principais características:

#### Condições de funcionamento

- Linha de produção em série;
- Posição fixa dos trabalhadores – trabalhadores multidisciplinares;
- *Stocks* residuais (idealmente inexistentes);
- Produto variável – transições rápidas.

#### Condições de trabalho

- Mão-de-obra especializada;
- Contratos a longo prazo;
- Valorização das opiniões construtivas.

### 2.3. DESPÉRDICIO NA PRODUÇÃO

O principal conceito a ser eliminado com este método de trabalho é o desperdício 浪費 (*muda*), que por ser levado ao limite da gestão, fica definido pela existência de 7 desperdícios básicos (fig.7). A eliminação destes desperdícios prende-se com a lógica do *Just-in-time* (JIT) – mesmo a tempo (tradução livre), um conceito que é fundamental para que todos os recursos sejam disponibilizados praticamente no momento em que é necessária a sua utilização. Este conceito cria as bases para a eliminação dos 7 desperdícios básicos que por consequência da utilização imediata dos recursos e pela verificação de qualidade na montagem dos mesmos permite anteceder muitas das situações de defeitos que põem em causa a sua qualidade final.



Fig. 7 - Os sete desperdícios pela metodologia *Lean*

Estes conceitos têm a componente de serem interrelacionáveis, uma vez diminuindo um dos desperdícios os restantes por consequência ficam limitados no seu efeito, reforçando o conceito de funcionamento conjunto dos 7 desperdícios básicos.

#### 2.3.1. Superprodução

Este desperdício relaciona-se com a abundância de produto que pode não ser escoado devido à mudança de necessidades dos consumidores ou ainda por ser produzido com demasiada antecedência originando criação de stocks, movimento e transporte extra para o seu armazenamento. As principais consequências prendem-se com o consumo de matérias-primas com demasiada antecedência, a criação de stocks de matérias-primas, a necessidade de criação ou a ocupação dos meios de armazenamento existentes, a ocupação dos meios de transporte e a criação de tarefas extra de logística para o controlo e gestão de stocks (armazenamento), e ainda a mão-de-obra e equipamento para transporte. O nivelamento da produção de forma sustentada e solicitada pelo consumidor é descrito por *heijunka* (japonês), que define o sequenciamento nivelado de todas as tarefas desde a receção de materiais aos processos e consequentemente ao produto final.

#### 2.3.2. Tempo de espera

A espera de uma tarefa pode provocar um efeito em cadeia de inatividade de vários trabalhadores e desperdício de utilização de equipamentos, devido à sua interdependência e encadeamento. As causas

podem ser as mais variadas mas passam sempre pela deficiente execução, falta de materiais ou mão-de-obra, avarias nos equipamentos ou equipamentos inadequados para as tarefas em questão ou a ocorrência de uma das razões anteriores nos processos antecedentes.

### 2.3.3. Transporte

O transporte externo à empresa é fundamental para as deslocações de materiais e matérias-primas, mas o controlo deste fator pode ter benefícios em termos de custos, prazos e ainda conter grande variabilidade de problemas em deslocações de longo curso. Este processo, apesar de essencial pelo fornecimento de bens e serviços fundamentais, é um dos que não valoriza o produto em nenhum dos parâmetros porque por si só não cria valor para o produto.

Um outro tipo de transporte que para além de não valorizar o produto pode vir a ser condicionante é o transporte verificado no interior das empresas. Estes transportes são muitas vezes ignorados, mas representam uma parcela importante dos desperdícios internos que uma empresa despande em equipamento, mão-de-obra e recursos. Além dos desperdícios diretos existem recursos dedicados à gestão, planeamento de *stocks* e movimentação de produtos excedentes que precisam de armazenamento e espera para a sua utilização na linha de montagem ou comercialização.

### 2.3.4. Excesso de processamento

Qualquer processo pode ser sempre solucionado de modo mais eficiente, para isso é preciso que seja encarado de uma forma prática que possibilite a diminuição de etapas para a realização de uma tarefa. Esses processos padecem de informações pouco claras, nomeadamente no caso de tarefas pouco frequentes que possam causar atrasos de funcionamento e de transição entre etapas. A diminuição do processamento modifica o planeamento para um sistema de nivelamento de produção (*heijunka*), que por sua vez facilita os processos e diminui a ocorrência de atrasos, melhorando consequentemente a qualidade global do produto.

### 2.3.5. Inventário

A existência de inventários (*stocks*) implica custos acrescidos em área de fábrica e em movimentação dos recursos do produtor (como visto no desperdício de transporte), tanto para o armazenamento de produtos como para o posterior encaminhamento para o consumidor. Este parâmetro deve, quando possível, ser eliminado porque em vez de valor, produz capital parado e movimentação extra de produtos. Muitas empresas procuram ocultar o deficiente planeamento do conjunto de tarefas assim como o seu encadeamento com um excesso de inventário. Essa situação que se verifica muitas vezes em várias fases do trajeto de produção com o objetivo de minimizar os efeitos causados por defeitos, atrasos de execução ou de receção de materiais.

### 2.3.6. Movimento

Os movimentos internos dos trabalhadores, devem ser minimizados, ao disponibilizar em cada local de trabalho de todos os recursos que o trabalhador necessita para efetuar a sua tarefa sem esforço extra ou deslocações desnecessárias. As deslocações dos trabalhadores é um dos defeitos que mais desperdício causa nas restantes atividades pois aumenta os períodos de espera do restante encadeamento e muitas vezes esse mesmo desperdício é ocultado com a criação de *stocks* excessivos e muitas vezes desnecessários. Este processo implica a disponibilidade de equipamento e materiais no denominado posto de trabalho. Este defeito é um sintoma de excesso de superprodução ou de má organização do espaço, do equipamentos e/ou mão-de-obra.

### 2.3.7. Defeitos

O controlo de defeitos deve ser efetuado em primeiro plano para a satisfação do consumidor, mas também para que no decurso do processo de fabrico não ocorram defeitos ou incompatibilidades que

impossibilitem a concretização de tarefas subsequentes. Esta componente tem características transversais em praticamente todas as indústrias pois pode ser resultado de transporte, armazenamento inadequado, armazenamento prolongado ou deficiente qualidade no trabalho executado.

Em síntese, segundo Monden (1983), o sistema de produção da Toyota elimina elementos desnecessários durante a produção com o objetivo de reduzir custos. Esse objetivo é atingido através da produção das unidades necessárias, no tempo necessário e nas quantidades necessárias, tendo o sistema 3 objetivos secundários:

1. Controlo da quantidade, que proporciona ao sistema a adaptação às flutuações diárias e mensais em termos de quantidade e variedade;
2. Garantia de qualidade, que garante que cada processo irá fornecer apenas bons produtos aos processos subsequentes;
3. Respeito pela humanidade, que tem de ser cultivado, uma vez que o sistema utiliza a mão-de-obra para alcançar o objetivo de custos.

A filosofia adjacente a este método caracterizado pela *New Production System Research Association* – Shinohara (1988) tem como objetivo a procura de uma tecnologia de produção que utilize o mínimo de equipamento e mão-de-obra para produzir produtos sem defeitos no intervalo de tempo mais curto possível com a menor quantidade de desperdício de recursos. Pretende ainda considerar como desperdício todo o elemento que não contribua para a qualidade, preço ou prazo de entrega solicitado pelo consumidor, e que exista um esforço para eliminação de todo o desperdício através da preocupação da administração, investigação, desenvolvimento, produção, distribuição, gestão e todos os restantes departamentos empresariais. – Adaptado de “*The New Production Philosophy to Construction*”, Koskela (1992).

#### **2.4. JUST-IN-TIME**

O sistema *Just-in-time* é definido como a aplicação prática que sintetiza a filosofia e os objetivos para a tentativa de eliminação de qualquer desperdício durante um sistema de produção.

O método JIT agrega um conjunto de princípios que permitem o funcionamento sistemático de uma linha de montagem em série e permite a flexibilização da variedade de produtos, com a maior eficiência, garantindo a qualidade desde o início da produção. Este método distingue que não só a eliminação de cada fator (7 desperdícios) é importante para o conjunto, mas também partilha transversalmente características que são fundamentais para a limitação dos restantes fatores.

Segundo Taiichi Ohno (1997), este sistema permite que a linha de montagem rececione as partes necessárias para a manutenção do fluxo na linha de montagem, no momento e na quantidade necessária.

As implicações deste funcionamento definem que qualquer defeito detetado nos subprodutos será reparado ou substituído de uma forma praticamente instantânea, pois corresponde a material de utilização imediata. Na vertente do produtor, existe também um menor encargo, uma vez que a sua produção foi de quantidade reduzida e a substituição, reparação de produtos, materiais inadequados ou defeituosos implica menores encargos de prazos e custos. Este é um benefício mútuo entre empresas fornecedoras e de produção, devido à melhoria sistemática do encadeamento de tarefas que harmoniza a produção de ambas as indústrias e potencia o desenvolvimento e concretização dos produtos.

Os atrasos mais frequentes que ocorrem neste método têm tendência a acontecer na fase de implementação ou transição entre produtos, na qual nem os fornecimentos, nem a montagem se encontram sistematizados pelos seus intervenientes.



Os fornecimentos funcionam por sistema de entrega diretamente na linha de montagem permitindo uma utilização imediata e com a vantagem de não ser necessária a movimentação por parte dos trabalhadores para a recolha de produtos. A entrega dos produtos na linha de montagem dispensa a utilização de inventários que por sua vez envolveriam a disponibilidade de espaço e gestão de stocks, assim como todo um conjunto de atividades referentes à logística de armazenamento com a utilização de mão-de-obra para todas estas atividades extra.

A movimentação dos trabalhadores é também otimizada, além dos produtos estarem disponíveis junto à linha de montagem, os equipamentos também se encontram junto dos postos de trabalho, dispondo mesmo de ferramentas multidisciplinares que contemplam toda a atividade do trabalhador. São assim evitadas deslocações que fizessem a perda de eficiência e atrasos nas tarefas e processos subsequentes. A especialização dos trabalhadores possibilita também a personalização de cada produto consoante o consumidor e torna ainda possível a modificação das várias características ou mesmo incorporando novas funcionalidades ao produto final.

## 2.5. JIDOKA – AUTOMAÇÃO

Após todo o processo de montagem, o produto final pode ser imediatamente comercializado, uma vez que a qualidade do produto foi verificada em cada fase da sua execução e não apenas após a sua conclusão. Esta abordagem permite que erros de montagem não sejam perpetuados ao longo da linha de montagem e que os produtos subsequentes correspondam aos padrões de qualidade sem necessidade de duplicação de trabalho para esse efeito.

Além da montagem e garantia de qualidade, os funcionários têm também como função a manutenção do equipamento de trabalho, permitindo diminuir a frequência de avarias que interrompam a produção. Outra das funções dos funcionários é o chamado Kaizen (melhoria contínua) que define o seu contributo na transmissão de informação que possibilite a melhoria de eficiência e segurança em cada posto de trabalho, sendo mesmo incentivado esse envolvimento no planeamento.

Na figura 8 são identificados os principais fundamentos que caracterizam o sistema de produção da Toyota, evidenciando os métodos de abordagem. O conjunto de métodos produz grande estabilidade ao sistema e cria as condições necessárias para uma produção eficiente.



Fig.8 - Pilares da Toyota Production System  
Fonte: Walter Bueno (2012)

## 3

**LEAN THINKING –  
PENSAMENTO LEAN****3.1. PENSAMENTO LEAN**

O termo *Lean Thinking* vem da tradução literal de pensamento magro, esbelto, que representa a conceção dos mesmos produtos com menos recursos e tem origem na generalização do contexto automóvel às restantes indústrias do ramo da produção, sendo este termo generalizado no livro com o mesmo nome *Lean Thinking* de Womack e Jones (1996). Neste livro são exemplificadas aplicações às várias indústrias (construção excluída), de formas de diminuição de desperdícios através de uma mudança de filosofia administrativa, de gestão e aplicação dos meios produtivos.

Esta filosofia é apresentada como uma rotura da análise tradicional de criação de valor através da decomposição dos processos nas suas tarefas mais básicas e da identificação de quais as tarefas que realmente produzem valor para o produto final.

O que se pretende por em prática com esta abordagem é o alinhamento das tarefas que criam valor para uma dada atividade, sem interrupções, de modo a proporcionar a melhor sequência crescente de eficiência cada vez que o produto é pedido pelo consumidor final.

**3.2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS**

Concretamente, o método *Lean* pretende que seja avaliada toda a estrutura empresarial das empresas, conseguindo identificar todos os desperdícios que estão a ser acumulados nas várias tarefas que são realizadas. Para concretizar este método existem 5 princípios fundamentais a aplicar que se encontram representados na figura 9.

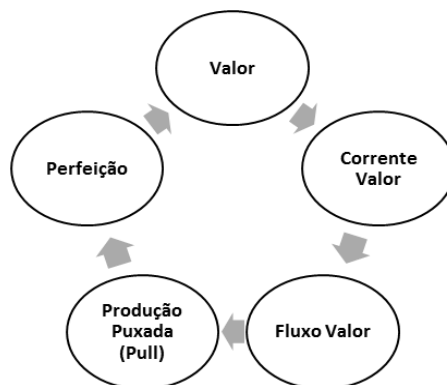


Fig.9 – Princípios fundamentais *Lean*; Adaptado: Koskela (1992)

- Valor

O produto deve ser valorizado pelo consumidor final, através da compatibilização da necessidade do consumidor com as características específicas de cada produto, sendo que é fundamental o reconhecimento por parte do consumidor do real valor do produto e da sua adequação à realidade em que o produto se insere. Assim sendo, vem do consumidor a especificação do valor comercial do produto, derivado da necessidade do produto no mercado e das suas características específicas. A falta de compreensão das necessidades do consumidor causa as condições para que se execute um produto defeituoso, não cumprindo os requisitos que por si só representa um desperdício.

- Corrente de Valor

A criação de um produto implica a sua montagem ou modificação para a sua utilização, mas para a sua concretização habitualmente existe ainda uma cadeia de atividades que tem de ser executada. Dessas atividades é necessário identificar quais as que são essenciais e quais as que podem ser condicionadas. Para este efeito são classificados em 3 categorias:

- Atividade de Criação de Valor

São as designadas atividades em que o produto ganha a sua forma ou é transformado no produto objeto de utilização pelo consumidor, são as atividades em que objetivamente o produto ganha o seu valor comercial.

- Desperdício tipo 1 (muda de tipo 1)

Estas atividades são as que apesar de não acrescentarem valor ao produto final são essenciais para que o produto seja concretizado, como por exemplo o transporte da matéria-prima, o embalamento, a limpeza, entre outros. Estas atividades devem consistir em tarefas que não possam ser substituídas por processos tecnológicos ou mecanismos dependentes da empresa.

- Desperdício tipo 2 (muda de tipo 2)

São as atividades que podem ser eliminadas ou que o efeito do seu valor pode ser diminuído na corrente de valor, de entre as quais se destacam alguns dos 7 *mudas*, transporte, movimento, excesso de processamento, entre outros.

- Fluxo de Valor

O valor de um produto pode ser maximizado através da concretização da cadeia de tarefas de uma forma contínua, diminuindo assim o tempo de concretização e sistematizando os processos de modo a estabilizarem os procedimentos. Para se definir o valor é necessária a descrição detalhada de todos os parâmetros envolvidos em cada subprocesso e o enquadramento global deste na cadeia de fluxo, caracterizando assim cada passo até à sua origem. Esta corrente de valor garante também uma continuidade de procedimentos capaz de identificar erros na execução e até mesmo por a descoberto melhores processos de execução e de encadeamento (*kaizen* – cap.4.2.19.).

- Produção Puxada (Sistema *Pull*)

O fator de diferenciação deste princípio é a importância fundamental do consumidor final - uma vez que em última fase a aquisição e utilização do produto pertence a este interveniente – uma vez que existe uma subversão nas atividades industriais nas previsões de comportamento de mercado, que implicam o investimento de muitos recursos com resultados tantas vezes errados ou de comercialização menor que o estimado. A razão prende-se com a dificuldade de prever

comportamentos ou condições económicas, atribuindo-se a função ao consumidor de pedir/puxar o produto que necessita, diminui-se a variabilidade de aceitação do produto pelo mercado.

- Perfeição

Apesar de ser um objetivo ambicioso (e na prática impossível de alcançar), existe uma aproximação muito maior do comportamento das empresas e dos próprios trabalhadores com a mudança de filosofia, uma vez que através de mecanismos de limitação dos desperdícios e da diminuição de fatores de variabilidade é possível concluir que em cada passo se consegue a aproximação de um sistema perfeito, no qual seriam eliminados todos os defeitos e a corrente de valor seria constituída apenas por processos que incluíam valor para o produto.

Outra das abordagens foi a de Koskela (1992), considerando como uma nova abordagem os sistemas de produção, faz uma generalização dos princípios fundamentais mais pertinentes:

1. Reduzir a quantidade de atividades que não criam valor;
2. Aumentar o valor de saída do produto através da sistemática consideração dos requisitos do consumidor;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar pela minimização do número de passos, partes e ligações;
6. Aumentar a flexibilidade do produto de saída;
7. Aumentar a transparência dos processos;
8. Focar o controlo no processo completo;
9. Construir melhoria contínua no processo;
10. Balancear a melhoria do fluxo com a da conversão de produto;
11. *Benchmarking*.

Nesta abordagem, Koskela defende que a aplicação destes princípios proporcionam a cada empresa a execução de cada vez mais processos e tarefas com cada vez menor esforço humano, equipamento, tempo e espaço, providenciando aos consumidores finais o que eles pretendem com condições mais vantajosas.

A vantagem de avaliar cada processo e subprocesso e decompô-los em parcelas levou a que em muitas atividades fosse possível quantificar qual o desperdício a ser inculido a cada produto e qual o valor que pode ser acrescentado pela diminuição do mesmo. Segundo Ciampa (1991) e Stalk, Hout (1990), as atividades que adicionam valor ao produto final passam apenas por 3 a 20% das atividades e 0,5 a 5% do tempo. Estes valores são de uma importância muito relevante porque mostram que os desperdícios têm um papel mais importante numa produção do que a própria atividade de criação do produto final, elevando assim a necessidade de prever e eliminar estes fatores.

O envolvimento do consumidor no processo traz vários benefícios, tais como, a sensibilização para o real valor de um produto, a delimitação dos restantes custos tendo em atenção o valor definido pelo consumidor assim como pela caracterização dos requisitos que são fundamentais para a sua satisfação, que estabelecem os critérios de qualidade e garantem a aquisição por parte do consumidor.

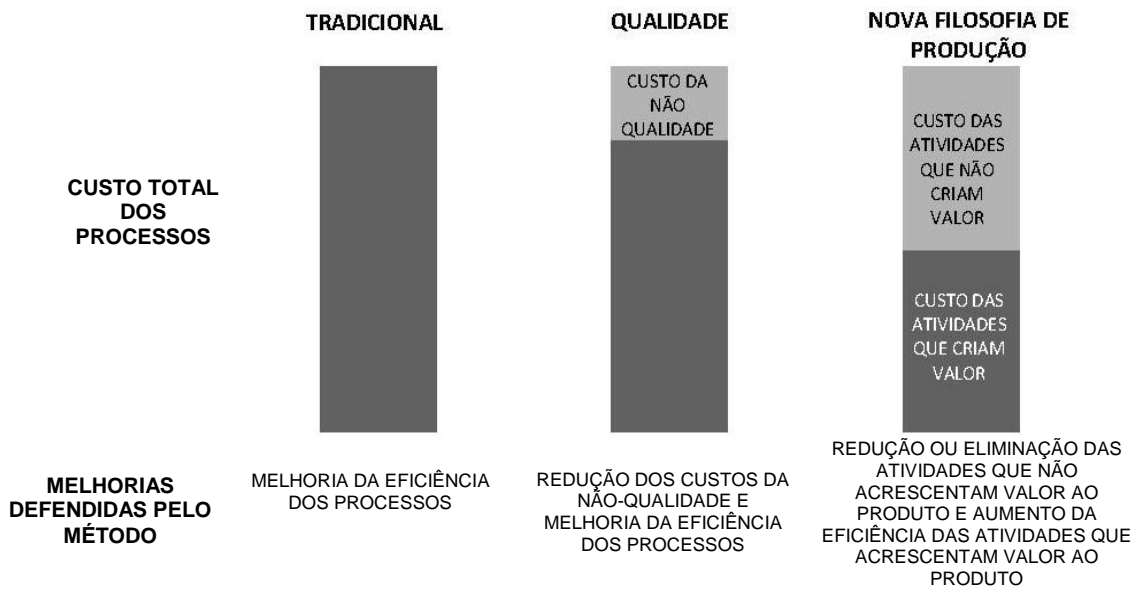


Fig.10 - Melhoria da Performance nos vários métodos abordados  
Adaptado: Koskela (1992)

Em cada metodologia existem objetivos inerentes que visam uma evolução qualitativa dos seus processos ou do produto final. No método Tradicional o objetivo prende-se com o aumento de eficiência dos processos de gestão e administração, funcionando sistematicamente com a evolução deste critério; no método da Qualidade, como o próprio nome o indica, existe uma abordagem de redução dos custos da não qualidade (défice de qualidade num produto que implique refazer processos) e a procura do aumento de eficiência dos processos; finalmente no caso da Nova Filosofia (Produção *Lean*) existe uma especificação mais profunda destes termos com a procura de redução e se possível eliminação das atividades sem valor para o produto e o aumento da eficiência das atividades de valor para o produto.

### 3.3. INTERVENIENTES

Para aplicar estes princípios é necessária a contribuição e colaboração de todos os intervenientes de obra, uma vez que a colaboração constante é fundamental para a aplicação deste método que depende de todos, pois a identificação dos desperdícios é perceptível primordialmente por aqueles que diariamente aplicam os pressupostos do planeamento. A iniciativa de aplicação destes princípios tem obrigatoriamente origem nas hierarquias mais altas das empresas, de modo a que seja definido como um objetivo global da empresa, para uma correta, empenhada aplicação e envolvimento dos intervenientes na restante cadeia de comando. A colaboração das classes que intervêm e aplicam estes princípios é fundamental para que sejam identificados todos os fatores de desperdício.



Fig. 11 - Exemplo de organização empresarial

A representação das empresas de uma forma departamental, já por si, é castradora do ponto de vista de uma continuidade de fluxo de valor e contrária ao pensamento *Lean*. O pensamento *Lean* a separação por departamentos e funções delimita o alcance da visão geral do fluxo e condiciona a perspectiva que cada trabalhador tem das restantes tarefas assim como o contributo que o próprio trabalhador poderia dar para a melhoria dos processos. O comportamento a ser implementado prende-se com a abrangência de todas as tarefas de forma simultânea, de modo a que os intervenientes estejam a par dos desperdícios existentes com a atividade simultânea em cada processo assim como permitir uma correção de erros e posteriormente antecipá-los de modo a que não cheguem a existir (*poka-yoke* - cap.4.2.12.). *Esta alternativa é fulcral pois não só se redefine o trabalho das funções e departamentos para que possam contribuir para a criação de valor e para comunicar as reais necessidades de trabalhadores em cada ponto ao longo do fluxo para que realmente seja do seu interesse a criação de um fluxo de valor* – (tradução livre) Womack, Jones (1996).

Um dos maiores desafios encontrados pelas empresas é a caracterização da cadeia de valor que as antecede e que pode ser um fator de diminuição de desperdícios, mas esta vertente pode ser apenas satisfeita por uma colaboração entre as empresas fornecedoras e consumidoras, antes e após os processos referentes à empresa. Aliás, numa situação ideal as atividades simultâneas devem incluir também as empresas da cadeia de valor (a exemplo do sistema TPS), para que todos possam observar os desperdícios existentes a fim de eliminá-las ou pelo menos diminuir a possibilidade de ocorrência em processos posteriores (fig. 12).

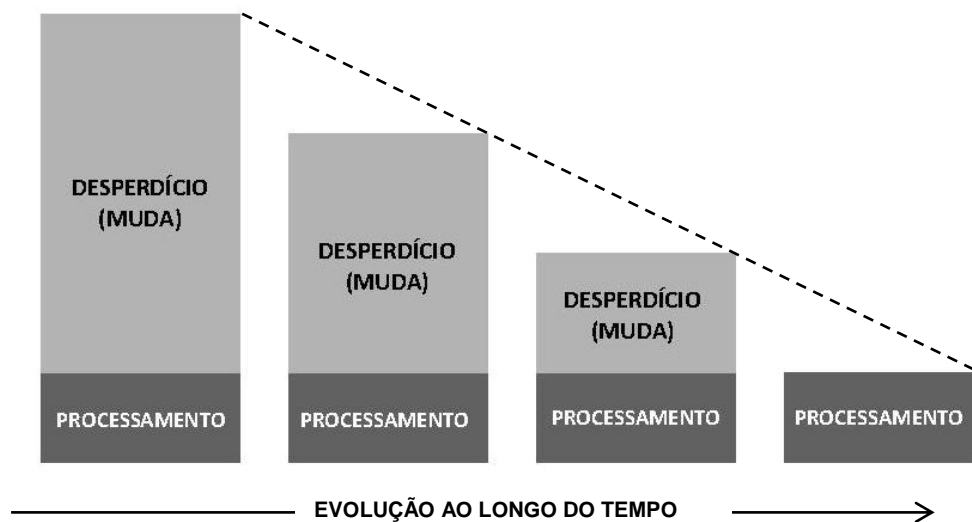


Fig.12 - Evolução progressiva de eliminação de atividades sem valor;  
Fonte: Berliner, Brimson (1988)

A opção pela metodologia *Lean* implica a dedicação de um conjunto de agentes de mudança que apliquem constantemente as filosofias, incentivem a cada um dos intervenientes a colaboração e que demonstrem as vantagens deste sistema nos vários contextos económicos e empresariais.

Estes agentes de mudança podem ter origem dentro da própria empresa ou serem provenientes do contexto de aplicação de filosofias *Lean*, mas a principal característica que devem possuir é a de constantemente questionar os conceitos aplicados e proporcionar uma melhoria da eficiência do sistema global.

O método de aplicação pode também ser aplicado de forma diferente, existem exemplos de casos em que as empresas possuem um histórico que devido à sua laboração, necessita de uma transição

desfasada no tempo, um sistema semelhante ao *kaizen* (melhoria contínua) mas com origem numa produção tradicional; existem porém outras empresas que para uma aplicação efetiva necessitam de uma mudança radical, designada na sua origem japonesa como *kaikaku*, na qual a estrutura de toda a empresa é reestruturada para a aplicação “imediate” (necessita de planeamento extenso) da metodologia *Lean*.

Independentemente da forma de aplicação, a metodologia deve ser aplicada numa escala global, não podendo ser aplicada eternamente a departamentos ou funções isolados, uma vez que continuarão a existir os mesmos efeitos de desperdício (em muitos casos ampliados).

A capacidade de aplicação definida pelos conhecimentos técnicos e pela liderança são os fatores mais importantes na aplicação deste método, mas a perseverança é a característica imprescindível para o sucesso numa empresa, porque este método com os seus conceitos base de aplicação, necessitam de um acompanhamento constante devido às especificidades de cada indústria e muitas vezes de cada estrutura empresarial. A estrutura empresarial deve ser capaz de assumir que uma transição de estratégia assume maior complexidade de aplicação porque necessita de entrosamento entre os vários intervenientes.

O desfecho inevitável de uma correta aplicação desenrola-se num harmonioso funcionamento (*heijunka*- cap.4.2.6.) com todos os intervenientes a perceberem os seus papéis e a os executarem de forma mais rápida e eficiente as suas funções.

Outra das características que em muito beneficia esta metodologia é uma consequência da aplicação da *heijunka*, que se desenrola entre as várias classes trabalhadoras existentes nas empresas. Estes trabalhadores com a harmonização dos processos incorrem num nivelamento de trabalho que iguala as tarefas por critérios de esforço e carga horária para o trabalhador. Esta harmonização considera a função de cada trabalhador e nivela as suas atividades com os restantes trabalhadores, criando igualdade de circunstâncias e uma transparência que, apesar da maior exigência de tarefas, corresponde a uma igualdade que incentiva e motiva todos os que se inserem nesta estratégia de trabalho.

Sendo assim pode-se resumir a atividade de uma empresa *Lean* como a atividade que interrelaciona todos os intervenientes na cadeia de valor, cria as condições de fluxo contínuo que permitem uma poupança significativa de recursos e possibilita a criação de produtos mais adequados ao consumidor final.

### **3.4. CONCEITOS EXISTENTES**

Dos vários conceitos que existem, desde a sua origem na indústria automóvel até metodologias posteriores, todos eles podem conter valor para conseguir caracterizar os pontos fulcrais de origem de desperdícios dentro de uma organização empresarial (fig.13), aliás, o conceito de muda (desperdício) resume algumas das formas de desperdício fundamentais que são transversais a qualquer indústria.

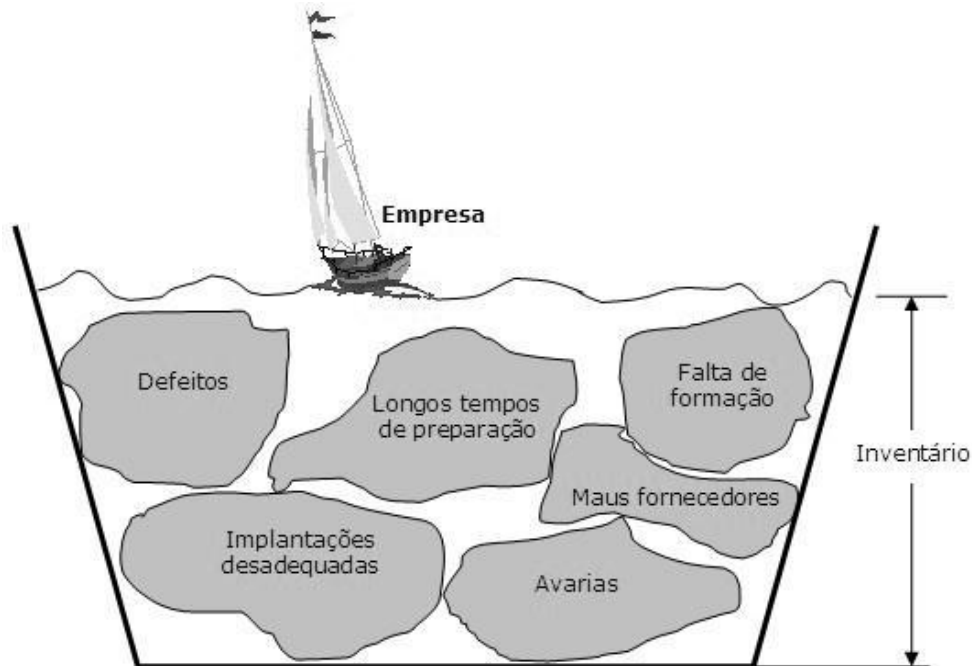


Fig. 13 - Os inventários encobrem as ineficiências das empresas  
Fonte: Dinis Carvalho – Dashofer (2011)

A origem de muitos destes conceitos como o *Just-in-time* e a automação podem ser diretamente identificados com o *Toyota Production System*, mas muitos dos conceitos são já aplicados em outras indústrias sem a aplicação de qualquer conceito *Lean*, apenas pela observação dos seus efeitos imediatos na produtividade, muitas vezes em conjugação com conceitos de aumento de produtividade para minimizar efeitos de desperdício ao longo da cadeia de valor.

Os conceitos existentes devem ser aplicados ao contexto empresarial em questão, uma vez que apesar de muitas das indústrias possuírem características semelhantes ou até mesmo campos de trabalho iguais, existe toda uma “bagagem” que pode limitar em termos sociais e económicos que dependem de fatores tão dispares como a localização geográfica ou as normas de aplicação de qualidade e segurança.

Alguns destes conceitos serão descritos em mais pormenor no capítulo seguinte mas com ênfase na indústria da construção e no contexto de planeamento que se insere esta dissertação.





# 4

## LEAN CONSTRUCTION – CONSTRUÇÃO LEAN

### 4.1. A CONSTRUÇÃO COMO INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO

A particularidade da indústria da construção vem do impacto que os edifícios têm em toda a estrutura da sociedade, uma vez que qualquer edifício implica uma ocupação de espaço e mudança visual da área abrangida, atingindo todos aqueles que usufruem da sua utilização e ainda marcando o local para os restantes habitantes.

A especificidade da indústria da construção é a singularidade da concretização do produto ocorrer no local definido pelo proprietário/consumidor, o que modifica o modelo de abordagem ao produto, uma vez que obriga à deslocação da mão-de-obra, equipamentos, sistemas de transporte, movimentação, fornecimento, planeamento e gestão para o local de execução da mesma. Existe todo um conjunto de pressupostos que são modificados devido à mudança de posição da “fábrica”, levando a que muitos dos parâmetros estabelecidos ou até mesmo os acordos com fornecedores, que noutras indústrias podem ser prolongados, tenham de ser reestruturados, renegociados ou mesmo conduzindo a alterações dos próprios intervenientes (fornecedores), tudo em função da nova localização do produto e das novas condições e materiais em que o produto vai ser construído e explorado.

Lauri Koskela (1992) definiu três características diferenciadoras da construção em relação às restantes indústrias:

- Natureza específica de cada projeto – produto singular;
- Produção em locais distintos, em função do produto;
- Multi-organização de diversas especialidades, de carácter temporário.

Estas circunstâncias implicam a existência de muitas vertentes na indústria da construção, porque cada construção tem características de protótipo exclusivas que permitem a criação de produtos muito distintos e que dispõem de subprodutos das mais diversas origens. As origens dos subprodutos da construção vão desde a siderurgia até à cerâmica, mas também incluem a indústria do mobiliário, parquetaria, entre outros. Esta amplitude de subprodutos (fig.14) cria muitas dificuldades para qualquer empresa construtora, que apesar de se poder especializar num ramo específico de atividade dentro da construção, pode ser sujeita a novos processos construtivos ou mesmo tarefas e materiais que não domina no seu contexto habitual. Por exemplo, para a construção de uma habitação dispomos do processo de execução de alvenarias que por sua vez possui como tarefa a aplicação dos subprodutos, tijolo cerâmico, argamassa de cimento (que contém cimento, areia e água), entre outras atividades.

Este é outro dos aspetos atuais da construção, a constante evolução de materiais e tecnologias, pois apesar da construção em si ser de dominante aplicação através de mão-de-obra, as empresas fornecedoras regem-se por sistemas de produção muito mais desenvolvidos e na maioria dos casos automatizados, de evolução mais acentuada, do que a própria construção que lhe é subsequente. Dispomos então de fornecedores com sistemas padronizados de produção em ambiente controlado de fábrica, que fornecem esses materiais para aplicação em ambientes de produção quase artesanal, que são os estaleiros de obras.

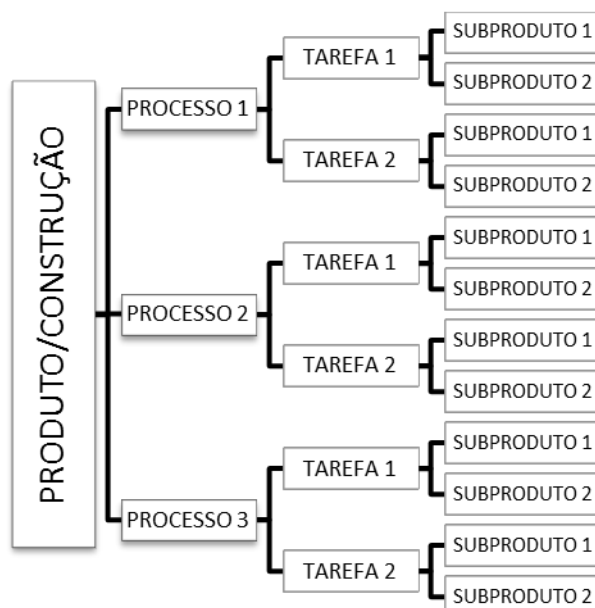


Fig.14 – Hierarquia de atividades

Estas circunstâncias são acentuadas porque qualquer estrutura concluída possui elevados custos de construção e representará a sua função durante um espaço alargado de tempo, comparativamente com a maioria dos produtos. Consequentemente a construção fica enquadrada como um produto quase permanente ao longo do período de tempo de vida de uma pessoa, elevando assim a sua importância no contexto social, além da subjacente importância da sua utilização.

A tentativa de diminuir os impactos existentes da aplicação do atual sistema de construção mais tradicional, até mesmo artesanal, vem sendo feita através de novos sistemas tecnológicos e da aplicação de produtos pré-fabricados. A maior parte destes sistemas permitem o controlo de qualidade e a garantia de características dimensionais e de comportamento adequadas à indústria da construção, mas têm o inconveniente de limitar muita da liberdade criativa que permite a cada consumidor possuir um produto de características específicas às suas necessidades, assim como de adquirir produtos que se adequem às características dos locais de obra e seus projetos. A vertente de maior sucesso dos produtos de produção em fábrica e aplicação/asmblagem em obra, continua a ser o desenvolvimento de materiais que apesar de produzidos em fábrica permitam a sua modificação dimensional ou o seu dimensionamento em fábrica de modo a cumprir as especificidades de obra - sem a alteração das suas características de qualidade - como são exemplo o betão pronto e as vigotas pré-esforçadas. No entanto, todos estes mecanismos equiparam-se a evoluções tecnológicas que apesar de produzirem efeitos significativos, são pontuais num sistema industrial que devia possuir características globais distintas

que pusessem em prática um funcionamento coletivo controlado, como é possível noutras indústrias. Existem muitos outros parâmetros na construção que devido à sua complexidade de controlo ou devido à inexistência de tecnologias que diminuam os seus desperdícios, ainda não são reduzidos ou sequer contabilizados, para a real eliminação destes desperdícios da cadeia de valor, como por exemplo, quais os custos associados às deslocações no estaleiro.

Na realidade, o grande desperdício identificado prende-se com o facto de que o conjunto dos processos e tarefas continua a exceder em muito o resultado que resulta na concretização do projeto (fig.15), uma vez que existem muitos desperdícios nestas etapas que condicionam a real eficiência da execução de uma obra.

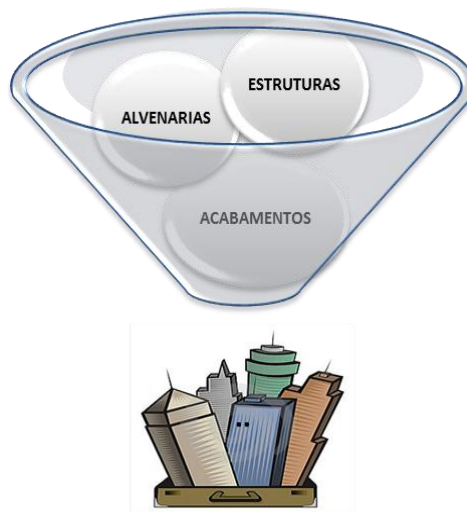


Fig.15 – Conjunto de processos para execução de obras

#### 4.2. FERRAMENTAS *LEAN* APLICADAS À CONSTRUÇÃO

Para a caracterização dos vários desperdícios, gestão de sistemas de controlo de qualidade e avaliação de performance dos vários intervenientes, são de seguida descritas alguns pressupostos e ferramentas que permitem a descrição dos parâmetros existentes nas empresas, assim como modelos conceituais de funcionamento das mesmas para a diminuição dos mesmos desperdícios. Sendo assim, com a descrição destas ferramentas serão demonstrados alguns exemplos de aplicação prática a uma obra deslocalizada do centro de operações de uma empresa, como exemplo contextual de um cenário possível de ocorrer a empresas de construção portuguesas.

Muitos dos conceitos a seguir descritos, tiveram origem na metodologia TPS, mas nem todos os conceitos podem ser relacionados com este método, pois com a aplicação às várias indústrias foram-se adaptando métodos que melhor caracterizassem as especificidades existentes em cada caso. Por essa razão, a origem de algumas destas ferramentas *Lean*, podem não ser diretamente de conceitos *Lean*, mas produzem resultados que possibilitam o melhor entendimento e gestão dos desperdícios existentes em cada empresa. Como tal foram incluídos, não só pela revisão de bibliografia relacionada com os sistemas *Lean*, mas também porque a sua aplicação é fundamental para a caracterização da atividade construtiva.

#### 4.2.1. CONSUMIDOR FINAL VS CONSUMIDOR INTERNO

Antes de identificar quais as principais ferramentas, é essencial que se distinga qual a principal diferença entre os vários consumidores, pois a sua intervenção é de extrema importância na garantia de qualidade assim como na comercialização dos projetos.

A definição de consumidor final é a que habitualmente se encontra na descrição mais vulgar de consumidor, sendo este o maior interessado na escolha ou criação de produtos que cumpram as necessidades específicas para os seus objetivos. O consumidor final habitualmente é aquele que cria os requisitos que no mercado comercial produz valor para os produtores, as suas escolhas incentivam os produtores a criarem aqueles produtos ou serviços que possam satisfazer as suas necessidades.

O consumidor interno por outro lado, visa a descrição das condições de entrega de um produto em tarefas intermédias de produção, ou seja, entre trabalhadores. Durante este período o produto circula ainda entre os vários processos. Nesta fase a qualidade empregue por cada trabalhador nas suas tarefas é muitas vezes descuidada, uma vez que existem muitos processos que não serão perceptíveis no final da construção – para o designado consumidor final - mas esses processos apesar de não visíveis, não decorrem sem causar desperdícios ao longo da cadeia de tarefas. A falta de qualidade em execuções que os trabalhadores vêm como tarefas intermédias, provoca perdas de eficiência nas equipas que executam as tarefas subsequentes, pelo desperdício causado em reparações ou mesmo nos atrasos que provocam desperdícios de vários recursos. Os recursos consumidos devido à atividade de refazer trabalho, a utilização de material extra para reparação ou simplesmente a não reparação, são desperdícios que podem causar efeitos imediatos de custos, prazos ou efeitos posteriores de falta de qualidade. Independentemente dos efeitos produzidos, o consumidor interno deve ser encarado como uma extensão do consumidor final, tanto pelo conceito de garantia de qualidade, como pela utilização de desnecessários desperdícios inerentes à utilização não planeada de materiais e equipamentos, ou ainda pela utilização de trabalhadores com qualificações inadequadas à criação de valor ao longo do sistema produtivo.

#### 4.2.2. *Product pull* – Puxar o produto

Pode parecer um contrassenso definir a terminologia de “puxar” um produto, sendo esse produto uma construção, que possui características de grande custo e elevado prazo de execução, não podendo ter produção em série. Porém, o mercado comercial demonstra que principalmente os produtos comercializados pela indústria da construção são os de maior condições de exigência por parte do consumidor, pois corresponde a uma aquisição de grande impacto social e económico. Então, a construção tem acima de outros produtos um grau de exigência e concretização superiores para o cliente.

As construções também podem ser definidas como um produto de investimento por necessidade de mercado, e como tal existem muitas empresas de construção que acumulam funções deste tipo, aproveitando o envolvimento no mercado comercial. Estes investimentos foram ao longo do tempo efetuados de uma forma não sustentada, sendo feitos com base em avaliações ou expectativas imediatas, que conduziram a um erro de avaliação económico que é constatado pela crescente construção de edifícios, sem a avaliação da procura correspondente no mercado comercial. Verifica-se que qualquer avaliação de empreendimento deve ser contrabalançada com uma análise comparativa de todos os indicadores históricos e recentes, assim como com a análise cuidada do impacto previsto no mercado na data de conclusão, o que não sucedeu. A abordagem tradicional acabou por cometer erros de avaliação, com a iniciativa da indústria em fornecer ao mercado os produtos que eram requeridos no passado ou no preciso momento. Foram esquecidos ou ignorados quais os valores de procura futuros e ainda que a criação de produto é a longo prazo (meses ou anos), sendo que a necessidade do

consumidor pode ser alterada por várias circunstâncias – crise económica ou excedente de produtos. Como ponto agravante existe o grande valor monetário, em relação a outras indústrias, envolvido em cada produto, que habitualmente envolve milhares a milhões de euros e que em caso de não comercialização, implica um grande vazio de liquidez para qualquer empresa.

A perspetiva deste trabalho com a análise em função de acontecimentos passados é simples, mas a perspetiva (probabilidade) futura pode ser obtida através dos vários indicadores de crescimento e de procura comercial. Por exemplo na construção habitacional, muitas empresas, promotores imobiliários ou até mesmo a banca puderam concluir que o mercado encontrava-se a fornecer um excedente de produtos de grande durabilidade, que por não serem uma necessidade de consumo imediato, não carece de dependência por parte dos consumidores, mas tal conclusão não foi obtida com a rapidez necessária de modo a evitar algum do descalabro atual da construção.

Estas análises podem ser obtidas a partir de dados obtidos do Instituto Nacional de Estatística e da PORDATA (tabela 1), nos quais se pode verificar que além dos valores comparativos de crescimento dos alojamentos, depara-se com o excedente de habitação construída em relação às necessidades habitacionais existentes, com as residências sazonais e vagas a terem elevada preponderância em relação às habitações habituais.

Tabela 1 – Evolução dos alojamentos em Portugal  
Adaptado: INE, PORDATA (2012)

Anos	Total	Residência habitual	Residência secundária / sazonal / ocupante ausente	Vagos
1970	2.702.215	2.252.695	75.570	373.950
1981	3.382.884	2.769.048	423.505	190.331
1991	4.154.947	3.055.504	659.172	440.271
2001	5.019.425	3.551.229	924.419	543.777
2011	5.858.439*	3.995.455*	1.130.679*	734.846*

Nota:

\* Dados provisórios provenientes do Censos 2011

Como estas conclusões, muitas outras podiam ser obtidas pela análise cuidada das características de procura de mercado.

Analisando circunstâncias passadas e presentes, revela-se que a ferramenta do sistema *Pull* é essencial para determinar se o produto que estamos a construir realmente produz um valor comercial à empresa, visto que o fundamental da cadeia de valor é a capacidade de venda imediata a partir do momento em que o produto se encontra no mercado, ou numa situação ideal a reserva antes da sua construção. O conceito fundamental de um sistema *Pull* é a produção do que é preciso, quando é preciso e na quantidade que é necessária.

Outro dos conceitos relacionados com esta ferramenta prende-se com a flexibilização da construção em si. Uma vez que a principal função é a satisfação de todos os requisitos do consumidor, deve ser possibilitada a modificação dos empreendimentos de modo a suprir todas as suas necessidades. Esta complementaridade permite que realmente o consumidor possa definir a totalidade do produto e não apenas a tipologia de habitação, comércio ou empresa.

Componente esta que se define pela possibilidade do consumidor personalizar os empreendimentos pela escolha, por exemplo, dos seguintes fatores:

- Posicionamento das divisões;
- Dimensão das divisões;
- Escolha de materiais de acabamento.

Esta personalização apenas é possível se forem empregues técnicas com forte componente tecnológica, assim como a aplicação de materiais polivalentes que se adequem à maior parte das soluções. Para esta aplicação, os próprios intervenientes na construção devem obrigatoriamente possuir multidisciplinidade de conhecimento que permita uma rápida adequação às mudanças pretendidas, assim como dispor de um projeto versátil que preveja qualquer aplicação requerida pelo consumidor.

Estas são algumas das evoluções inevitáveis que podem ser implementadas para que o consumidor seja inserido na cadeia de valor, garantindo a certeza de comercialização pela supressão das necessidades específicas de cada consumidor.

#### 4.2.3. Valor

A maneira mais produtiva de se caracterizar um produto é através dos materiais e processos que lhe dão origem, mas nem todos os processos têm uma função estritamente de criação de valor, como descrito no ponto 3.2. Para realmente se definir qual o valor de uma obra devem ser incluídos todos os processos e tarefas fundamentais à sua execução, descrevendo em pormenor quais as etapas fundamentais para se concretizar cada uma das tarefas. É fundamental neste ponto excluirmos valores que do ponto de vista tradicional se possam considerar como um desperdício inalienável de um material ou tarefa, como muitas vezes se contabiliza por exemplo o transporte, a deslocação em obra, ou a ocupação de estaleiro. A desagregação de cada etapa nos seus elementos mais fundamentais é essencial para que em cada ponto se possa caracterizar como diminuir desperdícios e desmultiplicar soluções alternativas para um mesmo problema.

Por exemplo, a aplicação de um metro quadrado de tijolo cerâmico de 15 cm deve ser contabilizada como:

Projeto: obra de edificação

Processo: assentamento de alvenaria

Tarefa: aplicação de 1 m<sup>2</sup> de tijolo cerâmico de 15 cm

Subtarefas:

- Aquisição de X tijolos de 15 cm;
- Aquisição de Y kg de cimento;
- Aplicação de Z litros de água;
- Aquisição de K m<sup>3</sup> de areia;
- Mão-de-obra em W Homem × Hora;
- Equipamento utilizado: Betoneira, grua, entre outros.

Neste exemplo, o real desperdício pode ser encontrado nos custos de prazo, deslocação, transporte e armazenamento destes materiais que estão intrinsecamente juntos no valor de cada parcela essencial à execução desta tarefa.

Os desperdícios estão nas deslocações dos materiais e trabalhadores para a obra, na necessidade de inventário em obra, nos possíveis atrasos de trabalhos ou da espera de materiais, entre outros possíveis desperdícios que habitualmente se encontram. Estes são alguns dos desperdícios que podem ser

minimizados (agrupados ou reduzidos) ou mesmo eliminados da essencial concretização da tarefa, distinguindo os vários constituintes fundamentais dos diferentes *mudas* – ver capítulo 3.2.

#### 4.2.4. Fluxo de valor

Esta é a etapa que procura definir qual o encadeamento de forma a conseguir o objetivo primordial de diminuir os desperdícios de *muda* tipo 1 e eliminar os desperdícios de *muda* tipo 2 (ver capítulo 3.2). Segundo Taiichi Ohno (1997), o grande objetivo consiste em reduzir a linha do tempo, desde o momento que o consumidor adjudica a obra até à fase de entrega do produto finalizado, removendo todos os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha.

O mapeamento do fluxo de valor (mfv) - ponto fundamental do planeamento do fluxo de valor (fig.16) - consiste na organização do encadeamento das tarefas e processos com valor para o produto final. Este processo permite não só o planeamento da futura organização, mas também uma avaliação do comportamento da organização existente, antecipando o modo de se otimizar os vários processos, possibilitando ainda avaliar as tarefas que no contexto atual podem ser definidas com o menor número de etapas possível ou com o menor desperdício possível.

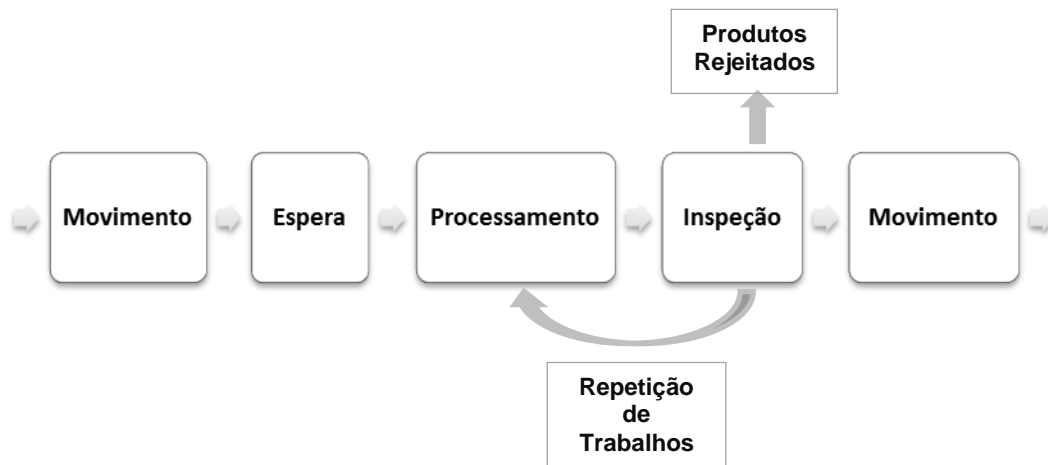


Fig.16 - Organização do fluxo na linha de valor  
Fonte: Koskela (1992)

O mapeamento exige o conhecimento prático das tarefas e deve ser obtido a partir do contributo dos vários intervenientes, para que seja possível atribuir o verdadeiro peso de cada fase do processo e distinguir os desperdícios das tarefas fundamentais. Muitas são as formas de desperdício que por uma questão de formatação dos intervenientes não são detetadas ao serem consideradas como um elemento necessário ou impossível de remover. Para a correta leitura do fluxo de valor é no entanto fundamental que a perceção de todas as etapas seja efetuada com a consideração dos mais pequenos esforços que a empresa despense ao realizar qualquer tipo de tarefa, assim como a sua importância no fluxo total do projeto.



Picchi (2003) propõe uma divisão em 5 fluxos essenciais para as empresas do ramo da construção:

1. Fluxo de negócio – designa todo o desenvolvimento da cadeia produtiva de um empreendimento, pois abrange todas as atividades administrativas que decorrem em paralelo com o desenrolar de todos os processos, desde o contacto com o adjudicatário até à entrega da obra;
2. Fluxo de projeto – descreve toda a conceção da forma, compartimentos e soluções construtivas, que por sua vez dão origem ao planeamento do fluxo de valor ao longo da obra;
3. Fluxo de fornecimentos – designa o papel de gestão do fornecimento que a empresa lidera, procurando obter dos fornecedores a melhor qualidade com a menor quantidade de custos. A diminuição de custos parte da parceria de gestão que produz resultados na diminuição de desperdícios tanto no fornecedor como em obra;
4. Fluxo de obra – descreve o desenrolar da execução na qual se processa a real criação de valor, aplicando todo o planeamento e ferramentas.
5. Fluxo de uso e manutenção – designa toda a atividade efetuada durante a exploração das construções.

Como exemplo de uma utilização racional do fluxo de valor em obra temos uma das formas possíveis de minimizar efeitos de desperdício em obra pelo aproveitamento de uma das desvantagens da construção, as suas características de indústria nómada. A utilização de materiais e mão-de-obra especializada que provenham das localidades mais próximas da obra torna-se uma opção alternativa que provoca a diminuição imediata de custos de transporte, cansaço dos trabalhadores (causador de quebra de eficiência) e minimização da necessidade de providenciar condições de dormida para esses trabalhadores. Outra das vantagens da contratação de mão-de-obra local é o conhecimento dos materiais e equipamentos disponíveis nos locais, não só da sua existência mas também do seu comportamento e funcionamento em condições de obra e exploração.

Como se pode observar, a partir de análises criteriosas e fundamentadas é possível antecipar quais as necessidades durante a obra e criar uma base de dados, que neste caso seria das localidades de implantação de obra com os materiais e mão-de-obra que possam ser utilizadas futuramente pela própria empresa.

#### 4.2.5. Transformação, Fluxo e Valor (TFV)

As indústrias que possuem fábricas imóveis são consideradas muitas vezes como indústrias “transformadoras”, pois produzem os seus produtos a partir de matérias-primas ou materiais fornecidos sem aplicar grande variabilidade na modificação dos mesmos, este processo permite estabilizar os mesmos modelos de produção durante grande parte do tempo. No entanto, a construção, como já foi referido, possui características de maior variabilidade que criam a necessidade de uma definição de valor que enquadre a mudança de local, fornecedores, mão-de-obra e até mesmo de produto criado. Sendo assim, Koskela (2000) sintetizou estes pontos numa tabela (tabela 2) que descreve a visão integrada da ferramenta TFV.

Tabela 2 – A produção integrada numa visão TFV  
Fonte: Koskela (2000)

	Transformação	Fluxo	Valor
Conceptualização da produção	Como uma transformação de produtos recebidos e vendidos	Como um fluxo de material, composto da transformação: inspeção, movimentação e espera	Processo em que o valor para o consumidor é a concretização das suas especificações
Princípios fundamentais	Conseguir que a produção seja realizada eficientemente	Eliminar desperdícios (atividades sem valor para o produto)	Eliminação da perda de valor (alcançar o valor mais alto em relação ao valor de fluxo perfeito)
Métodos e práticas	Método de aprovisionamento; mapa de responsabilidade organizacional (MRP); Quadro de Responsabilidade Organizacional ( <i>Organizational Responsibility Chart</i> )	Fluxo contínuo, controlo da produção puxada, melhoria contínua	Métodos para cumprimento dos requisitos, Desenvolvimento da Função Qualidade ( <i>Quality Function Deployment</i> )
Contribuição prática	Ter em conta o que tem de ser feito	Ter em conta o que é desnecessário e minimizar ou eliminar a sua execução	Ter em conta que os requisitos do consumidor sejam alcançados da melhor forma
Nome da aplicação prática	Gestão de tarefas	Gestão de fluxo	Gestão de valor

Esta ferramenta visa a criação da caracterização de cada tarefa que ocorre na produção de uma construção, sendo que a conjugação de transformação, fluxo e valor (fig.17) é referido como a forma mais abrangente de se distinguir todas as etapas fundamentais da indústria.

Fig.17 – Gestão tripartida da construção  
Fonte: Bertelsen e Koskela (2004)

A designação de transformação, apesar de ser a única ainda não descrita como ferramenta, é a que mais se verifica nas indústrias de fábrica imóvel e caracteriza a mudança da forma ou características de um material de modo a que corresponda às expectativas do consumidor final. Esta ferramenta também se verifica na construção, mas não é caracterizada individualmente porque o produto criado

(construção) possui características da conjugação de tantas outras especialidades e com tantos e tão modificados subprodutos que só a conjugação das 3 ferramentas num conjunto de planeamento possibilita alguma definição prática de como ocorre a transformação na construção. Esta conjugação encontra-se descrita na tabela 3, onde são descritos os efeitos da aplicação conjunta dos conceitos de produção.

Tabela 3 – Interação entre os fenómenos abrangidos por diferentes conceitos de produção  
Fonte: Koskela (2000)

	Impacto da Transformação	Impacto do Fluxo	Impacto do Valor
Impacto da Transformação noutros conceitos		- Tecnologia de transformação mais dispendiosa proporcionará menor variabilidade.	- Subprodutos mais dispendiosos contribuem para um produto melhor
Impacto do Fluxo noutros conceitos	- Fluxo com menor variabilidade requer menor capacidade.  - É facilitada a introdução de novas transformações tecnológicas se houver menor variabilidade.		- Um sistema de produção mais flexível permite a satisfação de mais variáveis de padrões de procura.  - Sistemas de produção com menor variabilidade interna são capazes de produzir produtos de maior qualidade.
Impacto do Valor noutros conceitos	- Padrões de procura mais variáveis previnem os benefícios de escala e a alta utilização.	- Perfeição no relacionamento com o consumidor interno contribui para a redução de desperdícios.	

As ferramentas fluxo e valor, já descritas nos pontos anteriores, podem ser definidas individualmente, mas sem a transformação, não seriam mais do que meras referências à movimentação ou a uma caracterização teórica de como se cria um produto, sendo apenas através da transformação que se caracteriza a forma de modificação dos subprodutos no produto complexo que são as construções.

#### 4.2.6. Heijunka – nivelamento de produção

As atividades empregues na construção são muito variáveis, por essa razão, o pico de eficiência e produtividade de uma construção, muitas vezes nunca chega a ser conseguido no decurso de uma obra. Muitas das razões foram já descritas em pontos anteriores deste trabalho, mas um dos fatores mais importantes relaciona-se com a pouca produtividade das atividades durante grande parte do seu tempo de execução. Mais uma vez, este desperdício tem origem na maior singularidade da indústria da construção, a deslocação do produto, que provoca a falta de disponibilidade das matérias-primas, materiais, equipamentos e mão-de-obra para a execução eficiente do produto desde o início da tarefa. Esta situação provoca um desnivelamento na quantidade de trabalho ao longo da execução das tarefas, existindo assim a maior sobrecarga de trabalho no final do tempo planeado para a sua execução, evidenciando mesmo assim uma tentativa desmesurada de recuperação do tempo perdido. A sobrecarga causada sobre todos os intervenientes, tanto humanos como equipamentos, causam o descontentamento generalizado e acentuam a probabilidade de avarias, colocando as primícias de qualidade e segurança como fatores secundários, face a prejuízos de custos e prazos.

No exemplo da figura 18, é visível uma representação da diferença entre a estrutura tradicional de planeamento e a estrutura de planeamento *Heijunka*, sustentada pelo restante método *Lean Construction*. No planeamento tradicional, a evolução dos trabalhos ocorre de forma evolutiva, sendo os trabalhos executados consoante a disponibilidade dos recursos. No planeamento *Heijunka*, os trabalhos realizam-se num ritmo constante durante toda a execução, pois estão disponíveis desde o início, todos os recursos para a concretização da tarefa agendada.



Fig.18 – Planeamento tradicional vs Planeamento nivelado

Este problema não é novo, nem sequer de difícil identificação, mas a sua resolução passa pela alteração do paradigma de planeamento de modo a contabilizar a execução de uma tarefa a partir da disponibilização de todos os componentes, e ainda que essa disponibilização seja feita nos momentos necessários à sua execução. Esta antecipação do planeamento provoca o nivelar da atividade para que seja efetuada praticamente desde o início na sua maior eficiência, decorrendo de forma constante – *line of balance* (fig.19).

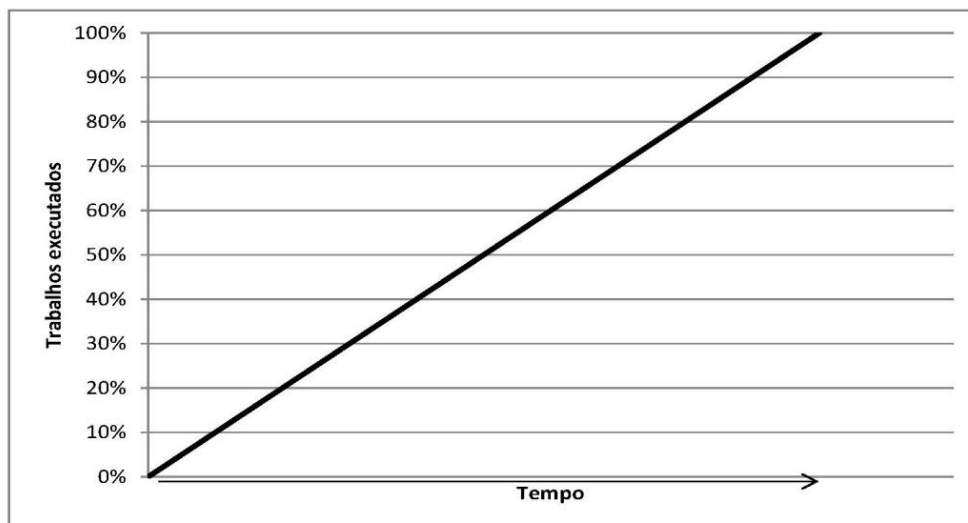


Fig.19 – Nivelamento acumulado de trabalho – Line of Balance (LOB)

O nivelamento das atividades e a aplicação cíclica das tarefas causa o impacto positivo em toda a organização, tanto pela disponibilidade dos componentes no momento de execução como pela liberdade de concretização proporcionada aos trabalhadores. O nivelamento da produção permite também incentivar a participação ativa dos trabalhadores (*andon*) na melhoria do sistema, pois coloca a descoberto muitos dos desperdícios que a desorganização ou a indisponibilidade dos componentes não o permitia. Outro dos benefícios desta ferramenta passa pelo nivelamento planejado das tarefas de cada trabalhador, de modo a igualar em termos de carga de trabalho e de dificuldade das suas tarefas respetivas.

Esta componente visa a satisfação dos trabalhadores pela igualdade de nível de exigência, mas também garante que o planeamento tem maior viabilidade de concretização, visto que cada trabalhador concretiza as suas atividades em simultaneidade com outros da mesma equipa e em caso de ausência, essa atividade será concretizada por outro trabalhador com uma produtividade semelhante. Esta ferramenta permite equilibrar o planeamento da gestão de obra, assim como fornece aos trabalhadores as condições de execução das suas tarefas a um ritmo constante com igualdade de trabalho e evolução contínua.

#### 4.2.7. Engenharia simultânea

Apesar desta ferramenta não se enquadrar na construção, no que diz respeito à sua execução, é extremamente importante para o correto planeamento e previsão de situações de risco ou de tarefas de maior complexidade.

Os processos e até mesmo tarefas individualizadas de obra podem ser planejados com maior eficiência se os projetos forem elaborados em cooperação e em simultâneo entre todas as entidades projetistas, para que a conjugação de todos os elementos construtivos e até mesmo trabalhadores, possa ser coordenado de forma muito mais eficiente. Sendo assim esta ferramenta corresponde a melhorias efetivas nos seguintes pontos:

- Valorização do projeto – a valorização do projeto é conseguida pela prevenção de erros de execução e compatibilização, descrevendo corretamente todo o contexto de execução e garantindo a qualidade.
- Fluxos de Valor – o fluxo das atividades essenciais à concretização do projeto, podem ser definidas e antecipadas, logisticamente, desenvolvendo soluções de previsão de defeitos e garantindo a sua qualidade.
- Equipas multidisciplinares – a utilização de equipas de trabalho com capacidade de execução de múltiplas tarefas, garante melhor qualidade de trabalho e fluxo de trabalho com o menor número de interrupções. Esta solução permite também ao planeamento a diminuição dos ciclos de tarefas, simplificando o planeamento e garantindo a repetição de tarefas e o ganho de experiência dos trabalhadores.
- Tecnologias de informação – a aplicação de tecnologias de informação permite uma melhor comunicação entre especialidades e a obtenção de uma antecipação de execução até ao pormenor.
- Coordenação de projetos – a função de coordenação de projetos tem uma componente de maior utilidade, passando a ser um contributo para o desenvolvimento do mesmo, ao invés do papel de meio de comunicação entre as várias especialidades.

- Diminuições dos prazos – os prazos possuem um benefício em toda a linha de valor, uma vez que a aplicação deste método diminui o tempo de projeto, mas também diminui a probabilidade de defeitos e desperdícios que provocam atrasos ao longo da execução.

A importância do projeto em si, juntamente com a forma de aplicação do mesmo, retira aos intervenientes em obra a necessidade de especular ou mesmo de pedir informações adicionais (processo escalonado) sobre qual a forma de aplicação das soluções adotadas. Esta solução permite a elaboração de documentos que fornecem todos os dados, assim como o planeamento antecipado de toda a execução, minimizando as ocorrências de desperdícios, insegurança e perda de qualidade. As vantagens da elaboração de um projeto em simultâneo são fundamentais para que a execução decorra de forma nivelada, com o decorrer de todas as atividades a processarem-se de modo emparelhado - processo iterativo (fig.20). Esta forma permite uma resposta mais eficiente, respondendo às exigências do mercado atual.

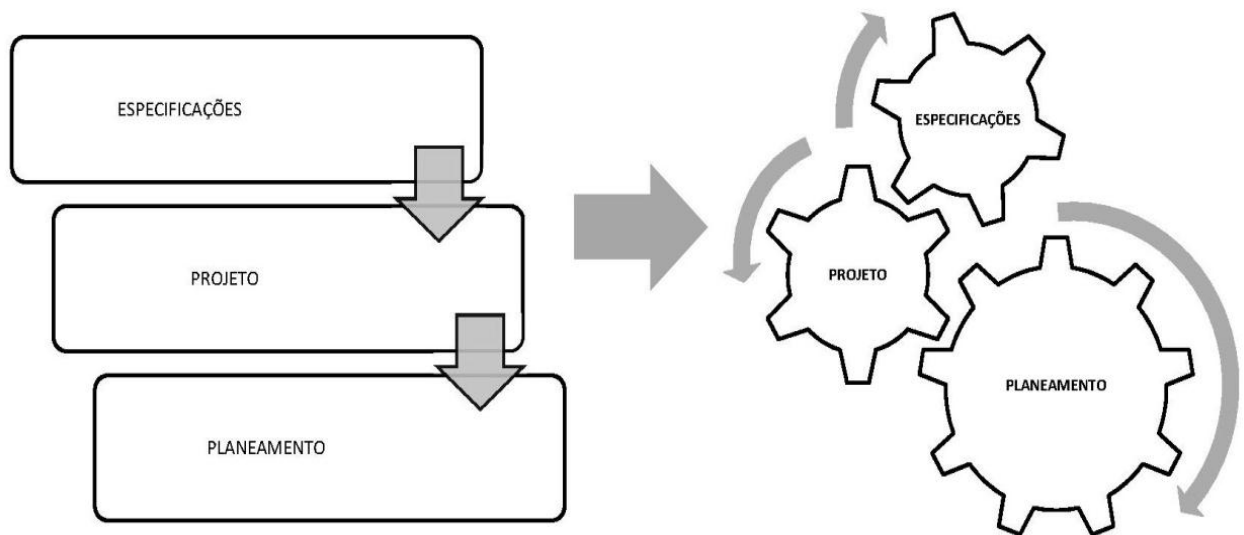


Fig.20 – Processo escalonado vs Processo iterativo

A utilização da Engenharia Simultânea implica uma poupança de recursos fundamental para a competitividade das empresas, pois prevê todas as questões logísticas antecipadamente, poupando recursos fundamentais e limitando os desperdícios em obra por falhas de recursos – mão-de-obra, equipamentos, materiais, entre outros.

A utilização de processos iterativos na conjugação das especificações com as várias especialidades dos projetos implica a limitação de falhas de comunicação e de compatibilidade entre os vários processos e tarefas, garantindo uma diminuição de desperdícios e a utilização de todos os recursos na sua maior eficiência.

#### 4.2.8. Jidoka – automação

A automação aplicada à construção tem como principal benefício a autonomia individual que permite a cada trabalhador identificar quais os desperdícios efetuados na sua tarefa e corrigi-los através da paragem de trabalhos e comunicação a todos os intervenientes. A identificação de desperdícios individuais em cada tarefa é praticamente impossível de ser feita a nível administrativo e de

dificuldade elevada para os técnicos de obra ou encarregados, que têm como principal função a agilização do projeto na sua totalidade. Como tal, a atribuição de autonomia e responsabilização de cada coordenador e trabalhador das suas tarefas, é um passo essencial para que cada tarefa possa decorrer com a garantia de qualidade e produtividade que apenas o trabalhador pode dar para a globalidade do projeto.

Para isso ocorrer é fundamental a utilização de mão-de-obra qualificada pois permite a libertação de muitas das tarefas de supervisão e fiscalização, com a responsabilização individual de cada trabalhador por cada tarefa e do coordenador do processo apenas pela sua totalidade. Por outro lado, a capacidade individual de cada trabalhador efetuar múltiplas tarefas, fornece a amplitude de identificar quais as situações que causam desperdício no decurso do fluxo de valor. Esta autonomia deve ser reforçada com a possibilidade de qualquer execução ser suspensa por qualquer trabalhador, identificando a fonte do desperdício a todos os membros da equipa e corrigindo de forma permanente os defeitos que causam desperdício no decurso da obra.

A automação visa acima de tudo a responsabilização individual dos intervenientes em cada passo concretizado na cadeia global de valor. Este passo apenas tem sentido se aplicado a intervenientes com qualificações específicas a cada função e com a capacidade técnica de avaliarem as tarefas no seu conjunto, de modo a proporcionarem uma melhoria contínua dos processos na sua globalidade. Este contributo deve ser difundido aos intervenientes subsequentes no projeto e no planeamento de forma a melhorarem continuamente as soluções técnicas e as conjugarem de forma adequada à rápida execução e qualidade adequadas.

#### 4.2.9. *Takt-time*

Esta ferramenta descreve o alinhamento temporal entre a necessidade do consumidor final e o nivelamento da produção (*heijunka*) que define quantos produtos devem ser produzidos para satisfazer as necessidades do consumidor e definir um ritmo constante de trabalho.

Este conceito é aplicável de forma muito intuitiva à produção de materiais, como o tijolo cerâmico, onde estes produtos são produzidos de forma constante para cumprir as necessidades das várias obras que se desenvolvem em parceria de planeamento ou simplesmente em encomenda prévia, possibilitando a previsão de produção e transporte. Mas na própria execução de obras pode ser efetuado um planeamento de forma semelhante, suprimindo as necessidades dos consumidores e mantendo um ritmo constante dos trabalhos. No planeamento de obras deve ser efetuado um planeamento, consoante a condicionante do prazo de execução que permita definir de forma sustentada quais os ritmos de receção de materiais, carga de trabalho, a dimensão das equipas e até mesmo quantas frentes de obra devem ser definidas para que a obra se desenrole dentro dos parâmetros de custo e prazos. Este fator de ritmo permite o controlo dos desperdícios e o planeamento sustentado, ao mesmo tempo que responde às exigências da crescente necessidade de prazos mais curtos, soluções de projeto e soluções tecnológicas mais complexas e ainda a um maior nível de qualidade.

#### 4.2.10. Equipas de trabalho

No ponto anterior foi já referida a função de um coordenador, mas esta função pode ser apenas uma referência que simbolize a criação de equipas de trabalho ou células de produção. Esta ferramenta de trabalho é já aplicada na indústria da construção, uma vez que existem habitualmente diferentes equipas de trabalho a efetuarem tarefas diferentes, mas muitas vezes não são identificadas ou mesmo referenciadas como equipas que são responsáveis individuais pelas suas tarefas.



Fig.21 - Conceito de trabalho de equipa  
Fonte: Vale, Fátima

A formação de equipas com a coordenação dos técnicos ou mesmo a atribuição de responsabilidades por determinadas tarefas, é um passo fundamental para que a experiência seja cumulativa e que os resultados sejam cumulativamente crescentes ao longo de uma obra. Através da criação de equipas constantes no número de elementos e na qualificação dos mesmos para a(s) tarefa(s) em questão, desenvolvem-se filosofias de responsabilidade e qualidade de trabalho que são fundamentais para qualquer execução. A criação de unidade dentro de equipas e da responsabilização das suas tarefas individualmente e no conjunto da equipa cria condições de melhoria contínua pela crescente experiência e partilha de conhecimento, aumentando o grau de satisfação dos trabalhadores e a filosofia de qualidade, eficiência e segurança no trabalho.

#### 4.2.11. Processos cíclicos

A construção é considerada como uma indústria desorganizada, onde, em cada obra os trabalhos são efetuados sempre em condições diferentes, com características diferentes e por essa razão o trabalho adquire um comportamento imprevisível. Numa avaliação macroscópica, esta pode ser considerada como uma afirmação verdadeira, mas na realidade a maior parte dos trabalhos podem ser subdivididos para que sejam efetuados de modo cíclico, que mesmo em contexto de obra conduzirá à crescente eficiência das capacidades técnicas dos trabalhadores.

Um dos exemplos mais frequentes prende-se com a necessidade de executar as obras em crescente rapidez, organizando várias frentes de trabalho para uma mesma tarefa, para que o projeto seja concluído no menor tempo possível. Na realidade, devido à metodologia tradicional aplicada na maioria das obras, cada equipa encontra-se a executar a mesma tarefa pela primeira vez, resultando num atraso global em todas as frentes de trabalho. O método mais eficiente implica a execução da mesma tarefa, pela mesma equipa, repetidamente, em que cada frente de obra executa tarefas diferentes. Esta subtil diferença produz resultados consideravelmente melhores, uma vez que cada equipa irá evoluir nos seus procedimentos, com o aumento de experiência e rapidez na execução de cada tarefa específica da mesma obra.

A grande diferença para as restantes indústrias vem do facto que a aprendizagem é feita por cada equipa em cada obra, tornando cada conjunto de trabalhadores como especialistas no modo de executar determinada tarefa, mas também na adaptação às constantes alterações de materiais e métodos construtivos. Assim como no sistema JIT, os trabalhadores tornam-se parte da solução, através da evolução dos seus conhecimentos e sua atuação em múltiplas tarefas da mesma especialidade (fig.22).



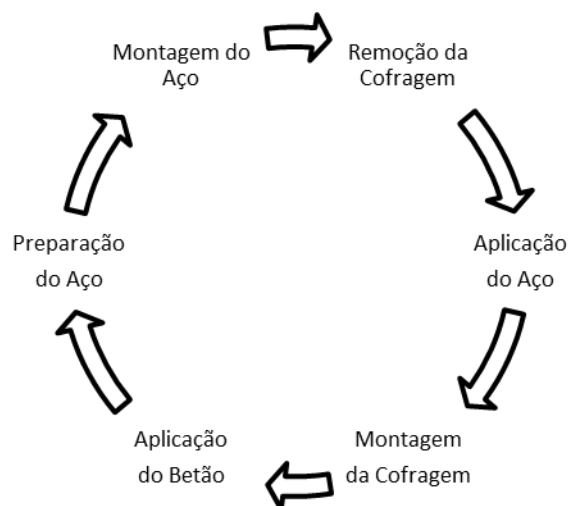


Fig.22 - Processo ciclico de Estruturas em Betão Armado

#### 4.2.12. Poka-yoke – Previsão de defeitos

A previsão de defeitos não passa tanto pela descrição de quais as tarefas que são mal aplicadas ou da sua deficiente execução, mas sim as medidas a implementar que consigam impedir a ocorrência de tarefas e aplicação de materiais de forma incorreta ou inadequada para as subsequentes tarefas. Esta ferramenta visa principalmente garantir a qualidade e evitar a duplicação de trabalhos que são formas de desperdício comuns a muitas indústrias. Estes desperdícios são exponencialmente maiores na construção, pois são muitas vezes identificados após o início da utilização das construções, provocando despesas que outras indústrias de fábrica permanente, não carecem. Estas despesas de deslocação de equipamentos, trabalhadores e materiais são um desperdício que depois de acrescentado aos valores de obra podem condicionar a margem de lucro alcançada durante a execução planeada.

A principal função é garantir que todos os equipamentos e materiais têm características que conduzem à correta execução, e que as tarefas a ser executadas estão intimamente ligadas à experiência pré-existente dos trabalhadores, garantindo mais um agente de “encaminhamento” dos intervenientes no percurso da qualidade e correta execução, logo na primeira aplicação.

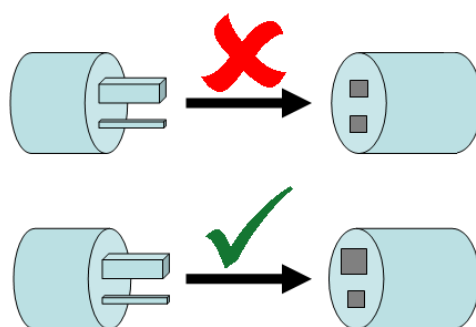


Fig.23 - Conceito de previsão de defeitos - Poka-Yoke  
Fonte: RH OPCO Academia

A previsão de defeitos deve também ser aplicada pelos próprios trabalhadores, quando a partir da sua autonomia de execução (*andon*) podem prever, através da sua experiência, quais as situações que produzem desperdício. Após esta identificação, torna-se fundamental a disseminação desta informação por todos os intervenientes diretos e indiretos, para a identificação da origem dos desperdícios, resolvendo essa situação e proporcionando aos intervenientes de outras tarefas (intervenientes

indiretos), uma forma de adotá-las às alterações, quer sejam anteriores ou posteriores à tarefa corrigida.

#### 4.2.13. *Standard Operating Proceeding Documents* (SOPD) - Documentos de procedimento operacional padrão

Os projetos na indústria da construção são essencialmente objetos de execução única, pois representam a adaptação das várias especialidades (arquitetura, estruturas, instalações de águas, entre outras) às condições do local de aplicação e legislação em vigor, entre outras condicionantes já referidas neste trabalho. Essa unicidade dos projetos implica a existência obrigatória de documentos de representação esquemática, que apesar de em muitos casos serem muito rigorosos, encontram-se a escalas reduzidas e não conseguem caracterizar todas as tarefas necessárias para executar uma obra.

Então, para realmente se compreender as especificidades das obras, não só são necessários SOPD que descrevam as atividades distintas da obra em questão, mas também que evidenciem as questões transversais a todas as obras. Estes documentos visam transmitir as questões mais práticas de execução que identificam os métodos e garantem a qualidade dos materiais após a transformação e/ou montagem em obra. Os mesmos documentos podem inclusive conter informação que identifique quais os perigos e situações de risco que podem ocorrer, assim com as patologias que são evidenciadas pela má aplicação dos mesmos, sendo uma referência de consulta e um manual de segurança em simultâneo.

Na vertente de planeamento, a importância desta documentação proporciona que sejam padronizados comportamentos de maximização da utilização e produtividade tanto de equipamentos e materiais, como de intervenientes.

A utilização deste tipo de documentação é já aplicada a áreas como a Segurança Contra Incêndio, onde, em caso de emergência são aplicadas um conjunto de medidas presentes no plano de emergência que visam garantir a segurança dos ocupantes desse recinto.



Existem várias plataformas e projetos de padronização de técnicas construtivas como são o caso das DTU (*Document Technique Unifié*) de origem francesa, que dispõem de soluções técnicas já padronizadas e testadas para que o comportamento das soluções aplicadas em obra seja satisfatório e cumpra a sua função, sem a ocorrência de defeitos e/ou trabalhos extra de reformulação/reparação. Em Portugal a solução de investigação designada por ProNic (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção), tem como função a padronização dessas mesmas soluções mas para a realidade portuguesa. Este sistema de suporte informático abrange a maioria das especialidades e pretende criar as condições para o aumento de produtividade dos trabalhadores e empresas, fornecendo documentação que descreva as principais soluções de construção e quais as formas de atuação para o correto comportamento dessas soluções em utilização. Este sistema em particular tem como principal função colmatar as dificuldades de comunicação entre os vários intervenientes de projeto e execução que provocam, designadamente:

- Ausência de documentos técnicos de referência relativos à informação sobre a execução dos trabalhos e materiais que lhes estão associados;
- Dificuldade de reunião e divulgação das normas, especificações e textos técnicos;
- Inexistência de conteúdos de utilização generalizada para geração de Mapas de Trabalhos e Cadernos de Encargos.

Outra das tentativas de implementação de documentação padronizada com caráter científico, é a plataforma informática “PATORREB”, esta designa as publicações de um “Grupo de Estudos de Patologias da Construção” que através de relatórios de situações defeituosas ocorridas em componente de obra, esclarecem muitas das anomalias que possam ocorrer após a conjugação de soluções construtivas não compatíveis, esclarecendo algumas das situações de defeito mais frequentes durante a exploração dos empreendimentos.

Uma das formas de garantir a aplicação desta ferramenta, passa pelo acompanhamento da documentação específica a cada tarefa com os materiais da sua aplicação, descrevendo sucintamente o comportamento que define a forma correta de:

- Armazenamento;
- Dosagem (quando aplicável);
- Segurança no manuseamento;
- Aplicação e garantia de qualidade;
- Aproveitamento máximo do material e/ou equipamento;
- Eliminação ou reciclagem dos desperdícios (quando inevitáveis);
- Situações de risco na tarefa.

	<p><b>Procedimento Operacional Padrão (POP)</b> pHmetro de Bancada – BEL Engineering – W3B</p>	 <p>Tensão: 110 V ou 220 V N.s.: 2011121417 Aquisição: Projeto FAPEMIG AF 1550/12 (FUNARBE) Cód. SGL: MP352</p>
------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Informações Importantes**

1. Conecte a termo sonda na parte de trás do aparelho, no conector "ATC"..
2. Os valores dos tampões devem ser exatos.
3. Não calibrar o instrumento com tampões com data de validade vencida
4. O eletrodo deve ser lavado com água destilada e seco com papel de filtro antes de ser inserido em outra solução tampão.
5. Sempre limpe a balança após a conclusão das medidas.

**Operação**

6. Conecte a fonte de alimentação e pressione a tecla [ON/OFF].
  - Com essa ação o instrumento se ligará e estará no modo de leitura de pH.
7. Antes de efetuar leituras ou calibração, o ajuste da compensação de temperatura deve ser feito, de acordo com a temperatura da solução a ser avaliada.
  - Se a termo sonda estiver conectada ao aparelho, o display mostrará o ícone "ATC", e a temperatura será medida e compensada automaticamente.
8. Coloque a amostra no recipiente e faça a leitura, após introduzir a termo sonda e o eletrodo na mesma.
  - Aqueça o valor se estabilizar!

**Calibração**

O instrumento deve ser necessariamente calibrado antes do primeiro uso ou quando o eletrodo é substituído. Na utilização, o equipamento pode ser recalibrado diariamente ou semanalmente, dependendo das condições de uso.

9. **Verifique a compensação de temperatura.**

**Pressione [CAL].**

(1) O display exibirá CAL 6,86.  
(2) Lave e seque os eletrodos de temperatura e pH.  
(3) Coloque o eletrodo de temperatura e de pH na solução tampão pH 6,86 (ou pH 7,0) e agite algumas vezes.  
(4) Pressione [ENTER] para confirmar a calibração, quando o valor se estabilizar, o display piscará três vezes e o ponto estará feito.
10.
 

(5) Lave os eletrodos com água destilada e insira-os no tampão pH 4,00 ou 9,18.  
(6) Pressione [ENTER] para o reconhecimento automático do tampão e quando o valor se estabilizar o display piscará três vezes e o ponto estará feito.

O pHmetro exibirá o valor do delta do eletrodo e retornará ao modo de leitura (CALIBRAÇÃO COMPLETA).
11. **MENSAGEM DE ERRO**

Por causa do reconhecimento automático de tampão, o instrumento poderá exibir uma mensagem de erro "ERR" quando o eletrodo for removido do tampão pH 6,86 para a lavagem antes da sua colocação no tampão pH 4,00. Isto não é um erro, e o instrumento retornará ao estado normal quando o eletrodo for colocado no tampão pH 4,00.

Fig.24 - Documento de procedimento operacional padrão  
Fonte: Raco, Fábio

A documentação pode ter ainda a função de antecipar circunstâncias especiais, prevenindo a ocorrência de falhas e analisando o risco da sua ocorrência através de metodologias como o FMEA (*failure modes and effects analysis*). Tal metodologia permite a prevenção de situações de risco pela análise de ocorrência de circunstâncias imprevistas e sobreavizando os intervenientes para que haja antecipação das mesmas através de atitudes de precaução para o decorrer do normal fluxo das atividades.

Por todas estas razões os documentos de procedimento operacional padrão são uma ferramenta fundamental para a concretização correta e atempada das tarefas, precavendo mesmo situações que alterem o normal fluxo de atividades e garantindo através deste planeamento a qualidade exigida para que o produto seja executado.

#### 4.2.14. *Kanban* – Etiqueta/Quadro

A utilização de referências visuais na construção, pode ser dividida em duas utilizações principais, os *kanbans* de produção e os *kanbans* de transporte.

Os *kanbans* de produção podem ser utilizados na identificação das necessidades de produção, uma vez que as tarefas vão evoluindo e dando lugar a novas e diferentes tarefas no processo seguinte da cadeia de valor. Este encaminhamento de tarefas é muitas vezes uma função desempenhada pelo planeamento e nem sempre corresponde à resposta mais rápida da cadeia de valor, sendo assim, as referências visuais (quadros ou cartazes) correspondem à indicação de um planeamento global disposto em local visível e de circulação obrigatória de todos os trabalhadores, para que haja a noção dos trabalhos a ser executados e de qual a data estimada de transição para as novas tarefas, por parte de cada equipa.

A utilização de quadros/cartazes de planeamento possibilitam o acompanhamento da obra por parte de todos os intervenientes e permite uma noção exata de quais os ciclos de trabalho de cada equipa, enquadrando o trabalho de todos os intervenientes e adequando o ritmo às necessidades da obra. Esta informação deve conter todos os dados necessários para que em cada momento se possa definir claramente quais as funções, local de trabalho e tempo de execução específico para cada trabalhador. A utilização deste método permite a transparência de informação sobre cada fase de obra e sobre cada equipa, através da transmissão a todos os intervenientes de qual o planeamento global, permitindo deste modo a cada trabalhador a adequação das suas tarefas às das outras equipas, assim como a avaliação da performance atual do seu trabalho.

A análise de um fluxo de valor deve ter em perspetiva as atividades, departamentos e organizações focando-se na eficiência do sistema globalmente, em vez da eficiência local destas equipas. A noção de globalidade pelo planeamento e a responsabilização individual dos trabalhadores nas restantes tarefas permite a “libertação” das equipas de planeamento, para a gestão do sistema no seu todo e a antecipação dos processos subseqüentes, eliminando todos os tipos de desperdício.

*“A eliminação de desperdícios irá contribuir para a melhoria da performance da cadeia de fornecimento”* – Arbulu e Tommelein (2002) (tradução livre).

A utilização destes identificadores visuais possibilita também o controlo de utilizações mais específicas, como o controlo dos materiais e da sua necessidade em obra – *kanbans* de transporte. Aliás, esta utilização tem origem na metodologia *Just-in-time* e possibilita a mobilização e utilização imediata dos materiais, sendo estes utilizadores após a referência de necessidade pelo *kanban* e pedidas apenas a quantidade estritamente necessárias, sem necessidade de alocação de inventários (stocks).

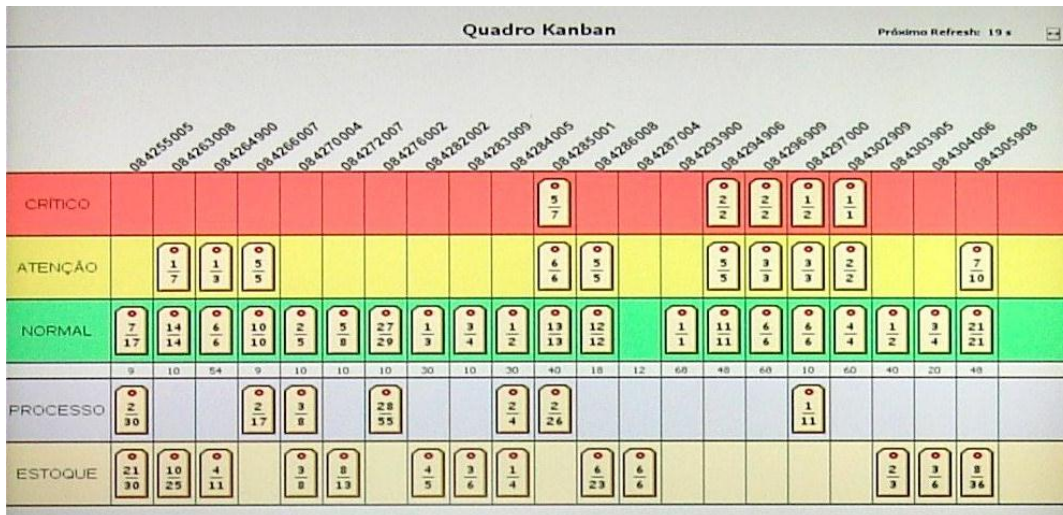


Fig.25 - Quadro *kanban*  
 Fonte: ThyssenKrupp

Este processo já explicado anteriormente produz também na construção uma diminuição de muitos dos desperdícios como:

- Eliminação de inventários (stocks) e excedente;
- Disponibilidade dos materiais no local de utilização;
- Disponibilidade dos materiais no momento de utilização;
- Diminuição de movimentação de trabalhadores;
- Nivelamento do trabalho;
- Rápida e fácil identificação e devolução de materiais defeituosos (assegurar qualidade);
- Controlo de materiais;
- Controlo de utilização e performance.

Segundo Arbulu et al. (2003) um dos principais benefícios da aplicação de *kanbans* prende-se com a racionalização de produtos para que a sua utilização corresponda às necessidades imediatas do projeto. Já anteriormente foi referido que a diminuição de inventários e a distribuição e utilização imediata de materiais no posto de trabalho produz muitos benefícios, mas na construção esses benefícios são acentuados pelas condições únicas de trabalho que podem acarretar largas despesas durante a construção. Na construção a aquisição antecipada de materiais implica a aplicação imediata de capital, assim como a alocação muitas vezes de crédito imediato. A utilização de *stocks* implica também a reserva de área em estaleiro para o seu armazenamento, a utilização de recursos de gestão de stocks e a criação de condições para que esses materiais não se deteriorem. Para que este desperdício não ocorra, os *kanbans* (fig.26) identificam o momento de necessidade dos materiais e acionam o mecanismo de encomenda que proporciona o parcelamento do transporte de materiais para que a sua deslocação possibilite a entrega direta em local de utilização dentro da obra. A utilização de material diretamente de fábrica evita a degradação das suas qualidades, a ocupação de área de obra e a utilização de meios de transporte de grande dimensão (mais dispendiosos) na entrega de grandes lotes de materiais.

KANBAN		Ref. <sup>a</sup> : _____	Capacidade : _____
Código : _____		_____	
Designação : _____		_____	
Fornecedor	_____ → _____	Cliente	
Nível de reposição : _____	Nível de urgência : _____		_____
Tempo de reposição : _____	Nº total de kanbans : _____		_____

Fig.26 - Kanban de transporte de materiais

Fonte: Silva, José

A utilização racionalizada dos materiais implica o planeamento de ciclos em maior quantidade e com menor dimensão, apesar deste esforço acrescido de planeamento, este processo resulta num controlo com maior pormenor do cumprimento das tarefas.

Todas estas tarefas extra são globalmente um desperdício e uma utilização ineficiente dos recursos, levando a que outras tarefas sejam executadas de forma deficiente e com recursos inadequados ou de disponibilidade desfasada da necessidade.

Com estes desperdícios como referência, Arbulu et al. (2003) definem a utilização de *kanbans* com o objetivo:

1. Fornecer aos utilizadores o que eles querem, quando eles querem, pelo sistema de “puxar” os materiais dos fornecedores;
2. Apoiar a redução de inventário (stocks) de materiais;
3. Redução de burocracia em papel para encomendas ou pelo aumento das quantidades de materiais;
4. Facilitar a racionalização de materiais;
5. Reduzir os ciclos de aquisição de materiais;
6. Eliminar variações do ritmo de trabalho/encomendas;
7. Contribuir para a melhoria contínua;
8. Agir como um catalisador nos métodos de aquisição;
9. Simplificar a gestão, processos de aquisição, armazenamento distribuição e eliminação de materiais.

A utilização de *kanbans* produz inadvertidamente a aplicação de outras ferramentas como os processos cíclicos e o nivelamento da produção (*heijunka*), devido à sua componente minimizadora de processos produtivos e quantidades transportadas. Este modo de produção produz resultados imediatos, a quantidade menor de informação que tem de ser processada diariamente que suaviza a gestão com tarefas de melhor compreensão e resposta a problemas de menor impacto.

#### 4.2.15. 5S

Os 5S representam uma ferramenta de gestão que se centra no local de trabalho e é definida por cinco palavras japonesas que mostram quais as condições que devem ser garantidas no posto de trabalho para que todas as atividades sejam executadas de forma rápida e correta. As cinco palavras definem os vários sentidos de trabalho aplicados no Japão de modo a instruir a população japonesa para um modelo de vida produtiva no pós-guerra.



Fig.27 – Os 5 sentidos

1. O primeiro conceito designa-se por palavra 整理 (Seiri), que pode ser traduzida como uma classificação diferenciada consoante a sua utilização de acordo com todos os objetos que rodeiam o trabalhador no seu posto, visando a eliminação de todos os materiais e equipamentos que não tenham uma função no desempenho da tarefa atual.

A existência de materiais sem utilidade provoca:

- Ocupação desnecessária de espaço útil;
- Obstáculos à livre circulação e operação;
- Informações incorretas e atrasos;
- Acidentes de trabalho.

Este conceito descreve a atitude de separar as anomalias que atrapalham a execução e induzem o erro durante a execução, prejudicando a qualidade e a produtividade. Na construção a falta de classificação ocorre com maior frequência, com as diferentes obras a terem materiais e equipamentos diferentes, mas a classificação pode mesmo assim ser obtida pela aplicação sistemática dos mesmos pressupostos de trabalho em cada obra com respetiva instrução aos vários intervenientes.

2. O segundo conceito designa-se por 整頓 (Seiton), que descreve a ordem de organização de todos os materiais e equipamentos para um fácil alcance e prática utilização. Todo o tipo de equipamento deve estar disposto de forma a minimizar a movimentação do trabalhador, assim como os materiais devem estar previamente dispostos de modo a permitir uma rápida aplicação, sem esforço e espera por parte do trabalhador.

A existência de organização provoca:

- Rapidez e facilidade para encontrar documentos, materiais, ferramentas e outros objetos;
- Facilidade na operação dos equipamentos;
- Economia de tempo;
- Evacuação rápida em caso de perigo.

Este conceito também se aplica a outros objetos que possam ter utilização menos regular, onde a organização estabelecida permite que se encontre todos os materiais e equipamentos em qualquer altura. O conceito defende o posicionamento de todos os objetos, consoante a sua tipologia e necessidade de utilização.

3. O terceiro conceito vem da palavra 清掃 (Seisō), que designa a limpeza a que devem estar sujeitos todos os objetos e o local onde o trabalhador executa as suas tarefas. Este conceito tem como objetivo a limitação de ocorrências de desperdícios causados pela sujidade no local, que provoca defeitos e avarias em materiais e equipamentos de execução, assim como acentua situações de perigo para a segurança dos intervenientes.

A limpeza do local proporciona:

- Melhoria do bem-estar pessoal e do local de trabalho;
- Maior segurança e controlo dos equipamentos;
- Prevenção de acidentes e preservação do meio ambiente;
- Eliminação de desperdício.

A construção é uma indústria com quantidades elevadas de sujidade produzida, assim como muitos desperdícios de materiais de aplicação e de materiais de auxílio à execução. Muitos desses desperdícios, apesar de não produzirem diretamente valor para o projeto, são essenciais para a execução das tarefas, como tal são de muda tipo 1, e não podem ser eliminados da cadeia de valor. Apesar de ser impossível eliminar estes desperdícios, é fundamental que após a execução das tarefas específicas, todo o espaço de trabalho possa ser limpo para garantir as condições de segurança e qualidade, assim como recolher todo o material sem dano, para futuras utilizações ou reciclagem assim como o cumprimento dos conceitos *Seiri* e *Seiton*.

4. O quarto conceito designa-se por 清潔 (Seiketsu), que descreve a padronização dos comportamentos de qualidade, produtividade e segurança, definidos pelas tarefas realizadas pelo trabalhador, assim como pela documentação (SOPD) que sistematizam estes comportamentos nos trabalhadores.

A padronização provoca:

- Local de trabalho agradável/salutar e seguro;
- Prevenção de acidentes e doenças profissionais;
- Aumento da satisfação e motivação pessoais pela noção de conhecimento e aplicação.

A padronização na construção pode ser sustentada pela experiência dos trabalhadores e pela aplicação de documentação, quando as técnicas trazem novas ou diferentes soluções construtivas. A utilização de padrões nas diferentes tarefas, provoca também a maior autonomia dos trabalhadores, com a perceção imediata do encadeamento das diferentes tarefas e a aplicação intuitiva pela semelhança de metodologia de aplicação. Esta técnica cria condições de trabalho com maior produtividade pela aprendizagem mais eficiente das metodologias de trabalho e assim garantindo padrões de qualidade, eficiência e segurança na execução.

5. O último conceito designa-se por 躰 (Shitsuke), que descreve a disciplina a ser autoimposta por parte dos trabalhadores, ao aplicarem os conceitos anteriores e procurarem a evolução do método aplicado, melhorando não só as suas condições de trabalho como a qualidade e eficiência da aplicação de disciplina.

A aplicação de disciplina implica:

- Cumprimento dos procedimentos e regras
- Consciencialização da responsabilidade das tarefas
- Melhoria das relações e do trabalho em equipe
- Melhor qualidade, produtividade e segurança no trabalho



- Valorização e desenvolvimento pessoal

A disciplina pode ser apenas obtida quando os objetivos de melhoria são partilhados por todos os envolvidos - como foi o contexto japonês – o que implica uma visão conjunta de melhoria das condições de trabalho e a dignificação da construção enquanto atividade económica e social.

No seu conjunto, os 5S têm como objetivo:

- Evitar o desperdício e avarias dos equipamentos devido ao mau uso e falta de manutenção e limpeza;
- A prevenção de paragens inesperadas, estimulando a manutenção preventiva;
- O combate a todas as formas de poluição;
- Redução do risco de acidentes;
- A melhoria na qualidade dos seus produtos e serviços;
- Uma relação positiva entre a empresa e o trabalhador;
- A saúde mental e física dos trabalhadores;
- Mais qualidade de vida para todos.

Embora estes conceitos tenham já sido abordados neste trabalho como objetivos da construção ou como outras ferramentas da metodologia da construção *Lean*, é perceptível que a aplicação na ferramenta 5S visa muito mais a valorização do trabalho pelo próprio trabalhador, tanto a partir de conceitos de gestão incutidos pela entidade empregadora, como pelo conceito social em que a profissão envolve o trabalhador. É essencial que o conceito de valorização profissional seja defendido perante o trabalhador e seja enaltecida a sua aplicação em qualquer tarefa, para que exista um envolvimento pessoal na aplicação desta ferramenta *Lean* pelo próprio trabalhador. Esse envolvimento empresarial na formação e contínua insistência na aplicação dos conceitos pelo trabalhador representa um sexto conceito/senso – pouco difundido na bibliografia da especialidade – descrito pela palavra *Soisen Suihan*, que define a insistência de ensinar.

#### 4.2.16. Total Quality Management (TQM) – Gestão Total da Qualidade

O conceito TQM pode-se considerar como um conjunto de ferramentas que se aplicam a uma determinada indústria com o intuito de produzir qualidade em todas as tarefas do fluxo de valor até à finalização do processo. Essas ferramentas não são constantes, mas dependem do tipo de indústria, das suas características de funcionamento e do mercado comercial, sendo que uma das ferramentas mais identificadas com este conceito seja os 5S, devido à fundamental dependência de mão-de-obra que praticamente todas as indústrias possuem.

A vertente de evolução deste conceito parte da predisposição que os processos que dão origem ao produto, também devem possuir as mesmas garantias de qualidade, contabilizando os “custos da qualidade”. Durante este processo o sistema é encaminhado através de uma evolução contínua que finalmente conceda ao sistema as condições para a criação de um produto que ao longo do fluxo de valor produza “defeitos-zero”. Esta conceção foi idealizada para indústrias de fábrica com características muito mais previsíveis que a da construção, e mesmo nessas a garantia de “defeito-zero” revela-se uma tarefa muito difícil de alcançar.

Existem várias formas específicas em cada empresa para a obtenção de qualidade total, mas a verificação do produto por parte do trabalhador tem sido a mais preconizada, pois estes intervenientes possuem deste modo não só maior responsabilidade como têm capacidades únicas para avaliar o produto e corrigir qualquer anomalia de imediato, impedindo a sua continuidade da mesma ao longo do processo produtivo.

No relatório de Koskela (1992), são definidos conceitos semelhantes de TQM aplicados a 3 empresas visitadas pelo autor, eles foram:

- Definição e padronização de processos de trabalho – aplicados principalmente a atividades transversais ao processo produtivo;
- Atribuição de responsabilidades pelos processos;
- Definição de responsabilidades pela manutenção e desenvolvimento dos processos;
- Instituir equipas que identifiquem e desenvolvam metodologias de resolução de problemas;
- Desenvolvimento de sistemas de medição para suporte e monitorização das melhorias.

Na construção esta definição de valor deve ser considerada na globalidade, mas apenas a aplicação por parte de todos os intervenientes, desde fornecedores, trabalhadores, gestores, administradores e até ao consumidor final, é que pode ser considerado como uma real gestão total da qualidade.

*Qualidade significa fazer corretamente quando ninguém está a olhar* – Henry Ford

A variedade de intervenientes da construção torna a questão da gestão de qualidade um conceito mais importante e com capacidade de impacto muito superior a qualquer outra indústria, por isso a sua importância deve ser difundida como um dos meios de credibilizar a construção e uma forma de fidelizar o consumidor final.

#### 4.2.17. 5W2H

Originalmente criada por Rudyard Kipling (5W1H), esta ferramenta na realidade foi concebida em forma de um poema que dispunha das palavras-chave utilizadas na resolução de problemas e a criação de ideias. Este poema descreve a procura de respostas aos seus problemas imediatos:

*I have six honest serving men  
They taught me all I knew  
I call them **What** and **Where** and **When**  
And **How** and **Why** and **Who**.*

*Tenho seis honestos homens que servem  
Eles me ensinaram tudo que eu sabia  
Eu chamo-lhes **o que e onde e quando**  
E **como e porquê e quem***

Na indústria, este poema foi adaptado de Kipling e tornou-se em 5W2H que representa as iniciais em inglês de 7 perguntas que devem ser efetuadas para questionar situações de desperdício ou de perda de valor ao longo do percurso de produção, assim como a descrição de como atuar e quais os custos envolvidos. Estas perguntas visam clarificar as questões de quais as causas que podem resultar neste tipo de situações definindo: “o quê” (what) foi (está a ser) afetado, “quem” (who) está envolvido, “quando” (when) ocorreu, “onde” (where) ocorreu e “porquê” (why) é que ocorreu, definindo posteriormente “como” (how) ocorreu a situação e “quanto custa” (how much) a sua ocorrência e/ou possivelmente a sua resolução.

Como se percebe a garantia de qualidade é uma tarefa contínua e apenas pode ser conseguida quando se encontram as perguntas base a fazer, para antecipação ou efetiva resolução de ocorrência de desperdícios ou de perda de características de qualidade do produto.

#### 4.2.18. *Total Productive Maintenance* (TPM) – Manutenção Produtiva Total

Além do próprio produto existe o equipamento que de uma forma mais consistente pode causar paragens na produção uma vez que sofre grande desgaste pela sua utilização contínua. As avarias, acidentes ou defeitos são alguns dos problemas que podem ser causados pelo equipamento. Estes problemas podem ser de difícil resolução consoante o grau de dependência que a produção tiver do equipamento ou a capacidade de substituição que a empresa possuir. Seja qual for a situação, o equipamento revela-se fundamental na execução das tarefas do fluxo de valor.

A forma encontrada de minimizar estas ocorrências passou pela atribuição da responsabilidade pela manutenção do equipamento aos trabalhadores o utilizavam. A aplicação da TPM introduziu benefícios em toda a linha de produção, com a diminuição de paragens e de custos para as empresas e a eliminação de perdas, garantindo qualidade nos produtos em que foram utilizados os equipamentos.

A atribuição desta responsabilidade acrescida aos trabalhadores resulta num ganho de conhecimento do próprio trabalhador e por seu lado, a sua valorização pessoal e profissional perante a empresa.

Em construção, a utilização de equipamento provoca grande desgaste e sujidade pela variedade de tarefas em que o mesmo equipamento pode ser utilizado e em condições de utilização muito exigentes. A verificação do material, limpeza e recolha em armazém é fundamental que seja efetuada numa base diária pelo operador do equipamento. Outra das razões para a aplicação da TPM na construção prende-se com a dificuldade de disponibilidade de mão-de-obra qualificada para a reparação de todo o tipo de equipamento em todas as localizações das obras. Cada obra situa-se em local diferente do anterior e por essa razão, a ocorrência de situações problemáticas em equipamentos pode provocar a paragem de trabalhos. Por essas razões, na construção a importância da manutenção é fundamental para a segurança dos utilizadores e para o normal fluxo das atividades.

#### 4.2.19. *Kaizen* – Melhoria Contínua

O conceito de melhoria contínua é transversal a todas as ferramentas, visto que por mais aperfeiçoado que qualquer método seja, a evolução natural do mercado comercial, modifica os padrões de funcionamento de qualquer sistema. Esta evolução acentua a importância de serem idealizados sistemas de evolução, ou até mesmo criadas equipas de identificação e resolução de problemas – como defendido por Koskela (1992).

Além dos sistemas de evolução, as soluções defendidas pelas equipas de trabalho ou individualmente pelo trabalhador, criam uma participação ativa por parte de todos os envolvidos na execução e controlo de qualidade ao longo da linha de produção, elevando os índices de valorização laboral de cada um dos intervenientes. Esta participação continuada para a melhoria gradual das ferramentas de controlo e do próprio produto criam uma relação humanizada com o trabalho e incentivam a produtividade de todos, com um objetivo comum de evolução pessoal e empresarial, relacionando as duas vertentes como um fator de crescimento comum.

# 5

## GESTÃO NA CONSTRUÇÃO

### 5.1. MUDANÇA DE CONCEITO

Na indústria da construção muito do contexto vivido cria a inconsciente percepção que os defeitos fazem parte da realidade dos materiais e dos mecanismos de execução em obra, apenas podendo ser minimizados através de evoluções tecnológicas. Esta situação produz atrasos na execução, derrapagens nos orçamentos e variabilidade na qualidade das construções, tornando-se numa ocorrência de tal modo usual que se efetuam previsões de atrasos e derrapagens que poderão existir ao longo das obras. Este fenómeno faz parte de uma realidade de execução descontrolada e da aceitação dos atuais métodos de planeamento assim como de gestão instalados ao longo dos anos.

O sucesso alcançado pelos métodos da Produção *Lean* nas mais variadas indústrias incentivou a sua aplicação na indústria da construção. Os obstáculos no início da sua aplicação são comparáveis aos encontrados na indústria automóvel que durante a aplicação do método TPS encontrou demasiadas paragens da linha de produção e finalmente encontrou o seu entrosamento “perfeito” apenas após vários anos de tentativas. Após o sucesso alcançado, a procura da eliminação dos desperdícios continua (*kaizen*), mesmo no contexto da gestão atual da *Toyota Motor Company* - Womack et al (1990).

Na construção, a resiliência é fundamental para que seja possível a aplicação das ferramentas descritas, sendo importante definir os objetivos e modos de atuação da empresa, para uma escolha devidamente sustentada na forma de modificar estratégias e comportamentos. Como tal, são necessárias abordagens de controlo de gestão que, não só sustentem as ferramentas aplicadas como garantam o controlo das mesmas em todas as fases da obra. Estes conceitos não são completamente desconhecidos da realidade da construção, sendo o caso da construtora brasileira Hernandez - Conte (2002) - e da portuguesa, Norlabor – Ferreira (2010) - exemplos de empresas que iniciaram a sua transição com a aplicação parcial destes conceitos, com resultados favoráveis.

Os resultados provam que o salto qualitativo é possível e que feito de forma sustentada produz resultados num curto espaço de tempo. A diminuição de desperdícios e o controlo das atividades produzem resultados de forma imediata e introduzem fatores novos na construção que impelem a correta atuação em todas as atividades ligadas às empresas.

De seguida descrevem-se conceitos de gestão e modelos de controlo das várias ferramentas, assim como formas de identificar o comportamento empresarial nas suas empreitadas, possibilitando o acumular de dados de comportamento empresarial que auxiliem as decisões futuras.

## 5.2. CONCEITOS DE GESTÃO

Os conceitos de gestão, nada mais são do que ferramentas que durante a obra permitem o controlo da produção através de um agente de mudança, *last planner* e através de métodos de gestão que permitam a identificação dos desperdícios no decorrer das atividades. Estes intervenientes e metodologias são peças fundamentais que procuram e identificam em todas as fases do projeto quais os desperdícios possibilitando a elaboração de soluções que eliminem esses desperdícios.

Independentemente das atividades, tarefas e processos, é necessário existir dados concretos de cada projeto, no decorrer e no final do mesmo. Dados que descrevam pormenorizadamente cada tarefa e processo e quantifiquem os parâmetros fundamentais que demonstrem qual a performance no decorrer da obra. Estas informações são um barómetro que identifica quais os desperdícios, que mesmo o controlo mais pormenorizado não identificou, ou que no mercado comercial demonstrem a existência de práticas mais adequadas à indústria em questão. Desta forma, a obtenção de dados, possibilita em qualquer instante, a melhoria contínua de metodologias de trabalho e evolução dos intervenientes, levando as empresas pelo caminho da eficiência através da flexibilização da sua atuação.

## 5.3. AGENTES DE MUDANÇA

A designação de agente de mudança despoleta muitas vezes a ideia de uma fiscalização que a qualquer instante intervém de forma crítica e que condiciona a atuação dos intervenientes, mas tal ideia não podia estar mais errada. A função de um agente de mudança é principalmente o ensino insistente e continuado (*Soisen Suihan*) da forma de atuação e do modo de encarar cada fase de projeto, demonstrando a importância de cada tarefa no conjunto e de que os pequenos desperdícios prejudicam tanto como os de maior dimensão. O papel do agente de mudança é defendido no livro *Lean Thinking* – Womack, Jones (1996) - como o principal impulsionador para a existência de uma melhoria contínua no interior de uma empresa sendo de extrema importância pois a sua “única” função é a diminuição de todas as atividades desnecessárias, quer pela criação de valor quer pela diminuição dos desperdícios. O elemento ou equipa de elementos que incentivam e impulsionam esta mudança (fig.28) têm obrigatoriamente de possuir conhecimentos transversais a todas as atividades, assim como dialogar com os trabalhadores das mesmas para se dotar das informações necessárias a produzir essa mudança. A contribuição dos elementos que realmente executam essas tarefas, é fundamental para que haja a perceção das dificuldades e a mudança seja transparente e instrutiva para todos. Este papel de mudança visa aplicar ferramentas como *heijunka*, 5S, TQC, *poka-yoke*, entre outros, que permitam a integração de todos os intervenientes no planeamento.



Fig.28 – Mudança de conceitos de equipa  
Fonte: NRFacil

Tal função é transversal a todas as atividades, como tal pode ser executada por uma pessoa, ou preferencialmente por uma equipa que tenha como função o acompanhamento completo de todos os processos do projeto. No relatório de Koskela (1992) foi identificada esta função como “equipas que identifiquem e desenvolvam metodologias de resolução de problemas”, que no âmbito da construção será definida como uma equipa de gestão com autonomia de alteração de métodos e atitudes na logística das empresas e formas de execução. Pela importância desta tarefa, pelo impacto em todas as fases de projeto, mas acima de tudo pela maneira como altera os paradigmas das empresas, esta função apenas pode ser aplicada se apoiada pelas hierarquias superiores das empresas, pois produz alterações estruturais que modificam a maneira de trabalhar dos seus intervenientes e a forma de tratamento de informação em todos os departamentos existentes. Todos os departamentos passam a ter como principal função a diminuição de desperdícios, em que cada departamento fica responsável pela diminuição ou eliminação dos seus desperdícios e pelo contributo na diminuição dos desperdícios de outros, em cooperação com a restante estrutura empresarial – transparência nas atividades.

#### 5.4. LAST PLANNER SYSTEM

Este sistema foi pela primeira vez introduzido pelo *International Group for Lean Construction (IGLC)* - Ballard (1993), no qual foi descrita a importância do controlo de produção em estaleiros de construção. Esta ferramenta tem por base o sistema *Lean Construction* e preconiza a importância do último interveniente no planeamento, que precede imediatamente a execução, a este elemento (pessoa ou equipa) foi descrito como “o último planeador” (*Last Planner*).

A principal diferença deste método de gestão para os restantes prende-se com o facto de que a construção não se pode reger exclusivamente por planeamentos efetuados em fases de projeto, ou em fase de início dos trabalhos – adjudicação de obra. Este sistema defende o planeamento continuado de todo o processo, atualizando-o em cada passo e especificando cada vez mais cada tarefa e cada processo que deve ser executado no imediato (nos dias subsequentes). Este planeamento de maior proximidade à obra não exclui a necessidade dos planeamentos antecedentes, aliás, apenas reforça a necessidade em cada fase de serem elaborados planeamentos com os dados atualizados e as especificidades acrescentadas em cada etapa.

O que torna o *Last Planner* único é o contacto exclusivo do planeador com o trabalhador, o que possibilita contabilizar todas as formas de execução no planeamento e quantificar a implicação destes fatores no atual planeamento.

Mas este planeamento está condicionado ao acompanhamento do *Last Planner* nas fases iniciais de projeto, uma vez que, para o correto planeamento e organização de obra é necessário que o interveniente mais próximo da execução seja capaz de antecipar todas as condicionantes de obra e que preveja a necessidade de todos os componentes para a sua execução. Acima de tudo, este sistema visa posicionar um elemento de controlo à execução da obra, elemento esse que proporcione todas as condições de funcionamento atempado das tarefas, com a antecipação da necessidade de materiais, equipamentos, mão-de-obra, espaço e condições de trabalho para o correto encadeamento do fluxo de tarefas.

Para conseguir garantir que o planeamento das tarefas é efetuado de forma efetiva, garantindo todas as condições, o planeador deve adequar 3 processos de verificação:

- *Should* – o que deve ser feito
- *Can* – o que pode ser feito
- *Will* – o que será feito

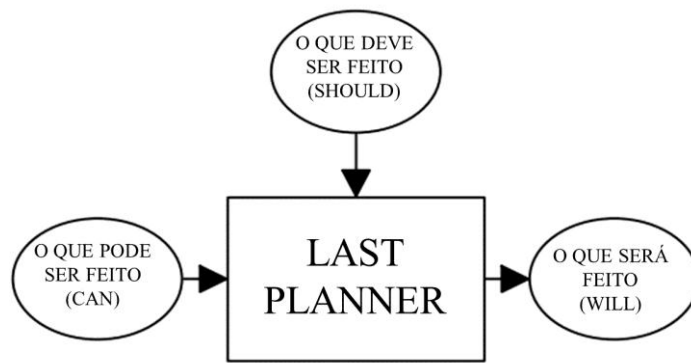


Fig.29 – Processo de planeamento centrado no papel do *Last Planner*  
 Fonte: Ballard e Howell (1997)

Estes 3 processos determinam a forma de resolução de planeamento a curto prazo, com a necessidade de organização das tarefas, mas com a noção de que o fluxo de trabalho apenas pode decorrer com eficiência se os recursos estiverem disponíveis e se as tarefas antecedentes estiverem concluídas.

A função principal do *Last Planner* é a aplicabilidade de qualquer solução preconizada, uma vez que cabe a este interveniente a garantia de que o planeamento pode ser mesmo concretizado, quer pela disponibilidade dos recursos, quer pela praticabilidade da solução teórica adotada em projeto.

Outra das funções primordiais deste elemento é a aproximação do planeamento ao que realmente é concretizado, com a função de nivelar os trabalhos e de impedir que informações defeituosas criem situações em que são necessários desperdícios de recursos para cumprimento de prazos ou de qualidade. Os planeamentos com excesso de equipas, com stocks de material ou com excessos de equipamento, são soluções de desperdício que pretendem impedir atrasos de obra, assim como garantir que falhas de planeamento não se repercutam na execução. Estas soluções só podem ser mitigadas com planeamentos no local e com elementos especificamente dedicados a essa tarefa, que visam o controlo atempado do fluxo de trabalho ao invés do controlo posterior dos próprios trabalhadores.

Em sintonia com as ferramentas do sistema *Lean Construction* é fundamental definir que do fluxo de valor existente ao longo da cadeia de produção, a construção necessita de um interveniente que possa adequar em qualquer momento, em qualquer local da obra, o controlo de produção e o controlo do fluxo de valor (trabalho), o que não se verifica em outras indústrias.

O controlo de produção tem como principal função ajustar o planeamento predefinido à realidade das equipas de trabalho, definindo especificamente através de ferramentas como *heijunka*, *kanban*, *5S*, *poke-yoke* e *kaizen*, a aprendizagem progressiva dos trabalhadores e a correção de atitudes. Este controlo é uma das etapas que é praticamente única à construção, uma vez que, as equipas de execução não são obrigatoriamente pertencentes ao empreiteiro geral e a aplicação de filosofias empresariais tem de ser incutidas aos novos trabalhadores em cada obra. A fase de controlo de produção descreve todo o processo logístico de organização de todos os recursos para a execução da obra, de onde se destacam:

- Organização do local (planeamento de estaleiro);
- Contratação e definição de equipas de trabalho;
- Alocação de equipamentos (por deslocação, compra ou aluguer);
- Gestão de aquisição e entrega de materiais.

O *Last Planner* cria na produção as condições de trabalho e posteriormente monitoriza o decorrer das atividades através do controlo de fluxo de trabalho. Este controlo visa a gestão da transição de tarefas

entre os trabalhadores, garantindo que as condições para o consumidor interno são as corretas para o correto fluxo de valor e para a garantia de qualidade.

Para a gestão destes controlos existe uma ferramenta designada por Percentagem de Planeamento Concluído (PPC) que é utilizado para quantificar o desempenho da produção. Este planeamento mais próximo da produção (diária ou semanalmente) permite não só avaliar o cumprimento do ritmo predefinido de trabalho como acumular informação da produtividade concreta de cada equipa.

$$PPC = \frac{n^{\circ} \text{ de tarefas concluídas}}{n^{\circ} \text{ de tarefas planeadas}} \times 100 \quad (1)$$

A ferramenta PPC retrata com fiabilidade o comportamento das tarefas e permite uma previsão correta do comportamento a longo prazo, pois retrata dados pertencentes à obra atual e não previsões exclusivamente baseadas em outros projetos. Este indicador quantifica a quantidade de trabalho concluído em relação ao planeado e pode ter a pormenorização que for mais adequada para a obra, com registos diários, semanais, mensais ou da totalidade da obra.



	Título	Id	Horas Previstas	Horas Realizada	%C	%C Prev	Início Previsto	Início Realizado	Fim Previsto
1	Projeto - Demanda 12751	239	700:00	00:55	12,00%	1,43%	21/12/2010	21/12/2010	28/02/2011
2	Atividade 1	5763	700:00	00:55	12,00%	1,43%	21/12/2010	21/12/2010	28/02/2011
3	Tarefa 1	15944	16:00	00:50	60,00%	50,00%	21/12/2010	21/12/2010	22/12/2010
4	Tarefa 2	15945	400:00	00:05	10,00%	1,43%	21/12/2010	21/12/2010	28/02/2011

Fig.30 – Cronograma com Percentagem de Planeamento Concluído  
Fonte: TraceGP

O planeamento pode então processar-se com a especificidade de prazos que mais for adequada ao projeto em questão, mas para um controlo global é necessário que sejam definidos pelo menos 3 níveis:

- Longo prazo;
- Médio prazo;
- Curto prazo.

Estes 3 níveis são fundamentais para que, devido à complexidade da construção, se consiga em qualquer momento manter uma visão completa das condicionantes do planeamento e poder adequar todas as atividades ao ritmo instalado.

No planeamento a longo prazo estão as informações básicas de projeto com a descrição das datas contratuais de início e fim de projeto, do orçamento total e das tarefas fundamentais para o cumprimento dos requisitos do consumidor final. Este planeamento é o que não pode ser alterado ao longo da execução, uma vez que define os padrões com que a empresa se retrata perante o consumidor final e com os quais define a qualidade da sua organização.



Apesar de nesta fase não haver em termos de planeamento muita especificação da forma de atuação e execução, estes são os fatores limitantes ao longo da obra e devem ser mantidos como uma referência mesmo para os planeamentos a curto e médio prazo

O planeamento a médio prazo refere-se a todo o planeamento que, segundo Ballard (2000a), prevê a próxima fase de execução de uma obra (*lookahead planning* – planeamento futuro), que descreve a ligação do planeamento a longo prazo com as atividades diárias, através de uma gestão definida entre 3 e 12 semanas. Este planeamento é de extrema importância pois dele dependem encomendas e deslocações de todo o tipo de recursos para a obra, segundo o qual decorre o correto fluxo de valor. As principais funções do planeamento a médio prazo foram definidas por Ballard (2000a) como:

- Definição da sequência e fluxo (ritmo) de trabalho;
- Equiparar capacidade e ritmo de trabalho;
- Decomposição das atividades em pacotes de operações de trabalho;
- Desenvolvimento de métodos detalhados para a execução dos trabalhos;
- Criação de lotes de trabalho que possam ser executados quando os lotes planeados sofrerem atrasos;
- Atualização e revisão do planeamento de longo prazo.

Em síntese o planeamento a médio prazo antecipa o decorrer das tarefas nas semanas seguintes de forma a ter disponível todos os recursos e organizar as tarefas que possam ter sofrido alterações, de modo a enquadrá-las no planeamento e cumprir os prazos definidos.

Para as decisões mais imediatas e para a gestão diária dos trabalhos, o sistema *Last Planner* define um planeamento a curto prazo que delimita o seu raio de ação entre 1 dia a 2 semanas. Este planeamento é da exclusiva responsabilidade do *Last Planner*, uma vez que retrata o comportamento da produção e os ajustes que devem ser feitos devido à variabilidade natural da construção. Este planeamento visa não só a distribuição de tarefas, a gestão das frentes de obra e a organização constante de estaleiro e materiais, mas também visa garantir a qualidade do produto entre tarefas e do projeto no seu conjunto. Para garantir a qualidade na produção, este método recorre ao sistema adotado pela Toyota, *Just-in-time*, no qual existe a paragem de produção (parar a linha de produção), a identificação e resolução do produto defeituoso, impedindo deste modo o recorrente aparecimento deste defeito ou desperdício.

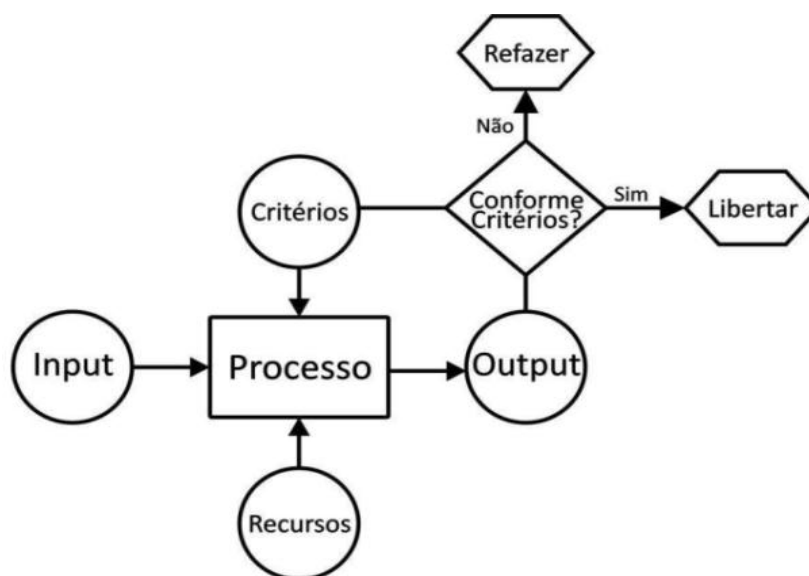


Fig.31 – Modelo de definição qualidade nas atividades  
Adaptado: Ballard (1999)

Ballard e Howell (1998) foram mais longe e definiram mesmo quais os 5 requisitos que atividades adjudicadas devem ter para que a qualidade esteja presente:

- Definição – As tarefas são específicas o suficiente para que o tipo e a quantidade corretos de materiais possam ser encomendados, o trabalho pode ser coordenado com outras especialidades, e é possível dizer no fim da semana se a atribuição foi concluída.
- Fiabilidade – É possível a execução de todas as tarefas, isto é:
- Estão todos os materiais disponíveis e na localização onde são necessários?
- Existe documentação de aplicação ou o trabalhador está dotado de informação para executar a mesma? Todos os pré-requisitos de trabalho estão completos?

Nota: Durante o planeamento semanal, o supervisor terá tarefas adicionais planeadas, a fim de fazer atribuições de trabalho a executar, por exemplo, a coordenação com fornecedores, o movimento de materiais para o ponto de instalação, entre outros. No entanto, a intenção é fazer o que pode ser feito para começar o trabalho antes da semana em que será executado.

- Sequência – As tarefas são selecionadas a partir daquelas que são executáveis, segundo a ordem de construção necessária, quer à unidade do consumidor final, quer ao processo do cliente? Existem outras tarefas de menor prioridade, identificadas como reserva de trabalho, isto é, classificadas como tarefas de qualidade adicional, disponíveis no caso das tarefas principais agendadas abortarem ou da produtividade exceder as expectativas?
- Tamanho – As tarefas são dimensionadas para a capacidade das equipas, considerando os prazos de planeamento? As equipas produzem trabalho na dimensão e forma necessária à próxima execução? Está o consumidor interno a receber as tarefas nas condições de qualidade à sua execução?
- Aprendizagem – Encontraram-se as causas dos atrasos e defeitos, das tarefas que não foram concluídas?

Através do modelo de qualidade e dos requisitos que devem ser garantidos em todas as atividades, o *Last Planner* consegue gerir e controlar todo o sistema produtivo com a antevisão de situações frequentes em obra e atribuição de soluções alternativas e correções imediatas.

Este método, ao contrário de outros, já foi aplicado à construção civil, Ferreira (2010) aplicou este mesmo modelo à empresa Norlabor – Engenharia e Construção e referiu que desde a aplicação do método e em apenas 14 semanas obteve um aumento dos valores de PPC de 56% para uma média de 77% - (fig. 32).

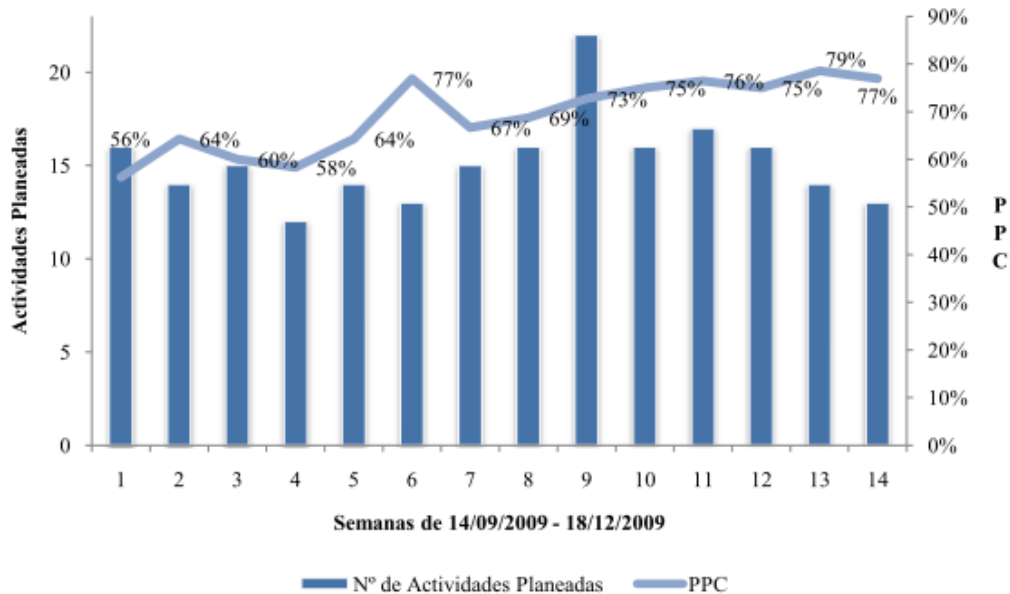


Fig.32 – Método Last Planner aplicado à empresa Norlabor – Engenharia e Construção S.A.  
Fonte: Ferreira (2010)

Estes resultados são extremamente interessantes, porque evidenciam que apenas a aplicação parcial do sistema *Lean Construction*, conseguiu evidenciar uma elevada adequação à construção portuguesa. Possivelmente se todo o contexto do sistema fosse a ser aplicado os valores podem vir a representar um importante passo na diminuição da imprevisibilidade da execução na indústria da construção.

## 5.5. PDCA

Um dos conceitos de melhoria contínua (kaizen), descreve a avaliação feita pelo planeamento dos processos que podem ser melhorados ao longo do fluxo de trabalho. Estas melhorias devem também ser avaliadas do ponto de vista do planeamento em conjunto com a execução, usando para esse efeito o ciclo de Deming. Este ciclo descreve as várias fases de transição desde o planeamento até a sua execução e tem como pressuposto uma aplicação e verificação da solução adotada, sendo um recurso de mais-valia para o método Last Planner. Este ciclo é definido pela sigla PDCA, onde cada letra descreve uma fase de conceção da solução adotada:

- Plan (planear) – planeamento que define os objetivos e forma de resolução da situação que se evidencia de difícil conceção ou causadora de desperdícios.
  - Localizar problemas e estabelecer objetivos
  - Estabelecer plano de ação
- Do (fazer) – execução que aplica a conceção teórica do planeamento e demonstra a praticabilidade da solução proposta e/ou do método de conceção da mesma.
  - Conduzir a execução do plano
- Check (verificar) – verificar a eficiência do método e se a sua execução encontra-se de acordo com o planeamento, assim como se realmente produz uma mais-valia em relação ao método tradicional de atuação.
  - Verificar o alcance dos objetivos

- Act (atuar/agir) – refere-se ao processo que é despoletado quando realmente se verifica a conformidade do planeamento e conseqüentemente, define-se uma padronização da conceção para ser aplicada, definindo essa conceção como um benefício em relação à situação inicial.
  - Ação corretiva em caso de insucesso
  - Padronizar as ações de sucesso

Tabela 4 – Etapas para aplicação de *kaizen* através do método PDCA

PDCA	Fluxo	Etapa	Objetivo
P	1	Identificação do Problema	Definir claramente o problema/processo e reconhecer a sua importância
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema
	3	Análise	Descobrir as causas básicas do problema
	4	Plano de Ação	Conceber um plano para eliminar/controlar as causas básicas
D	5	Execução	Eliminar/controlar as causas básicas
C	6	Verificação	Verificar se o processo está a ter efeitos práticos
A	7	Adequação	Agir para corrigir possíveis desvios
	8	Evolução	Padronizar a solução e planejar possíveis melhorias

Esta metodologia permite que até os pequenos incrementos de qualidade de execução possam ser incorporados nas práticas operacionais da empresa, resultando numa aplicação concreta da melhoria contínua em obra.

### 5.6. *Earned Value Management (EVM)* – Gestão dos Valores Ganhos

O conceito de EVM vem da necessidade de integração de custos e prazos no mesmo método de gestão, podendo este conceito ser utilizado no decorrer da atividade construtiva, auxiliando o papel de controlo exercido pela entidade gestora.

A aplicação deste conceito nasce da necessidade de controlo diário de custos e prazos, para que seja possível manter um ritmo constante das atividades sem recorrer a medidas extraordinárias para cumprir metas definidas entre a empresa e dono de obra, assim como não exceder ao valor estimado de custo de obra. A construção evidencia uma falta de referências que possa identificar quais as condições em que as obras são executadas, que muitas vezes dão a noção de produtividade, sem a eficiência necessária ao cumprimento dos compromissos assumidos. A razão prende-se com as ferramentas de gestão que geralmente são usadas para controlo de produção.

Para controlo de prazos, habitualmente é usado o sistema CPM (*critical path method* – caminho crítico) que possibilita uma referência visual das atividades prioritárias de execução para que a obra decorra dentro dos prazos necessários. Esta ferramenta vem sendo usada de uma forma muito desamparada, pois apenas representa uma das visões necessárias à avaliação do comportamento global

das obras, não sendo esta ferramenta analisada em conjunto com outros parâmetros que revelem o real comportamento da execução.

Para controlo de custos são elaborados mapas de trabalho que quantificam o trabalho executado durante um intervalo de tempo, partindo do pressuposto que os custos de execução se mantiveram inalterados desde a previsão efetuada no início das tarefas, por um programa de execução base.

O controlo destes dois fatores em simultâneo (prazos e custos) é uma necessidade básica para qualquer gestor de obra, para que realmente possa manter os custos de operação baixos, enquanto define todos os restantes recursos que pode negociar para manter a contabilidade de obra em valores que definam lucro para a empresa. Esta é a realidade que neste momento descreve a execução da grande maioria das empresas construtoras em Portugal, principalmente em contexto global de crise.

O conceito EVM, por outro lado, possibilita o controlo necessário de custos e prazos em simultâneo e proporciona uma interpretação fácil da informação enquanto fornece dados importantes sobre qual o comportamento específico das tarefas. O próprio conceito cria condições para que sejam aplicadas muitas das ferramentas já descritas neste trabalho, pois cria condições de controlo das equipas e identifica onde são necessárias mudanças na execução para o nivelamento com outras tarefas da obra.

O Earned Value Management é um sistema de gestão que associa a quantificação de trabalho executado com os custos associados e os prazos definidos para cada processo. Esta ferramenta associa o prazo de execução como um custo, pois enquadra-o no fluxo de valor e transformação, dando a real valorização que o tempo tem na criação de valor ou no desperdício do mesmo. Sendo esta uma conclusão intuitiva, a sua correlação sempre foi difícil de alcançar, pois habitualmente as ferramentas de planeamento definem o prazo como um custo individualizado dos custos de material, mão-de-obra, equipamento, etc.

A aplicação deste sistema cria também efeitos de previsão de comportamento, que permitem a aplicação de ferramentas de melhoria contínua, como o *kanban*, *tpm*, entre outros, alcançando a identificação de situações de desperdício no projeto e obra, assim como aplicar medidas de correção que evitem a proliferação destes.

O gestor de projeto necessita de informações concretas que lhe indiquem o rumo que a obra vem descrevendo ao longo da sua execução, necessitando de saber especificamente:

1. Que quantidades de trabalho foram efetivamente executadas?
2. Qual o custo real dos trabalhos executados?
3. Quanto tempo foi necessário para a sua execução?
4. Qual a diferença de custo para o valor orçamentado?
5. Qual a diferença de prazo para o prazo planeado?
6. Qual a previsão atualizada de custo total do projeto?
7. Qual a estimativa atualizada para a conclusão do projeto?

Estes dados são fundamentais para qualquer decisão, pois possibilitam a criação de condições para resolver os desperdícios verificados ao longo da execução, como a compensação faseada de atrasos ou a correção de comportamentos desnivelados em relação ao planeamento base. A identificação destes desperdícios traduz-se na diminuição ou até mesmo eliminação da imprevisibilidade da execução na construção, porque apesar da criação de um produto novo em cada obra, o EVM permite uma monitorização em tempo real das tarefas e conseqüentemente a atuação imediata na resolução de todos os imprevistos assim como a correção de comportamentos predefinidos no planeamento base.

Algumas das questões que podem ser colocadas a partir de uma análise do EVM, são:

1. Onde estão a ocorrer os problemas?
2. Os problemas são críticos?
3. O que vai ser necessário para o projeto voltar ao prazo planeado?

Estas questões só são possíveis através da avaliação de um método integrado como é o EVM, que abre todo um leque de questões que antecipam problemas ou que possibilitam a perceção e/ou resolução dos mesmos.

A aplicação do EVM parte de estimativas já efetuadas pelas empresas, como seja o custo da obra e o tempo de execução de processos (ou tarefas no caso de maior pormenor), dados fundamentais para a orçamentação que partem de valores de mercado dos subprodutos e das experiências de execuções passadas. Estas estimativas efetuadas em qualquer empreitada, são a base de aplicação do sistema EVM, representando os dois parâmetros (custo e prazo) como uma relação inseparável de fluxo de valor.

O acompanhamento da obra por parte do planeamento consegue desde logo caraterizar quais as condições de execução que se evidenciam em obra, mas a dificuldade parte muitas vezes de relacionar esse comportamento com o planeado. As condições de aplicação podem caraterizar soluções de execução simultânea de forma muito dispersa em relação ao predefinido em planeamento prévio, como tal o sistema EVM, permite em cada momento fazer a adaptação e apresentar as caraterísticas que condicionam a atual execução da obra.

Os indicadores que permitem a caraterização de uma obra pelo método EVM são definidos por:

- BCWS – *Budgeted cost of work scheduled* (valor orçamentado acumulado de trabalho planeado), também definido como PV (*planned value* – valor planeado);
- ACWP – *Actual cost of work performed* (valor real acumulado de trabalho efetuado), também designado como AC (*actual cost* – custo real);
- BCWP – *Budgeted cost of work performed* (valor orçamentado acumulado de trabalho efetuado), também designado como EV (*earned value* – valor ganho).

Estes indicadores por seu lado permitem a representação gráfica dos valores acumulados ao longo da obra e comparam o comportamento, a qualquer momento, dos parâmetros principais, dando uma noção concreta das condições de produtividade em que ocorrem, como representado na fig. 33.

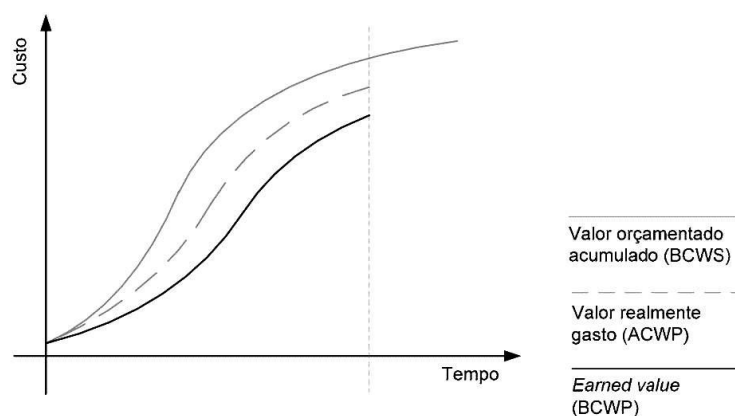


Fig.33 – EVM - Parâmetros de custo e prazo ao longo de uma obra  
Fonte: Babo (2008)

A partir da análise do gráfico representado podemos constatar que o projeto não se encontra a decorrer de acordo com o planeamento inicial de custo (numa comparação apenas de: BCWS vs. ACWP), encontrando-se, segundo uma interpretação imediata, a ter despesas inferiores ao estimado.

Mas esta informação não retrata se o custo inferior descreve gastos inferiores devido à diminuição de gastos ou simplesmente às tarefas que se encontram atrasadas e por essa razão ainda não foram despendidos os recursos necessários á sua execução. Para a correta interpretação, dispõe-se da informação fornecida pelo *Earned Value* (BCWS) que descreve o custo associado ao trabalho executado. Sendo assim por comparação com o valor realmente gasto (ACWP) constata-se que a obra para os trabalhos efetuados encontram-se com gastos superiores ao previsto, e pela comparação com o valor orçamentado (BCWS) define-se que o ritmo de execução é inferior ao estimado para esta fase da obra.

Como se pode observar pelo exemplo anterior, a interpretação deste método permite acompanhar a execução de uma forma exaustiva, pois este método pode ser aplicado à globalidade da obra e também a processos e tarefas individualizadas. Esta possibilidade permite o controlo de atividades que possam evidenciar maior risco de incumprimento ao longo da obra ou que simplesmente sejam de características desconhecidas para a empresa, permitindo um controlo mais apertado de todo o processo produtivo.

Os indicadores que permitem quantificar as variações de comportamento de obra em relação ao estimado, são definidas por:

- *CV – Cost variance* (variação de custo)
- *SV – Schedule variance* (variação de prazo)

Estes representam a aplicação das fórmulas que caracterizam as diferenças de comportamento que se verificam em relação ao planeamento e custos base, e representam o cálculo:

$$CV = BCWP - ACWP \quad (2)$$

$$SV = BCWP - BCWS \quad (3)$$

Tais indicadores conseguem quantificar a interpretação visual efetuada na figura anterior (fig.33), demonstrando as diferenças de comportamento da obra (fig.34).

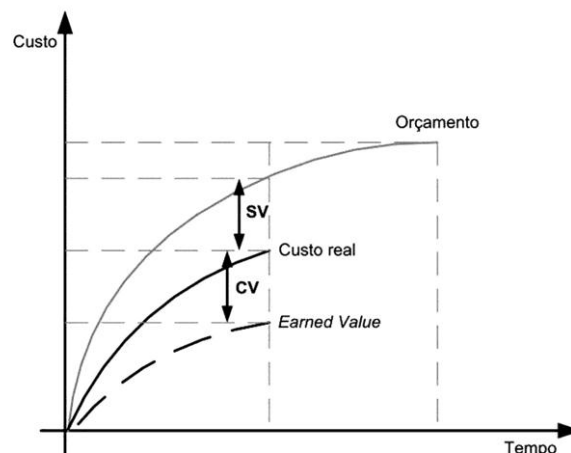


Fig.34 – EVM - Variações dos parâmetros em relação ao orçamento planeado  
Adaptado: Babo (2008)

Pela observação do gráfico, fica clara a tendência de variação dos principais indicadores de obra. Ao ser identificada uma variação de custo (CV) e uma variação de prazo (SV), conseguimos detetar não só a existência destas variações, como por uma análise mais pormenorizada, é mesmo possível a identificação específica de quais os processos responsáveis por essas variações. Deste modo, em tempo real, a entidade gestora possui todos os fundamentos necessários a uma atuação que corrija ou compense estas variações.

Adicionalmente obtêm-se dados atualizados de quais os valores estimados para os parâmetros, aquando da conclusão da obra, podendo ter uma noção concreta de como poderá evoluir a obra se não for processada nenhuma alteração ao ritmo e aos recursos aplicados.

Estes valores correspondem aos parâmetros definidos por:

BAC – *budget at completion* (orçamento de obra), representando o valor total de orçamento de custos de obra, em antes do início concreto dos trabalhos (orçamento e prazos de referência);

EAC – *estimate at completion* (estimativa de ganhos no final da obra), representando os valores estimados de custos de obra, se o fluxo de valor continuar com o comportamento da data atual.

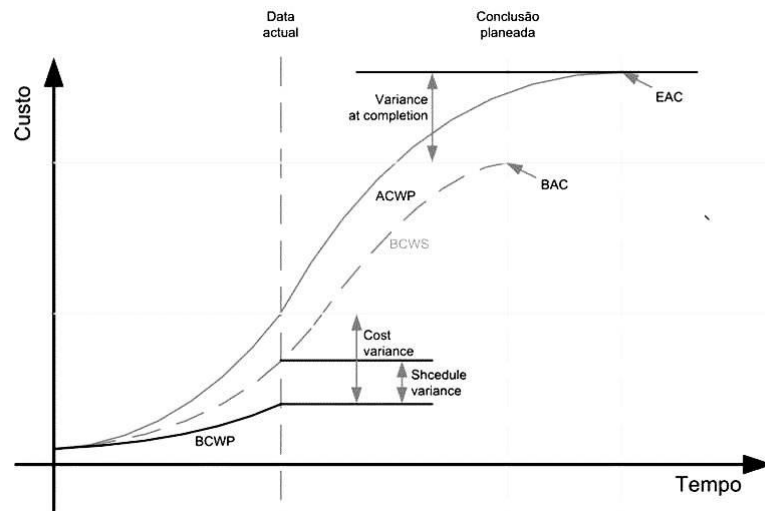


Fig.35 – EVM - Previsão do planeamento atual de custo e prazo  
Fonte: Babo (2008)

Este modelo de monitorização tem muitos outros parâmetros que podem ser obtidos a partir da análise criteriosa de todos os fatores envolvidos, dos quais se podem obter índices de desempenho dos vários processos descrevendo criteriosamente o comportamento de cada interveniente nas várias fases de obra.

Este sistema de monitorização e gestão é de aplicação à construção por excelência pois representa uma ferramenta de características práticas de aplicação diária, com avaliação quantitativa e de fácil leitura mesmo em contexto extremo de obra. A sua aplicação permite um controlo de custos e prazos integrado, que em conjunto com sistemas de segurança e qualidade podem representar a diminuição dramática da variabilidade da gestão de obra.



## 5.7. INDICADORES DE DESEMPENHO

Existe constantemente a necessidade de uma empresa conseguir caracterizar a sua atividade, sendo que essa necessidade vem da análise da eficiência com que a empresa efetua a sua produção, conseguindo deste modo a alteração dos subprodutos em algo novo que o mercado valorize, com o menor desperdício possível no processo de transformação. A contabilização dos vários parâmetros que descrevem a produtividade, mas acima de tudo, a contabilização da eficiência dessa produtividade, atribui-se a designação de indicadores de desempenho. Estes indicadores, habitualmente contabilizam o rendimento das empresas, condicionando ou impulsionando a mudança das filosofias que regem a forma de trabalhar da empresa, pela avaliação da produtividade efetiva do alcance dos objectivos-chave. Mas o desempenho não se resume apenas à componente económica e aos processos produtivos de obra, muitos outros componentes de qualidade, segurança, satisfação do cliente final e os recursos humanos podem ser contabilizados para o sucesso comprovado da empresa no âmbito da gestão e produtividade. Estes indicadores procuram retratar o comportamento de todos os intervenientes, seja do ponto de vista profissional ou até mesmo de realização pessoal, para que a satisfação dos consumidores internos permita o cumprimento das necessidades do consumidor final. Os indicadores visam acima de tudo identificar as situações de falta de aproveitamento dos recursos (interação humana, utilização de equipamentos e materiais, execução de tarefas, etc.) que levam à deficiente criação de valor para o consumidor final. Sendo assim, é fundamental que se consiga caracterizar com detalhe todos os passos que criam valor ou levam à criação de valor numa empresa de construção.

Para conseguir caracterizar qualquer atividade concreta é preciso encontrar os parâmetros quantificáveis que melhor descrevam as atividades fundamentais da empresa, de modo a que o indicador de desempenho além de atribuir um valor à globalidade do problema caracterize especificamente onde ele ocorre na estrutura empresarial. Esta necessidade de “diagnosticar” o problema, implica a necessidade de pormenorização dos índices ou simplesmente complementar com outros índices que descrevam especificamente as necessidades da empresa. Neste contexto, a aplicação destes índices designam a aplicação da ferramenta *kaizen* (melhoria contínua) dos métodos da empresa, e por consequência uma diminuição de defeitos.

Estes indicadores descrevem o empenho das empresas em condicionar as filosofias no caminho de evolução e para que tal ocorra, é necessário aplicar um controlo da evolução empresarial consoante as escolhas definidas, corrigindo as opções de acordo com a evolução interna e a evolução do mercado consumidor.

Existem indicadores de desempenho que descrevem praticamente todas as áreas de atividade e existem indicadores transversais a todas as indústrias. Esses indicadores na construção podem ser aplicados num âmbito mais regular devido à sua imprevisibilidade e variedade de atividades.

Os indicadores podem ser divididos consoante o seu âmbito de aplicação nas diferentes estruturas de administração e gestão mais comuns dentro das estruturas empresariais, como tal, podem ser definidos exemplos de grupos de indicadores:

- Satisfação do Cliente;
- Financeira;
- Gestão;
- Recurso Humanos;
- Marketing;
- Produção;
- Saúde e Segurança no Trabalho;
- Energia e Ambiente;

- Inovação;
- Formação
- Responsabilidade Social;
- Logística e Transportes.

A nível internacional existem muitos exemplos de entidades que procuram auxiliar as várias indústrias com a utilização de indicadores de desempenho, sendo claramente perceptível que as dificuldades de caracterização das empresas se distinguem como um dos pontos de mais difíceis de alcançar, principalmente para estruturas empresariais de maior dimensão. Existem várias instituições que procuram dar resposta a este problema:

- FUNDIBEQ – *Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad*;
- *Constructing Excellency Institute*;
- CII – *Construction Industry Institute*;
- ESBI – *European SME Benchmark Index*;
- IAPMEI – Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação.

Existem exemplos também do desenvolvimento destes indicadores para a indústria da construção em Portugal, num projeto desenvolvido pela FEUP, com o apoio do InCI. A plataforma icBench concretizou a definição de indicadores que podem caracterizar especificamente a indústria da construção, definindo os parâmetros do quadro seguinte.

Tabela 5 – Indicadores de desempenho  
Fonte: icBench

Âmbito dos Indicadores	Indicadores
Satisfação	Satisfação do Cliente – Produto
	Satisfação do Cliente – Serviço
	Satisfação da Empresa – Colaboração do Cliente
	Satisfação da Empresa – Disponibilidade de Pagamentos
	Satisfação da Empresa – Trabalho Colaborativo
	Repetição de negócio
Económicos	Produtiva
	Rentabilidade
	Crescimento das vendas
	Faturação Pendente
	Propostas com sucesso
Processos Produtivos	Desvio de Custo
	Desvio de Prazo
	Impacto dos Defeitos na entrega
	Defeitos
Recursos Humanos	Frequência de Acidentes
	Subcontratação
	Pessoal Permanente
	Formação
	Satisfação dos Funcionários

Esta é uma ferramenta que pelo envolvimento com a indústria portuguesa e com as mais usuais ferramentas de gestão em Portugal, pode contribuir para o controlo interno das empresas, revelando o real desenvolvimento que as estratégias de produção implementam na estrutura empresarial. No entanto, nem todos os indicadores são necessários para as empresas, por isso é necessário que cada empresa seja capaz e seleccionar quais os indicadores que melhor a descrevem e que caracterizam os pontos fundamentais da estratégia de evolução da empresa. A necessidade fundamental de se controlar e guardar registos dessas informações é fundamental para uma análise posterior cuidada e poder-se obter os dados que são tão necessários à evolução da empresa (fig.36).



Fig.36 – Ciclo de ausência de indicadores de desempenho

Na construção, como noutras indústrias, nem todas as empresas têm as mesmas características, então é preciso que cada uma defina quais os melhores indicadores para o âmbito em que a empresa se enquadra ou para o tipo de execução que aplica. Delimitando especificamente quais os parâmetros que são fundamentais para a sua competitividade no mercado e aperfeiçoando os seus métodos, verificando através destes indicadores a correta e eficiente aplicação de todas as aplicações e o alcance dos objetivos predeterminados.

## 5.8. BENCHMARKING

O *benchmarking* pode ser descrito sucintamente como a utilização dos indicadores de desempenho de forma a comparar diferentes desempenhos em processos, serviços ou produtos, quantificando o comportamento da filosofia individual de cada empresa.

A utilização generalizada de indicadores de desempenho veio a criar a oportunidade de se definirem quais os melhores comportamentos dentro das indústrias do mesmo ramo. Esta comparação só foi possível pela crescente necessidade de cada empresa definir o seu próprio comportamento através de indicadores de desempenho. Com a crescente estrutura das empresas e a globalização dos mercados em que se instalaram, criaram-se barreiras à gestão das empresas, quer pela dimensão dos quadros de trabalhadores, quer pela distância das suas instalações. Esta foi uma das razões que levou as empresas a utilizar os indicadores de desempenho e posteriormente o *benchmarking*, para comparação de

desempenho entre os seus processos, serviços e produtos ou entre departamentos e filiais das empresas.

Por sua vez o *benchmarking* desenvolvido tornou-se numa ferramenta mais global – a partir da aplicação dos mesmos indicadores de desempenho a várias empresas - descrevendo qual o posicionamento das estratégias da própria organização em relação às restantes empresas/equipas, que prestam o mesmo tipo de serviço ou criam o mesmo produto, criando uma comparação de dados equivalentes. Esta comparação não aplica uma classificação direta em relação aos competidores diretos, ou seja, é desconhecido o posicionamento concreto de cada uma das restantes empresas, mas descreve o posicionamento próprio em relação ao conjunto dos restantes competidores.

Esta noção global dá uma perspetiva do grau de eficiência que têm produzido as filosofias empregues na empresa e como essas filosofias têm evoluído comparativamente com outras metodologias de outras empresas. Esta noção pode ser obtida para os indicadores de desempenho que representem o mesmo tipo de informação, desde que existam amostras de referência suficientes para a obtenção de dados fidedignos.

Este método permite apoiar os processos existentes de melhoria, assim como desencadeá-los, pois concretamente não existe a referência de quais as melhores estratégias de trabalho ou metodologias de aplicação, mas sim uma referência de posicionamento relativamente a outras empresas. Por essa razão o melhor posicionamento relativo na representação gráfica de *benchmarking* (exemplo na figura 37) em relação a anos anteriores pode significar o funcionamento das filosofias de melhoria, mas por outro lado, o pior posicionamento relativo pode indiciar estratégias desadequadas ou mesmo ausência de metodologias de melhoria, antecipando a perda da competitividade no seu segmento.

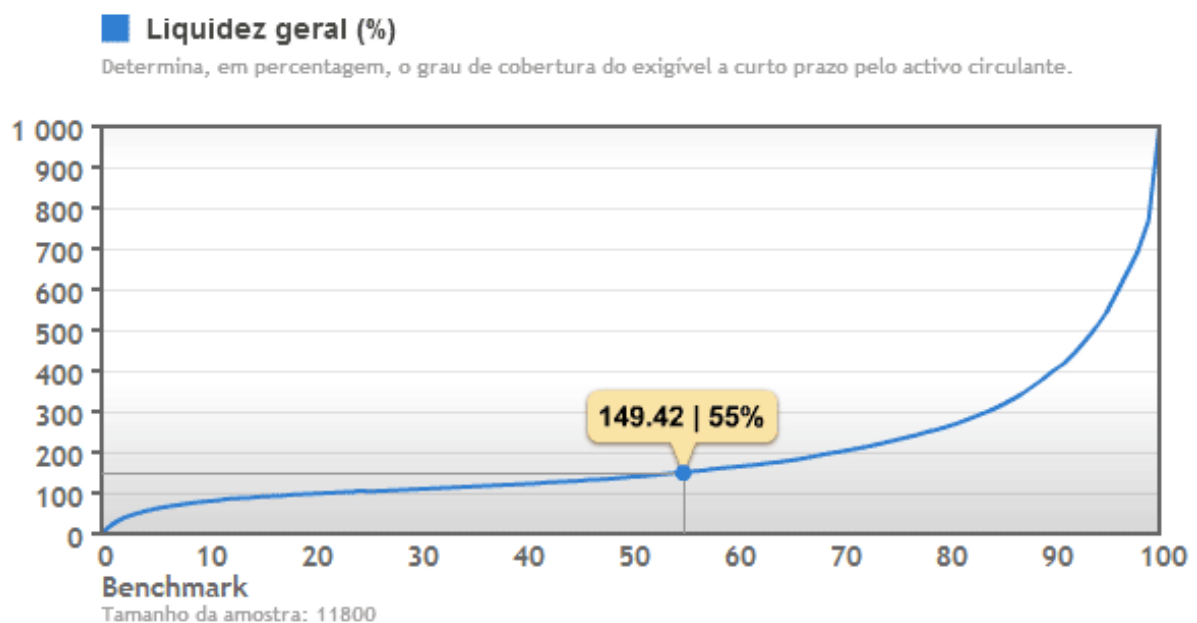


Fig.37 – Benchmarking da liquidez geral (%) das empresas de construção  
Fonte: icBench

Através da interpretação do exemplo gráfico (fig.37), obtém-se o posicionamento da empresa estudada, em termos de liquidez pode-se tirar as seguintes conclusões:

- Empresas com menor liquidez:

$$0,55 \times 11799 = 6489$$

- Empresas com maior liquidez:

$$0,45 \times 11799 = 5310$$

A empresa do exemplo encontra-se numa circunstância intermédia de liquidez em relação às restantes empresas, registando cerca de 150% de liquidez, determinando que possui cerca de 6489 empresas em condições de menor disponibilidade de ativos, enquanto 5310 empresas possuem uma maior margem de manobra na aplicação de ativos. A partir desta análise deve-se fazer o estudo da estratégia da empresa e determinar se as mudanças que vêm a ser registadas ao longo dos anos anteriores têm posicionado a empresa nos objectivos-chave predefinidos para a liquidez geral. Qualquer conclusão a ser obtida depende dos objetivos da empresa e com a relação de análise com os restantes indicadores e conhecimento do funcionamento interno. Por essa razão, a avaliação do *benchmarking* é muito mais uma determinação do próprio comportamento da empresa em relação a outros anos ou da sua relação com o mercado comercial, do que uma comparação específica com outra empresa ou equipa.

Com este exemplo fica retratado o comportamento empresarial em relação a um indicador de desempenho, definindo a evolução em relação a dados de anos anteriores e podendo concluir qual o impacto que as mudanças ou a sua ausência tem produzido na competitividade da empresa com outras do mesmo ramo.

Então pode-se retratar o benchmarking como uma fonte fiável de informação, onde existe uma comparação global entre empresas com o objetivo de efetuar uma avaliação contínua e sistemática de produtos, serviços ou processo. Esta ferramenta visa incentivar a aplicação das melhores práticas e indicar caminhos de evolução que melhor se enquadrem no mercado comercial, pela adaptação evolutiva individual de cada empresa relativamente a outras empresas e às necessidades do consumidor final.

As vantagens proporcionadas pela aplicação do Benchmarking são:

- Introduzir novos conceitos de avaliação;
- Melhorar o conhecimento da própria organização;
- Identificar áreas que devem ser objeto de melhorias;
- Revisão e alteração de procedimentos da empresa;
- Motivação para a melhoria da qualidade;
- Estabelecer objetivos viáveis e realistas;
- Criar critérios de prioridade no planeamento;
- Favorecer um melhor conhecimento dos concorrentes e do nível competitivo do mercado;
- Marketing da empresa;
- Aprender com os outros.

Existem quatro tipos principais de *benchmarking* – icBench – segundo os quais são aplicadas as comparações de indicadores em diferentes contextos, benchmarking interno, estratégico, competitivo ou concorrencial e funcional.

- **Benchmarking** interno – corresponde à comparação de desempenho entre departamentos ou processos dentro da própria empresa. Possui a completa transparência de dados, descrevendo com maior exatidão e transparência quais as situações de menor desempenho, sendo muito utilizado na comparação das mesmas atividades da mesma empresa mas em localizações distintas. Utilizado principalmente por empresas com grande estrutura de pessoal e número de instalações, distribuídas por regiões ou países diferentes.
- **Benchmarking** estratégico – caracteriza-se por uma abordagem mais radical, proporcionando uma avaliação de processos ou serviços transversais a várias tarefas ou departamentos dentro da própria empresa. Esta comparação é efetuada quando se pretende alterações de base da estratégia de uma empresa, mudando fundamentalmente a organização e proporcionando alterações profundas da sua forma de atuar. Corresponde à alteração de maior impacto no funcionamento de uma empresa pois modifica ou elimina algumas das atividades ou a forma de aplicação das mesmas, sendo um dos fatores que apresenta elevado potencial de melhoria, assim como eventualmente, elevados custos de alteração e planeamento.
- **Benchmarking** competitivo ou concorrencial - corresponde à comparação de desempenho entre processos, serviços ou produtos entre empresas diretamente concorrentes. Permite a análise do comportamento global da empresa em relação aos restantes que competem no mesmo ramo ou com os mesmos produtos no mercado comercial. Limitado a uma avaliação de evolução da própria empresa ao longo dos anos – resultados pouco significativos em avaliações de um só ano – pois só incentiva a participação através da confidencialidade dos dados. Permite observar o impacto da implementação de estratégias de reforma e melhoria de desempenho.
- **Benchmarking** funcional - caracteriza-se por uma comparação de atividades entre empresas de ramos diferentes, com mercado comercial não concorrente. Potencia a troca de informações que compare as estratégias de funcionamento e avalie a aplicabilidade em indústrias não relacionadas. Potencia a aprendizagem com indústrias de grande desenvolvimento que evidenciem grande evolução pela menor variabilidade dos seus processos. Necessita de adaptação às diferentes realidades de execução.

Tabela 6 – Aplicação dos diferentes tipos de *benchmarking*  
Fonte: icBench

Tipo de <i>benchmarking</i>	Adaptabilidade da informação	Recolha de dados	Potencial de inovação
Interno	Elevada	Fácil	Baixo
Estratégico	Reduzida	Exigente	Elevado
Competitivo	Elevada	Complexo	Médio
Funcional	Razoável	Exigente	Elevado

Esta ferramenta define-se como um bom instrumento de avaliação por comparação e competitividade, fornecendo dados de enquadramento ao mercado comercial e dando bases para fundamento de mudanças de estratégia para adequação ou vantagem competitiva sobre os concorrentes mais diretos, quer sejam internos ou externos à empresa.

### **5.9. MODELO DE GESTÃO LEAN APLICADO À CONSTRUÇÃO**

Para a aplicação de um modelo de gestão devem ser avaliadas as características básicas das empresas e dos seus trabalhadores, os quais representam a fundamental mais-valia da aplicação de qualquer método, assim como condicionam quais os parâmetros a avaliar e ferramentas a aplicar. Mas para além da aplicação do método, é necessário inculcar a filosofia da construção *Lean* (magra), definindo que os recursos são bens que se encontram à nossa disposição no início de qualquer atividade de produção/construção e a sua deficiente ou incorreta utilização, implica um desperdício que pode ser evitado.

A conceção de formas de planeamento, gestão e execução no conjunto dos intervenientes deve também ter o papel de formação de todos os trabalhadores das dificuldades inerentes ao trabalho dos restantes intervenientes, revelando-se uma transparência de informação entre os membros de equipa e um alerta para o encadeamento das tarefas, para que cada interveniente possa criar as condições de menor esforço das tarefas subseqüentes, eliminando reparações, correções e desperdícios.

Sendo assim, é perceptível o papel fundamental dos intervenientes que podem-se revelar os agentes de mudança, nesta nova filosofia, ou os principais adversários da sua aplicação. Com este ponto de vista vão-se descrever algumas atitudes do ponto de vista da empresa, que podem maximizar as hipóteses de sucesso e dar o impulso necessário para a aplicação definitiva da metodologia *Lean*. Estas atitudes e comportamentos são uma interpretação do autor da bibliografia estudada e uma teorização à indústria da construção, sendo a aplicação a casos de estudo, uma sugestão para futuros trabalhos sobre este conceito.

### **5.10. FUNCIONAMENTO EMPRESARIAL**

A deficiente gestão, em qualquer estrutura de negócios, também ocorre porque as empresas apenas possuem um controlo limitado dos seus intervenientes, uma vez que possuem uma capacidade limitada de intervenção na imensidão de intervenientes, desde os fornecedores - muitas vezes também indústrias transformadoras - ao consumidor final. Os intervenientes provêm de áreas muito diversas, desde a siderurgia até ao mobiliário, sendo de difícil controlo por parte de qualquer empresa por maior que seja a sua dimensão.

A nível empresarial, qualquer estratégia tem de ser aplicada com o completo apoio e convicção da entidade que administra a execução, pois vem desta entidade a segurança necessária para quebrar os conceitos tradicionais de gestão e planeamento. A aplicação de qualquer conceito deve contar com o apoio incondicional desta entidade, não com a convicção de que todo e qualquer método ou que toda e qualquer ferramenta vai produzir resultados imediatos e satisfatórios, mas com a convicção de que haverá erros, situações de perda que irão culminar na maior compreensão da empresa e finalmente no encontrar de soluções adequadas que deem à estrutura empresarial a vantagem competitiva sobre as outras empresas do ramo e que garantam a subsistência da empresa em todas as condições de mercado.

As empresas necessitam da estruturação da gestão e planeamento de toda a estrutura empresarial desde a perspectiva mais afastada dos projetos (macroeconomia interna) até à noção de que são os pequenos erros acumulados (microeconomia interna) que provocam o encadeamento de desperdícios. A origem dos problemas é muitas vezes vista como uma situação que deve ser ignorada pelo pouco impacto no contexto global, mas essas situações são as causadoras dos atrasos consecutivos na execução de tarefas em linha, porque a construção não possui um sistema de montagem em linha, possui um sistema de processos em linha, definido claramente por ferramentas como o fluxo de valor ou o caminho crítico. Esta é uma das razões para que os processos que não se encontram no caminho crítico, habitualmente merecem menor atenção, tendendo a sofrer uma diminuição do controlo e conseqüente aumento do

desperdício. A valorização de todas as tarefas, de todos os processos e de todos os intervenientes, demonstra que em qualquer fase de execução, a realização de trabalho consoante o planeamento produz resultados diretos de produtividade e qualidade e indiretamente, resultados de segurança e eficiência.

## 5.11. GESTÃO DE RECURSOS

### 5.11.1. Mão-de-obra

Muito se debate na bibliografia especializada de que a mão-de-obra sofre grandes pressões com o controlo mais apertado dos métodos de gestão e com a constante responsabilização das tarefas executadas. Tal não acontece devido á segurança que qualquer empresa proporciona aos seus trabalhadores quando apresenta uma estrutura organizada e esclarece concretamente o que é pedido a cada interveniente. A cada trabalhador é definida a execução das suas tarefas com qualidade e identificada a real importância da sua execução para o consumidor interno e para o consumidor final. Deste modo o trabalhador sente uma realização profissional do contributo para o produto e empresa, é demonstrado o valor da sua criação e tem ainda a segurança profissional pela eficiência aplicada. Outra das componentes de satisfação da mão-de- obra passa pelo planeamento com nivelamento de produção (*heijunka*) e com previsão de defeitos (*poka-yoke*). Conceitos claramente pensados na correta e auxiliada execução das tarefas dos trabalhadores, que permitem manter o ritmo de execução estabilizado, munir os materiais e equipamentos de mecanismos de auxílio, prevenir defeitos, dar condições de trabalho constante e sincronizado de modo a garantir a estabilidade do trabalhador na obra. Estes requisitos são fundamentais para a indústria da construção, pois a mão-de-obra tem utilização muitas vezes subcontratada que condiciona a parceria com todos os colaboradores das empresas subcontratadas.



Fig.38 – Estaleiro de Obras – desenho a carvão  
Fonte: Sousa, Joana

A contratação de mão-de-obra é uma das componentes que a construção não pode partilhar com outras indústrias, não só porque os projetos variam de localização, mas também porque os projetos não possuem um fluxo de execução constante dependendo de concursos e de procuras individualizadas, como tal é incomportável para qualquer empresa a manutenção de quadros específicos de todas as especialidades, por consequência estes trabalhadores são subcontratados de empresas especializadas.



Os benefícios económicos produzidos por esta escolha passam:

- Menor necessidade de investimento em imobilizado corpóreo, o que permitiu sustentar o crescimento das empresas, sem recurso a capitais próprios adicionais;
- Redução drástica do número de efetivos necessários à execução das obras, permitindo transformar custos fixos em custos variáveis e passando para os subempreiteiros toda a conflitualidade laboral associada à atividade operacional;
- Aumento acentuado da rubrica do passivo correspondente a fornecedores em conta corrente, quase equivalente à rubrica de clientes, o que permitiu à generalidade das empresas crescer sem necessidade de fundo de maneo operacional acrescido. – Thames Consultores (2008)

Outra das condicionantes prende-se com o facto de que um vínculo a uma empresa produz resultados contrários á noção de especialização de tarefas (defendidas no âmbito da construção *Lean*). As empresas executam projetos de diferentes características e a utilização de mão-de-obra vinculada á empresa implica uma aplicação dos mesmos trabalhadores em tarefas diferentes, prejudicando a especialização da mão-de-obra. Por essa razão, a mão-de-obra de execução deve preferencialmente ser subcontratada e com experiência nas tarefas a ser executadas e ainda se possível dentro da estratégia de funcionamento da empresa (claramente com preferência a empresas com histórico de experiências de trabalho realizadas em parceria com o empreiteiro geral), para possibilitar um maior conhecimento dos sistemas *Lean* e um contributo dos próprios trabalhadores na evolução (*kaizen*) dos métodos de planeamento e execução.

Os fatores de subcontratação são também uma condicionante nas obras, uma vez que a localização do projeto e os materiais a ser utilizados incentivam a utilização de materiais e mão-de-obra local, mas a sua utilização depende da confiança da empresa nestes dois fatores, uma vez que a qualidade de materiais e mão-de-obra não podem ser sacrificados devido á localização da obra. Este fator deve ser ponderado pelas empresas através da tripla relação qualidade/custo/eficiência da mão-de-obra, selecionando as condições que cada executante proporciona e quais as garantias que são essenciais na execução da obra.

Em síntese a escolha de qualquer equipa de trabalho é condicionada pela sua experiência na execução das tarefas necessárias, na produtividade e eficiência que a executam, assim como na aplicação das metodologias de eliminação de desperdícios e na autonomia dos seus trabalhadores em corrigirem e demonstrarem às restantes equipas a origem dos erros e soluções adotadas para a sua resolução.

#### 5.11.2.Equipamentos

A utilização de equipamentos é dependente da estrutura que cada empresa tiver estabelecido, mas estes recursos são essenciais na execução de qualquer empreitada, sendo que a opção de aquisição ou aluguer depende do grau de utilização dos mesmos e tem a sua relevância estabelecida por cálculos económico-financeiros. A utilização de equipamentos é também um ponto fulcral da aplicação de conceitos *Lean*, uma vez que a sua utilização ou avaria condicionam o fluxo de execução de qualquer obra. Qualquer execução deve ser antecedida pela antecipação da necessidade de equipamento por parte do planeamento, organizando logisticamente para que qualquer tarefa tenha à sua disposição o equipamento para a sua execução em todo o seu potencial de produção, incluindo o posicionamento no posto de trabalho em questão.

O equipamento deve também ser alvo de uma avaliação de nivelamento de produção (*heijunka*) porque certos equipamentos não podem ser sujeitos a picos de funcionamento que os forcem em demasia os mesmos de forma a provocar avarias que atrasem as restantes execuções. A utilização do sistema TPM (*total productive maintenance*) permite também que o equipamento seja sujeito a

manutenção e cuidados constantes pelo próprio manobrador do equipamento para o seu correto e contínuo funcionamento dos mesmos.



Fig.39 – Equipamentos para construção civil  
Fonte: DeWALT

O posicionamento do equipamento, quando em estaleiro, deve ser de modo a estar protegido de condições que o avariem ou degradem as suas condições de funcionamento, garantindo sempre a segurança de trabalho e os 5S através do posicionamento na ordem correta de execução e sem atrapalhar outras tarefas.

O transporte e utilização de qualquer equipamento deve garantir a maior produtividade do mesmo, uma vez que deslocamentos desnecessários são um tipo de desperdício e o armazenamento do mesmo provoca grandes despesas de inventário e possível degradação das características do equipamento. Qualquer equipamento parado implica uma degradação inerente e talvez um recurso em falta noutra execução, como tal, deve ser considerado como um recurso de grande importância e classificado como um desperdício quando mal aproveitado.

### 5.11.3. Materiais

Os materiais são dos recursos mais importantes em obra, pois deles depende a execução do novo produto, sendo por esse motivo classificados como um subproduto da obra. Os materiais são sempre um recurso que possibilita às empresas a procura de margem de manobra na percentagem de lucro. Porém esta busca de lucro causa, na maior parte dos casos:

- Alocação de grandes verbas para aquisição do material em um só pagamento;
- Despesas de transporte de risco - encomenda de lotes que eventualmente se mostram inadequados à obra;
- Despesas de movimentação no interior da obra (equipamento e mão-de-obra) – do transporte para armazém em obra, de armazém em obra para local de aplicação;
- Despesas de inventário;
- Despesas para criação de condições de armazenamento;
- Ocupação de estaleiro.

A forma de diminuir os desperdícios deste tipo de encomendas passa pela encomenda controlada do material, em ritmo com a execução de forma a possibilitar menor alocação de verbas, enquanto as entregas são feitas em pequenos lotes imediatamente colocados no local de aplicação.

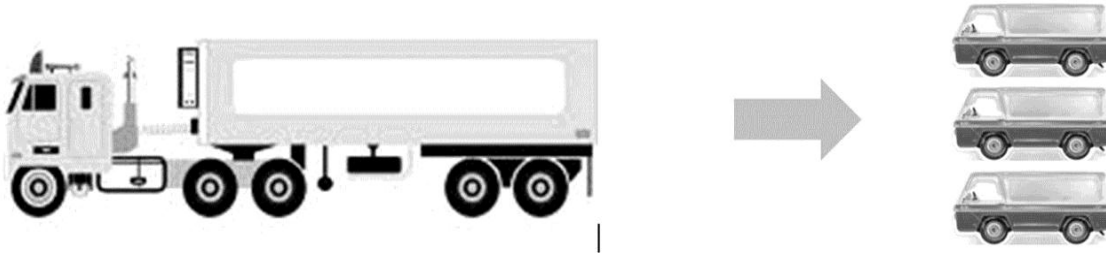


Fig.40 – Nivelamento de transporte

As empresas fornecedoras ficam com um nivelamento da produção que pode ser utilizado em benefício da obra em execução, descrevendo os fluxos de fornecimento em ritmos equiparados e negociando condições de mercado que outras encomendas urgentes não conseguem. As empresas de execução conseguem então baixar os preços da totalidade do subproduto e se possível for, aplicar acordos de parceria com fornecedores em que o produto possa ser fornecido a um conjunto de obras com condições fixas abaixo do preço de mercado. A própria utilização de meios de transporte de menor dimensão em cada encomenda possibilita a poupança de despesas de transporte e por consequência a diminuição dos preços negociáveis do material necessário à obra.

# 6

## METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

### 6.1. AVALIAÇÃO DE PROJETOS

Na atual conjuntura económica, todos os fatores são fundamentais para garantir uma vantagem competitiva com as restantes empresas da construção civil. Torna-se então necessário aplicar a metodologia *Lean*, assim como avaliar em que condições as empresas executam um projeto com os recursos existentes na sua estrutura, eliminando o risco das falhas por previsão a “sentimento”. Para que tal não ocorra, neste trabalho desenvolveu-se uma proposta preliminar de método de avaliação dos projetos a concurso, que as empresas construtoras podem utilizar para avaliar quais as condições logísticas que possuem e diminuir a variabilidade das estimativas orçamentais, garantindo assim o retorno do seu investimento. Este método de avaliação procura diminuir a subjetividade da escolha de projetos através da contínua monitorização do seu desempenho e análise do histórico de execuções como base de fundamento para as suas escolhas.

A utilização desta metodologia de uma forma integrada com o restante método visa possibilitar às empresas os meios de avaliação de viabilidade de construção com vantagens estratégicas através de mecanismos de seleção de projetos e posteriormente garantir essa margem de execução pela aplicação do sistema *Lean* à própria obra.

A caracterização dos projetos, por este método, tem passado ao lado da maioria das caracterizações do desperdício (muda), como descrito por Picchi (2003), “o fluxo de negócio não apresenta até ao momento praticamente nenhum relato de tratamento na literatura do ponto de vista do *Lean Thinking*, como tal este trabalho pretende lançar bases de pensamento para a sustentação de uma escolha de projetos a serem executados por parte de empresas de construção.

A escolha de projetos é um dos maiores compromissos feito na construção, pois visa a duração da execução da obra, acrescido dos anos de garantia de que se destacam as seguintes obrigações legislativas:

- a) 10 Anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos estruturais;
- b) 5 Anos, no caso de defeitos relativos a elementos construtivos não estruturais ou a instalações técnicas;
- c) 2 Anos, no caso de defeitos relativos a equipamentos afetos à obra, mas dela autonomizáveis.

Este compromisso é uma das maiores garantias dada por um produto, o que implica uma grande responsabilidade no cumprimento das características projetadas para a obra, em simultâneo com a própria viabilidade de execução de prazos e custos.

O método de avaliação que em seguida se propõe é a aplicação desse mesmo contexto à gestão empresarial com o enquadramento de conceitos de gestão que possam permitir diminuir a

subjetividade de avaliação de uma empresa na forma de abordar cada projeto. Estes conceitos visam a descrição de qual o modo de caracterizar e antecipar o comportamento dos vários intervenientes através de uma colaboração transversal entre todos os envolvidos. Como a própria designação o indica, os conceitos em seguida apresentados são “ferramentas” que devem ser aplicadas em simultâneo com a metodologia de melhoria contínua (kaizen) ou através de uma mudança radical de modelo de gestão (kaikaku). É fundamental que este método seja aplicado após adequação a cada estrutura empresarial e que haja a noção de que qualquer ferramenta deve ser aplicada de forma integrada com avaliação e controlo para a correta e completa aplicação dos seus pressupostos.

## **6.2. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO**

Para a aplicação do método de avaliação foi utilizada a distribuição descrita por Picchi (2003) que retrata uma divisão em 5 componentes para distinguir quais os fluxos correspondentes a empresas do ramo da construção.

1. Fluxo de negócio;
2. Fluxo de projeto;
3. Fluxo de fornecimentos;
4. Fluxo de obra;
5. Fluxo de uso e manutenção.

Na formulação deste método foram utilizados os 4 primeiros fluxos, pois descrevem todo o processo produtivo desde o concurso para adjudicação até à entrega da obra caracterizando toda a estratégia da empresa para a concretização de um projeto. Estes fluxos são subdivididos em índices que caracterizam as várias fases de organização e planeamento de um projeto, desde a sua análise macroeconómica até ao pormenor de escolha de equipas de trabalho e fornecedores.

### **6.2.1. Fluxo de negócios**

A avaliação de fluxo de negócios é efetuada numa análise macroeconómica do projeto, no qual se define a viabilidade da candidatura da empresa a um determinado projeto, a partir da experiência acumulada e do desempenho da empresa. Esta definição conta com vários critérios que passam pelos dados do histórico económico e de planeamento, assim como da satisfação do dono de obra e da segurança evidenciados em outros projetos.

A análise de viabilidade de um projeto é feita numa perspetiva de candidatura à sua execução, descrevendo-se como uma avaliação global do comportamento de todos os intervenientes da empresa. Nesta fase, o cálculo do fluxo de negócios descreve o comportamento global da empresa em projetos da mesma tipologia, caracterizando a capacidade da empresa administrar e gerir toda a execução. Neste capítulo são incluídas as despesas administrativas existentes em cada obra, definindo quantitativamente os custos das atividades que permitem a gestão e organização da execução. Esta organização empresarial tem enfoque na capacidade económica e logística de antecipar todas as necessidades de obra permitindo o ritmo elevado da produção ao longo de toda a execução.

A avaliação de negócios permite também observar qual o grau de capacidade de interação com a cliente por parte das empresas, assim como a nível de satisfação do cliente ao longo do percurso de execução. A segurança insere-se também neste capítulo, pois não só é fundamental para garantir a integridade física dos trabalhadores como também demonstra ser um fator de qualidade aos olhos do cliente final.

### 6.2.2. Fluxo de projeto

O fluxo de projeto (execução) descreve qual o comportamento da empresa na gestão dos diversos recursos empregues em obra, mostrando a capacidade de organizar todo o funcionamento de uma obra. A diferença entre planeamento e execução passa pela capacidade da equipa de gestão controlar cada obra, sendo essa mesma equipa a ligação entre a descrição teórica dos requisitos e a constante interação com os fornecedores e trabalhadores.

A avaliação do fluxo de projeto passa pela caracterização mais específica da capacidade da empresa organizar o grupo de recursos nos preços orçamentados e no prazo contratual. Esta avaliação descreve a capacidade de cumprir os pressupostos para:

- Mão-de-obra;
- Equipamento;
- Material.

Este método avalia a evolução da empresa na gestão destes recursos ao longo dos projetos e procura criar a perspetiva da viabilidade de execução dos projetos, com a atual experiência dos quadros da empresa. Neste capítulo atribui-se também as despesas referentes a desperdícios de deslocação dos vários recursos, procurando explorar as despesas que habitualmente não permitem antecipação em orçamentação.

### 6.2.3. Fluxo de fornecedores

A avaliação dos fluxos de fornecedores descreve as condições de vantagem competitiva que a correta negociação pode proporcionar às componentes administrativas e de gestão, garantindo menores custos, prazos fiáveis e qualidade do produto. A importância da colaboração entre os fornecedores e a construção é um dos fatores que se demonstra fundamental para que cada entidade seja capaz de produzir a sua atividade de forma eficiente. Atrasos, custos não planeados, defeitos, etc., podem ser fatores de variação de custos em obra. Estes fatores podem ser minimizados se além do correto planeamento forem definidos critérios de escolha de fornecedores que permitam a seleção do que garante melhores condições para a obra. Este relacionamento permite a execução com fluxo contínuo e o benefício mútuo entre as entidades.

### 6.2.4. Fluxo de obra

O fluxo de obra discrimina quais os intervenientes da execução, que realmente produzem a transformação. A avaliação deste fluxo foi efetuada pela análise de equipas de trabalho que podem ser pertencentes à empresa ou subcontratadas, permitindo desta forma a comparação de características em qualquer caso.

A avaliação dos executantes também passa pela análise de custos e prazos produzidos em outras obras, pois estes são pontos fulcrais, embora a qualidade e segurança descrevam outros dos fatores que são extremamente imprescindíveis à confiança e produtividade dos elementos. A utilização de trabalhadores multidisciplinares, que tenham a noção do conjunto de tarefas e consigam interpretar as soluções adotadas, é uma das mais-valias proporcionadas pela correta seleção de trabalhadores. A conjugação de equipas produtivas e de elevado grau de qualidade na sua execução é fundamental para a indústria competitiva da construção, permitindo a sua credibilização através da apresentação de resultados de elevada qualidade nos prazos estipulados.

## 6.2.5. Organização dos fluxos

Definidos os fluxos e qual o seu contexto de avaliação, descrevem-se a organização desses componentes e a sua estruturação como proposta de avaliação.

Tabela 7 – Indicadores de desempenho por fluxo de construção

Capítulo	Indicador de Desempenho
Fluxo de Negócios	Variação de Custo Variação de Prazo Satisfação do Cliente Acidentes de Trabalho
Fluxo de Projeto	Variação de Custo: Processos Mão-de-obra Equipamento Material
	Variação de Prazo: Processos Mão-de-obra Equipamento Material
Fluxo de Fornecimentos	Custo Prazo Qualidade Condições de Contrato
Fluxo de Obra	Custo Prazo Qualidade Acidentes de Trabalho

A identificação dos indicadores de desempenho é apresentada por tabelas que definem todos os dados fundamentais para a sua caracterização, descrevendo criteriosamente quais os objetivos de avaliação e o contexto de aplicação. A aplicação de fórmulas de cálculo permite a utilização de dados históricos de obras da empresa para quantificar quais os projetos em que a empresa produz melhores resultados e tem vantagem competitiva perante a concorrência. Utiliza-se uma avaliação de conjunto dos componentes para que cada avaliação possa ser contabilizada definindo uma classificação específica a cada projeto em cada fase de desenvolvimento, o que possibilita a organização de dados para futura aplicação. Procura-se também exemplificar situações extremas de comportamento empresarial, mostrando quais as situações que podem originar dúvidas na sua aplicação.

A partir dos critérios de aplicação expõe-se cada índice numa tabela que contém os seguintes dados:

- Objetivo;
- Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto;
- Peso relativo para avaliação conjunta de projetos;
- Exemplo;
- Observações.

Os dados são organizados de forma a esclarecer os objetivos do indicador e descrevendo a aplicação em contexto da empresa. As fórmulas introduzidas visam definir individualmente o indicador ou então numa classificação conjunta que se descreve mais à frente. O exemplo aplicado define uma circunstância de aplicação e corresponde à utilização da fórmula individualmente aplicada a cada projeto, assim como da fórmula que classifica o conjunto de projetos já realizados pela empresa. Nas observações enquadra-se a aplicação no âmbito da gestão empresarial e de recursos, esclarecendo quais os fatores ou dados económicos a serem incluídos. Na figura 41 encontra-se o exemplo da aplicação do indicador de desempenho – prazo, ao fluxo de fornecimentos.

Lean Construction – Aplicação ao contexto português

C.2. PRAZO – FORNECEDORES		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre fornecedores que tenham prazos que excederam o planeamento em projetos semelhantes.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpm\_for = \frac{\text{atraso de entrega}}{\text{prazo de execução do processo}}$ vpm_for – variação do prazo de material do fornecedor	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_vpm\_for = \frac{\sum(\text{atraso de entrega}, i)}{\sum(\text{prazo de execução do processo}, i)}$ i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada; I_vpm_for – índice de variação do prazo de material do fornecedor.	
<i>Exemplo</i>	último projeto: atraso de entrega – 8h prazo de execução do processo – 80h $vpm\_for = \frac{8}{80} = 0,10$ todos os projetos: $\sum$ atraso de entrega – 76h $\sum$ prazo de execução do processo – 500h $I\_vpm\_for = \left(\frac{76}{500}\right) = 0,152$	
<i>Observações</i>	A entrega de material é um dos componentes que pode influenciar a criação de valor ao longo do decorrer da execução. A fiabilidade de um fornecedor na entrega do material é um dos componentes mais importantes para o correto encadeamento de tarefas. A importância é redobrada em sistemas da linha do Just-in-time, com a entrega de material na quantidade necessária, no local de aplicação e no momento de execução. A execução dentro do planeamento define vpm_for com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpm_for=0. Valores mais altos de vpm_for implicam um desfasamento muito grande do planeamento.	

Fig.41 – Exemplo de folha de indicador



### 6.3. CÁLCULO DE AVALIAÇÃO

Este método foi desenvolvido com o objetivo de ser quantificada uma classificação final de cada projeto, sendo dividida essa classificação pelas diferentes fases de aplicação. O método permite a comparação individual dos indicadores de desempenho, sem a conjugação de fases, mas a classificação conjunta permite hierarquizar de forma concreta quais os projetos com características mais vantajosas para a empresa. Por outro lado, este método também permite a aplicação de melhoria contínua, através da análise individual dos indicadores – classificação individual- identificando situações de desperdício e aplicando soluções coletivas da sua eliminação.

Neste caso, existem 3 fases de aplicação:

- Fase de Medições e Orçamento;
- Fase de Planeamento;
- Fase de Execução.

Embora estas fases estejam transversalmente relacionadas, muitos dos parâmetros de avaliação encontram-se em cada fase com especificidade crescente, por essa razão, a avaliação numa só classificação iria produzir redundância de resultados, desvalorizando parâmetros com pouca representatividade. Sendo assim, a correspondência de fases processa-se da seguinte forma:

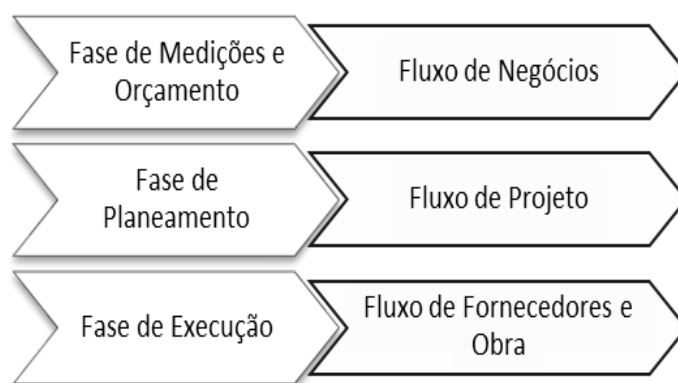


Fig.42 – Correspondência das Fases com os fluxos

Em cada fase existe a possibilidade de classificação conjunta definida pelo parâmetro ID – Índice de Desperdício – que representa o valor quantificado de desperdício ao longo da fase específica. Na tabela 8 é definida a formulação do cálculo do ID para cada fase.

O valor de ID é tanto mais vantajoso à avaliação da empresa quanto menor for o valor representado, ou seja, se no conjunto das atividades for produzido o mínimo de desperdício possível. Nesta formulação o valor de ID teórico pode ser 0, representando a eliminação completa de desperdícios, a obtenção de completa satisfação dos intervenientes e a segurança na execução de uma obra. Todos os indicadores identificados encontram-se definidos nas fichas de indicadores de desempenho em anexo.

Tabela 8 – Cálculo do Índice de Desperdício (ID)

Fases	Cálculo de Índice de Desperdício (ID)
Fase de Medições e Orçamento	$ID_A = I_{cv} + I_{sv} + I_{sc} + I_{at}$
Fase de Planeamento	$ID_B = I_{vcp} + I_{vcmo} + I_{vceq} + I_{vcmat} + I_{vpp} + I_{vpmo} + I_{vpeq} + I_{vpmat}$
Fase de Execução	$ID_{CD} = I_{vcm\_for} + I_{vpm\_for} + I_{vq\_for} + I_{cc\_for} + I_{vcmo\_eq} + I_{vpmo\_eq} + I_{vq\_eq} + I_{at\_eq}$

Legenda:

$I_{cv}$  – Índice de variação de custo;

$I_{sv}$  – Índice de variação de prazo;

$I_{sc}$  – Índice de satisfação do cliente final;

$I_{at}$  – Índice de acidentes de trabalho;

$I_{vcp}$  – Índice de variação de custo dos processos;

$I_{vcmo}$  – Índice de variação de custo da mão-de-obra;

$I_{vceq}$  – Índice de variação de custo do equipamento;

$I_{vcmat}$  – índice de variação de custo de material;

$I_{vpp}$  – índice de variação de custo de processos;

$I_{vpmo}$  – índice de variação do prazo de mão-de-obra;

$I_{vpeq}$  – índice de variação do prazo do equipamento;

$I_{vpmat}$  – índice de variação do prazo do material;

$I_{vcm\_for}$  – índice de variação do custo de material no fornecedor;

$I_{vpm\_for}$  – índice de variação do prazo de material do fornecedor;

$I_{vq\_for}$  – índice de variação da qualidade de material do fornecedor;

$I_{cc\_for}$  – índice das condições de contrato com o fornecedor;

$I_{vcmo\_eq}$  – índice de variação do custo da mão-de-obra por equipa de trabalho;

$I_{vpmo\_eq}$  – índice de variação do prazo de mão-de-obra por equipa de trabalho;

$I_{vq\_eq}$  – índice de variação da qualidade do trabalho da equipa;

$I_{at\_eq}$  – índice de acidentes da equipa de trabalho.

Em síntese, este método de avaliação permite a diminuição da variabilidade de avaliação dos projetos, definindo classificações de desempenho em cada género de obra, produzindo dados que podem ser utilizados para a melhoria do sistema e seleção dos projetos em que existe o melhor desempenho das empresas e ainda garantir as margens de sustentabilidade das empresas.



# 7

## CONCLUSÕES

A metodologia *Lean* tem produzido excelentes resultados em grande parte das indústrias de fábrica, sendo apontada por caracterizar qualquer indústria de forma exaustiva, definir padrões rígidos de controle e responsabilização dos seus intervenientes.

O pensamento *Lean* é uma das filosofias mais acertadas para o tipo de produção que é a construção, pois retrata através das suas ferramentas formas de controlar os desperdícios e antecipar as incertezas. A construção tem como principal condicionante a deslocação da sua estrutura para o local de implementação, procedendo repetitivamente à reorganização dos mecanismos de planeamento e controle, assim como os recursos para a criação de valor. Esta especificidade torna a construção como a indústria de eleição para uma metodologia de caracterização pormenorizada, como se define a *Lean Construction*.

A construção é definida por este método através da identificação dos meios de maior eficiência de produção em cada local, decidindo em cada obra desde o ponto de partida, quais são as soluções ideias para a execução com o menor desperdício possível, garantindo a todos os intervenientes as condições de laboração e majorando padrões de qualidade e segurança.

A metodologia *Lean Construction* tem produzido resultados preliminares de grande sucesso, mas a sua introdução tem sido aplicada de forma parcial, produzindo resultados pouco representativos do potencial do método. A construção enquadra-se como um candidato perfeito à sua execução, pelo objetivo principal de eliminação de desperdícios e pelo envolvimento global de todos os intervenientes. A introdução de meios de diminuição da variabilidade da construção é ainda acentuada pela capacidade de avaliação histórica do comportamento das empresas, assim como pela gestão em tempo real da produtividade das obras. As ferramentas de gestão permitem a abordagem dos processos de forma apoiada, com a quantificação constante do comportamento dos trabalhadores e dos restantes recursos, dando informação fundamental para a correta e atempada execução.

A seleção de projetos que melhor se enquadram na estrutura da empresa é uma das fórmulas de sucesso para que a experiência acumulada, durante os anos de atividade, possa criar condições de aplicação eficiente dos conhecimentos. A utilização de métodos - como o proposto nesta dissertação - permitem a definição concreta de como a empresa deve agir e como deve escolher os seus projetos, para retirar o máximo de dividendos desse trabalho.

O estudo de formas sustentadas de escolha de projetos, assim como novos modelos de comparação devem ser alvo de maior estudo e desenvolvimento na área da construção, aumentando o número de ferramentas que possibilitem a diminuição das condições precárias de avaliação.



## **BIBLIOGRAFIA**

- Babo, M., (2008). A Lean construction e a gestão económica de empreitadas, FEUP, Porto
- Arantes, P., (2008). Lean construction – Filosofia e metodologias, FEUP, Porto
- Arbulu, R., Ballard, G., Harper, N. (2003). Kanban in Construction. Proceedings of IGLC-11, Blacksburg, Virginia.
- Arbulu, R.J., and Tommelein, I.D. (2002). “Value Stream Analysis of Construction Supply Chains: Case Study on Pipe Support Used in Power Plants.” Proc. Tenth Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-10), 6-8 August, held in Gramado, Brazil, 183-195.
- Ballard, G. & Howell, G. (1997). Shielding Production: An Essencial Step in Production Control. Technical Report N° 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, CA.
- 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, 13-15 August.
- 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. (1999). Improving Workflow Reliability. Proceedings of the 7th International Group of Lean Construction, Berkeley, EUA.
- Ballard, G. (2000a). The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
- Ballard, G. (2000b). Lean Project Delivery System™. Lean Construction Institute White Paper-8 (Revision 1). Lean Construction Institute, Ketchum, ID, Sept 23.
- 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.
- Ciampa, Dan. 1991. The CEO’s Role in Time-Based Competition. In: Blackburn, J.D. (ed.). 1991. Time-Based Competition. Business One Irwin, Homewood, IL. Pp. 273 - 293.
- Conte, A. S. Itri. (2002). Lean Construction: from theory to practice. Proceedings of IGLC-10. 10th Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brasil.
- Ferreira, R., (2010). Lean construction na Norlabor – Engenharia e Construção SA, FEUP, Porto
- Costa, J.; Horta, I., (2005). Resultados 2005 Projeto IDP, FEUP; IMMOPI; ADI, Porto
- Filho, J.; Rocha, R.; Silva, L., (2004). Planejamento e controle da produção na construção civil para gerenciamento de custos, XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção, Florianópolis

- Gil, C., (2011). O sector da construção em Portugal em 2010, INCI, Lisboa
- Howell G.A. (1999). What is Lean Construction-1999. Proc. 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, University of California, Berkeley, EUA.
- INE, (2012). Censos 2011 – Resultados Provisórios, INE, Lisboa
- INE, (2012). Censos 2011 – Parque Habitacional (Resultados pré-provisórios), INE, Lisboa
- Koskela, L. (1992). Technical Report 72 – Application of the New Production Philosophy to Construction. Helsinki, Technical Research Centre of Finland.
- Koskela, L. (1999). Management of Production in Construction: a theoretical view. International Group of Lean Construction, 7.
- Koskela, Lauri. (2000). An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction. Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications.
- Koskela L. & Bertelsen, s. (2004). Construction beyond Lean: A New understanding os Construction Management. Proceedings of the 12th annual conference of IGLC. Elsinor, Denmark.
- Koskela, L. (2004). Making - Do –The Eighth Category of Waste. Proceedings of the 12thannual conference of ICGL, Dinamarca.
- Monden, Y. (1984). Sistema Toyota de Produção. Editora do IMAM, São Paulo.
- MOPTC, (2010). Investimentos em obras públicas 2004-2009, GPERI, Lisboa
- Rodrigues, D., (2001). A evolução do parque habitacional português: Reflexões para o futuro, INCI
- NAKAGAWA, Y. & SHIMIZU, Y. Toyota Production System Adopted by Building Construction in Japan. In:12th Annual Conference o Lean Construction. Elsinore: IGLC, 2004.ELSBORG
- Neto, José de Paula. (2002). The Relationship between Strategy and Lean Construction. Proceedings IGLC-10, Agosto 2002, Gramado,Brasil.
- Ohno, T. (1997). O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre, Editora Bookman.
- Picchi, F. A.; Fontanini, P. (2005). Lean Thinking na cadeia de fornecedores.XII SIMPEP
- Picchi, F. A.; Granja, A. D. (2004). Aplicação do lean thinking ao fluxo de obra. Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC 2004, São Paulo, 18-21 Julho.
- Pichi, F.A. (2003). Opportunities for the Application of Lean Thinking in Construction.
- Shinohara, Isao. 1988. New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries. Productivity Press. 197 p.

Spear, S.; Bowen, H.K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. Harvard Business Review, Boston.

Stalk, G. Jr.; Hout, T.M. (1990). Competing against time. Free Press, Nova Iorque

Stoll, H. W. (1988) Design for manufacture. Manufacturing Engineering, v.100, n.1, p.67-73.

Thames Consultores, (2008). O sector construção em Portugal

Tommelein, I. D. e Ballard, G. (1997). Lookahead planning: screening and pulling. In: Seminário Internacional Sobre Lean Construction, 2, São Paulo, Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems.

Tommelein, I. D. (1998). Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. Journal of Construction Engineering and Management, v.124, n°4, Jul/Aug.

Vrijhoef, R. e Koskela, L. (2005b). A critical review of construction as a project-based industry: identifying paths towards a project-independent approach to construction. Kähkönen, K. Proceedings CIB Combining Forces. Helsínquia, Finlândia.

Womack, JP, Jones, DT e Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. Rawson Associates, Nova Iorque, EUA.

Womack, J.P. e Jones, D.T. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon and Schuster, Nova Iorque, EUA.

<http://www.aeportugal.pt/> - Acedido em: 26 de Março de 2012

<http://www.iapmei.pt> - Acedido em: 26 de Março de 2012

<http://www.ine.pt>- Acedido em: 30 de Março de 2012

<http://www.inci.pt>- Acedido em: 19 de Abril de 2012

<http://www.gep.msss.gov.pt/>- Acedido em: 16 de Maio de 2012

<http://www.apm.org.uk/>- Acedido em: 14 de Junho de 2012

<http://www.icbench.net/>- Acedido em: 18de Junho de 2012

<http://www.iapmei.pt>- Acedido em: 18 de Junho de 2012

<http://www.pordata.pt> – Acedido em: 13 de Julho de 2012

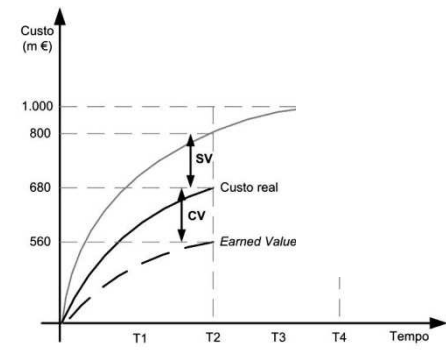


**ANEXOS**

**Metodologia de Avaliação de Projetos**

## A.1. VARIAÇÃO DE CUSTO – NEGÓCIOS

1/2

<b>Objetivo</b>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação da variação de custos orçamentados dos projetos semelhantes.
<b>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</b>	$cv = bcwp - acwp$ <p>cv – variação de custo acwp – valor real acumulado de trabalho efetuado bcwp – valor orçamentado acumulado de trabalho efetuado</p>
<b>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</b>	$\begin{cases} \text{se } cv \geq 0, & I_{cv} = 0 \\ \text{se } cv < 0, & I_{cv} = \frac{\sum  cv , i}{\sum (bcws, i) \times fc} \end{cases}$ $fc = \frac{\text{n}^\circ \text{ de projetos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^\circ \text{ total de projetos}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{cv}</math> – índice de variação de custo.</p>
<b>Exemplo</b>	<p><u>último projeto:</u> bcwp - 560 m€ acwp - 680 m€</p> <p><math>cv = 560 - 680 = -120 \text{ m€}</math></p> <p><u>todos os projetos:</u> nº total de projetos - 25 nº de projetos de valor &gt;75% - 17 <math>\sum cv, i = -578 \text{ m€}</math> <math>\sum bcws, i = 17500 \text{ m€}</math></p> <div style="text-align: right;">  </div> $fc = \frac{17}{25} = 0,68$ $I_{cv} = \frac{ -578 }{17\ 500 \times 0,68} = 0,1$

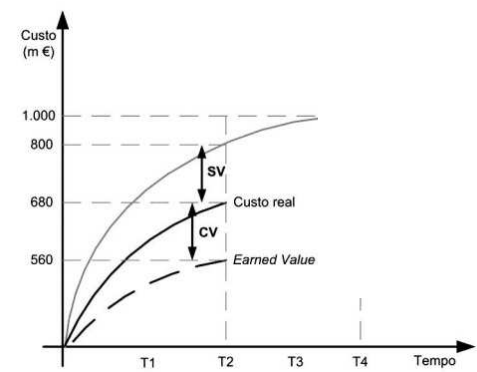
**A.1. VARIAÇÃO DE CUSTO – NEGÓCIOS**

2/2

<i>Observações</i>	<p>O custo de uma obra é um dos principais indicadores de qual a capacidade de uma empresa cumprir os seus objetivos. A aplicação da experiência de uma empresa para que os valores de custo orçamentados correspondam ou sejam inferiores aos de execução é a principal avaliação de ganho de uma obra. As variações de custo podem muitas vezes significar a perda das margens de lucro que possibilitam a sustentabilidade da empresa, como tal, é fundamental que no mercado competitivo atual sejam cumpridos ou superados os objetivos iniciais.</p> <p>Este fator permite não só a quantificação da variação de custo no final da obra, como também permite a análise do decorrer da mesma, podendo dar informações críticas para encontrar as situações de desperdício de recursos ao longo da obra. Neste fator são contabilizados custos administrativos e de gestão referentes aos recursos da própria empresa.</p> <p>A obtenção de valores de <i>cv</i> positivos permite concluir que a obra finalizou com um custo inferior ao planeado em orçamento inicial, permitindo concluir que foram excedidas as expectativas.</p> <p>A obtenção de <i>cv</i> com um resultado igual a 0, implica que foi cumprido o orçamento inicial e que no final da execução o custo planeado corresponde ao orçamentado.</p> <p>A obtenção de <i>cv</i> negativo implica um custo de produção superior ao planeado, sendo necessário analisar criteriosamente qual a razão, e se possível obter os processos que não cumpriram o planeamento ao longo da execução.</p>
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**A.2. VARIAÇÃO DE PRAZO – NEGÓCIOS**

1/2

<p><i>Objetivo</i></p>	<p>Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação de variação de prazos planejados dos projetos semelhantes.</p>
<p><i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i></p>	$sv = bcwp - bcws$ <p>sv - variação do planejamento bcws –valor orçamentado acumulado de trabalho planejado bcwp –valor orçamentado acumulado de trabalho efetuado</p>
<p><i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i></p>	$\begin{cases} se\ sv \geq 0, & I_{sv} = 0 \\ se\ sv < 0, & I_{sv} = \frac{\sum  sv , i}{\sum (bcws, i) \times fc} \end{cases}$ $fc = \frac{n^{\circ} \text{ de projetos de valor superior a } 75\% \text{ do projeto avaliado}}{n^{\circ} \text{ total de projetos}}$ <p>i –número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada; fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos; I<sub>sv</sub> – índice de variação de prazo.</p>
<p><i>Exemplo</i></p>	<p>último projeto: bcwp - 560 m€ bcws - 800 m€</p> $sv = 560 - 800 = -240 \text{ m€}$ <p>todos os projetos: nº total de projetos = 25 projetos de valor &gt;75% = 17 <math>\sum sv, i = -1537 \text{ m€}</math> <math>\sum bcws, i = 17500 \text{ m€}</math></p>  $fc = \frac{17}{25} = 0,68$ $I_{sv} = \frac{ -1537 }{17\ 500 \times 0,68} = 0,13$

## A.2. VARIAÇÃO DE PRAZO – NEGÓCIOS

2/2

<i>Observações</i>	<p>Na indústria da construção a competitividade tem vindo a aumentar, e o fator de tempo pode ser decisivo na obtenção de contratos. A utilização de prazos cada vez menores condiciona a execução e pressiona o planeamento e a gestão a formas de execução cada vez mais eficientes. Sendo assim é fundamental que sejam quantificados os desvios de prazo, pois representam um importante fluxo de valor, podendo mesmo ser considerado como um custo de produção. Contratualmente pode também ser definido como um custo associado ao incumprimento de prazo ou como fator de credibilização da empresa perante clientes.</p> <p>A obtenção de valores de sv positivos permite concluir que a obra finalizou com um custo inferior ao planeado em orçamento inicial, permitindo concluir que foram excedidas as expectativas.</p> <p>A obtenção de sv com um resultado igual a 0, implica que foi cumprido o orçamento inicial e que no final da execução o custo planeado corresponde ao orçamentado.</p> <p>A obtenção de sv negativo implica um custo de produção superior ao planeado, sendo necessário analisar criteriosamente qual a razão, e se possível obter os processos que não cumpriram o planeamento ao longo da execução.</p>
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**A.3. SATISFAÇÃO DO CLIENTE – NEGÓCIOS**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de classificações do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação da satisfação do cliente em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$sc = \frac{\text{classif. atribuida pelo cliente (\%)}}{100}$ <p>sc- satisfação do cliente final</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{sc} = \left( 1 - \frac{\sum sc, i}{n^{\circ}. total de obras} \right)$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><math>I_{sc}</math> – índice de satisfação do cliente final.</p>												
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto:</p> $sc = \frac{75}{100} = 0,75$ <p>todos os projetos:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Classificação cliente (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>69</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>67</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table> $I_{sc} = \left( 1 - \frac{0,45 + 0,69 + 0,67 + 0,73 + 0,75}{5} \right) = 0,342$	Projeto	Classificação cliente (%)	1	45	2	69	3	67	4	73	5	75
Projeto	Classificação cliente (%)												
1	45												
2	69												
3	67												
4	73												
5	75												

### A.3. SATISFAÇÃO DO CLIENTE – NEGÓCIOS

2/2

<i>Observações</i>	<p>A opinião do cliente é fundamental para definir o grau de satisfação perante a execução da obra. Esta classificação descreve a qualidade de execução, mas também retrata como foi a interação entre o cliente e a empresa no cumprimento das especificações do projeto. A opinião do cliente é uma referência de qualidade para outros potenciais clientes e até mesmo a oportunidade de compromissos duradouros de trabalho.</p> <p>A classificação pode ser obtida através de formulários de resposta preparados pelas empresas para avaliação dos clientes, sendo definidos parâmetros relacionados com o tipo de obra e as características da empresa, pois é fundamental que seja definido por cada empresa no seu contexto.</p> <p>A avaliação é efetuada de forma percentual e corresponde aos critérios fundamentais definidos pela empresa que classifiquem todos os graus de qualidade na interação com o cliente e no cumprimento das suas especificações. Os valores mais elevados de sc correspondem à melhor avaliação por parte do cliente.</p>
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**A.4. ACIDENTES DE TRABALHO – NEGÓCIOS**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação da segurança proporcionada pela empresa em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$at = \frac{n^{\circ} \text{ de acidentes em obra}}{\text{duração da obra em meses}}$ <p>at- acidentes de trabalho</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{at} = \frac{\sum(at, i)}{n^{\circ}. \text{ total de obras}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><math>I_{at}</math> – índice de acidentes de trabalho.</p>												
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: acidentes em obra – 2 duração de obra – 8 meses</p> $at = \frac{2}{8} = 0,25$ <p>todos os projetos:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>at</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>,30</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>,05</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>,10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>,25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Cálculo:</p> $I_{at} = \left( \frac{0,00 + 0,30 + 0,05 + 0,10 + 0,25}{5} \right) = 0,14$	Projeto	at	1	,00	2	,30	3	,05	4	,10	5	,25
Projeto	at												
1	,00												
2	,30												
3	,05												
4	,10												
5	,25												



#### A.4. ACIDENTES DE TRABALHO – NEGÓCIOS

2/2

<i>Observações</i>	<p>A segurança é fundamental para a execução de uma obra, pois representa uma salvaguarda da integridade física dos trabalhadores. A aplicação de medidas de segurança reforça também a opinião dos trabalhadores pela importância demonstrada na sua condição. A ocorrência de acidentes de trabalho, por menor que seja a sua gravidade, condicionam o fluxo de execução, induzindo atrasos e reparações.</p> <p>A avaliação pondera as horas de baixa devido a acidentes de trabalho, sendo assim quanto menor o valor de at, menor a quantidade e/ou gravidade de acidentes de trabalho. A obtenção de at=0 representa a não ocorrência de incidentes em obra, descrevendo um ambiente de elevada segurança.</p>
--------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

B.1. VARIAÇÃO DE CUSTO DOS PROCESSOS – PROJETO		1/2												
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação dos processos que excederam custos nos projetos semelhantes.													
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vcp = \frac{n^{\circ} \text{ de processos com custos não planejados}}{n^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>vcp – variação do custo dos processos</p>													
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vcp} = \frac{\sum(n^{\circ} \text{ de processos com custos não planejados}, i)}{\sum(n^{\circ} \text{ total de processos}, i) \times fc}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada</p> $fc = \frac{n^{\circ} \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{n^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{vcp}</math> – índice de variação de custo dos processos.</p>													
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto:  nº de processos com custos não planejados – 7  nº total de processos – 25</p> $vcp = \frac{7}{25} = 0,28$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> nº total de processos – 125  nº de processos com valor superior a 75% - 75</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>nº de processos com custos não planejados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>12</td></tr> <tr><td>2</td><td>8</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>5</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> $fc = \frac{75}{125} = 0,60$ $I_{vcp} = \left( \frac{12 + 8 + 4 + 2 + 7}{125 \times 0,60} \right) = 0,41$		Projeto	nº de processos com custos não planejados	1	12	2	8	3	4	4	2	5	7
Projeto	nº de processos com custos não planejados													
1	12													
2	8													
3	4													
4	2													
5	7													

## B.1. VARIAÇÃO DE CUSTO DOS PROCESSOS – PROJETO

2/2

<i>Observações</i>	<p>A equipa técnica é responsável pelo planeamento e coordenação da execução dos trabalhos, sendo assim a capacidade de resposta dada por esta equipa condiciona o decorrer das atividades. A aplicação de planeamentos realistas e o reforço de métodos de controlo, são aspetos fundamentais no cumprimento das tarefas previstas. Este indicador caracteriza a capacidade da equipa técnica em cumprir os valores de custo pela totalidade do projeto, demonstrando a experiência e capacidade técnica de cumprir o orçamento inicial.</p> <p>A obtenção de valores de vcp baixos implica um grau de cumprimento elevado do planeamento, demonstrando que não existem muitas ocorrências de desvio de custo. Um resultado de valor igual a 0 representa o cumprimento ou melhor comportamento dos custos do que o planeado. Valores mais altos de vcp implicam um desfasamento muito grande do orçamento.</p>
--------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**B.2. VARIAÇÃO DE CUSTO DA MÃO-DE-OBRA – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação dos trabalhos de mão-de-obra que excederam custos orçamentados nos projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vcmo = \frac{\text{custos não planeados da mão - de - obra}}{\text{custo orçamentado da mão - de - obra}}$ <p>vcmo – variação do custo da mão-de-obra</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_vcmo = \frac{\sum(\text{custos não planeados da mão - de - obra}, i)}{\sum(\text{custo orçamentado da mão - de - obra}, i) \times fc}$ $fc = \frac{\text{n}^\circ \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^\circ \text{ total de processos}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p>I_cvmο – índice de variação de custo da mão-de-obra.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>Dados:</p> <p>último projeto:  custo não planeado da mão-de-obra– 12 000 €  custo orçamentado da mão-de-obra – 147 000 €</p> $vcmo = \frac{12000}{147000} = 0,08$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> custo orçamentado da mão – de – obra – 450 000 €  nº de processos com valor superior a 75% - 75  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Custo não planeado da mão-de-obra (€)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>12000</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{75}{125} = 0,6$	Projeto	Custo não planeado da mão-de-obra (€)	1	2000	2	8000	3	4000	4	10000	5	12000
Projeto	Custo não planeado da mão-de-obra (€)												
1	2000												
2	8000												
3	4000												
4	10000												
5	12000												

**B.2. VARIAÇÃO DE CUSTO DA MÃO-DE-OBRA – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vcmo} = \left( \frac{2000 + 8000 + 4000 + 10000 + 12000}{450\,000 \times 0,60} \right) = 0,13$
<i>Observações</i>	<p>A mão-de-obra corresponde a um dos recursos da construção que podem ser mais variáveis, devido à diferente produtividade e qualidade de execução de cada equipa, mas também devido à habitual necessidade de compensar atrasos com reforço de trabalhadores. Torna-se então fundamental para o planeamento, organizar a contratação e disponibilizar todos os recursos para a execução das atividades e utilização de mão-de-obra durante o tempo planeado. O estudo individualizado da mão-de-obra torna visíveis os desvios de custos que possam ser originados deste recurso, assim como possibilita a melhoria da sua utilização.</p> <p>Em termos de avaliação, quanto menor o valor de <i>vcmo</i>, mais aproximado do orçamento foi a utilização da mão-de-obra, sendo que a obtenção de valores iguais a 0 podem indicar o cumprimento ou mesmo custos inferiores de mão-de-obra em relação ao orçamentado. Valores mais altos de <i>vcmo</i> implicam um desfasamento muito grande do orçamento.</p>

**B.3. VARIAÇÃO DE CUSTO DO EQUIPAMENTO – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação da utilização de equipamento que excedeu custos orçamentados nos projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vceq = \frac{\text{custos não planeados do equipamento}}{\text{custo orçamentado do equipamento}}$ <p>vceq – variação do custo do equipamento</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vceq} = \frac{\sum(\text{custos não planeados do equipamento}, i)}{\sum(\text{custo orçamentado do equipamento}, i) \times fc}$ $fc = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada</p> <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{vceq}</math> – índice de variação de custo do equipamento.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>último projeto:  custo não planeado do equipamento – 10 000 €  custo orçamentado de equipamento – 25 000 €</p> $vceq = \frac{1000}{25000} = 0,04$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> custo orçamentado do equipamento – 500 000 €  nº de processos com valor superior a 75% - 75  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Custo não planeado de equipamento (€)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>15000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{75}{125} = 0,60$	Projeto	Custo não planeado de equipamento (€)	1	5000	2	2000	3	1000	4	15000	5	1000
Projeto	Custo não planeado de equipamento (€)												
1	5000												
2	2000												
3	1000												
4	15000												
5	1000												

**B.3. VARIAÇÃO DE CUSTO DO EQUIPAMENTO – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vceq} = \left( \frac{5000 + 2000 + 1000 + 15000 + 1000}{500\,000 \times 0,60} \right) = 0,18$
<i>Observações</i>	<p>O equipamento é um dos recursos fundamentais para a execução, partindo destes a capacidade e maior eficiência de execução por parte da mão-de-obra. Neste fator devem ser contabilizados a deslocação, aluguer e reparação de equipamentos, sendo mesmo aconselhável a contabilização de utilização de equipamentos próprios. Os desvios de utilização de equipamentos podem-se dever a utilizações não planeadas, avarias ou compensação de atrasos. Todos estes desvios devem ser analisados e encontradas as razões para antecipação futura que limite a variação de custo.</p> <p>O valor de <i>vceq</i> varia consoante a variação do custo de equipamento, sendo que valores próximos de 0 indicam proximidade do orçamento enquanto <i>vceq</i>=0 corresponde ao cumprimento do planeamento. Valores mais altos de <i>vceq</i> implicam um desfasamento muito grande do orçamento.</p>

**B.4. VARIAÇÃO DE CUSTO DO MATERIAL – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação da utilização de material que excedeu custos orçamentados nos projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$v_{cmat} = \frac{\text{custos não planeados de material}}{\text{custo orçamentado de material}}$ <p><math>v_{cmat}</math> – variação do custo de material</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{v_{cmat}} = \frac{\sum(\text{custos não planeados de material}, i)}{\sum(\text{custo orçamentado de material}, i) \times fc}$ <p><math>i</math> – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada</p> $fc = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p><math>fc</math> – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{v_{cmat}}</math> – índice de variação de custo de material.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>último projeto:  custo não planeado de material – 0 €  custo orçamentado de material – 150 000 €</p> $v_{cmat} = \frac{0}{150\,000} = 0,00$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> custo orçamentado de material – 600 000 €  nº de processos com valor superior a 75% - 75  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Custo não planeado de material (€)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4000</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6000</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{75}{125} = 0,60$	Projeto	Custo não planeado de material (€)	1	12000	2	4000	3	8000	4	6000	5	0
Projeto	Custo não planeado de material (€)												
1	12000												
2	4000												
3	8000												
4	6000												
5	0												



**B.4. VARIAÇÃO DE CUSTO DO MATERIAL – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vcmat} = \left( \frac{12000 + 4000 + 8000 + 6000 + 0}{600\,000 \times 0,60} \right) = 0,08$
<i>Observações</i>	<p>A utilização de materiais – subprodutos da construção – é fundamental para a criação do produto da construção. Mas a sua utilização deve ser feita de forma racional, pois deve contrapor a qualidade e o custo na mesma caracterização. Na execução existe também a necessidade de eficiência na utilização dos materiais, pois qualquer desperdício de material corresponde a um aumento do custo de produção.</p> <p>O planeamento racional da forma de encomenda, quantidades e utilização caracteriza a importância da empresa no controlo da execução e no aumento da eficiência de todo o percurso de valor, possibilita a utilização eficiente dos materiais por parte da empresa.</p> <p>A observação de um resultado de vcmat próximo de 0 implica uma proximidade do orçamento, vcmat=0 representa o cumprimento do orçamento. Valores mais altos de vcmat implicam um desfasamento muito grande do orçamento.</p>

**B.5. VARIAÇÃO DE PRAZO DOS PROCESSOS – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação de processos que excederam prazos planeados em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpp = \frac{n^{\circ} \text{ de processos prazos não planeados}}{n^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>vpp – variação do custo dos processos</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vpp} = \frac{\sum(n^{\circ} \text{ de processos com prazos não planeados, } i)}{\sum(n^{\circ} \text{ total de processos, } i) \times fc}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada</p> $fc = \frac{n^{\circ} \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{n^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{vpp}</math> – índice de variação de custo de processos.</p>												
<i>Exemplo(1/2)</i>	<p>último projeto:  nº de processos com prazos não planeados– 4  nº total de processos – 25</p> $vpp = \frac{4}{25} = 0,16$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> nº de processos com prazos não planeados – 30  nº de processos com valor superior a 75% - 100  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>nº de processos com prazos não planeados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{100}{125} = 0,80$	Projeto	nº de processos com prazos não planeados	1	8	2	6	3	6	4	6	5	4
Projeto	nº de processos com prazos não planeados												
1	8												
2	6												
3	6												
4	6												
5	4												

**B.5. VARIAÇÃO DE PRAZO DOS PROCESSOS – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo(2/2)</i>	$I_{vpp} = \left( \frac{8 + 6 + 6 + 6 + 4}{125 \times 0,80} \right) = 0,3$
<i>Observações</i>	<p>Os prazos de execução são uma condicionante para o planeamento, uma vez que, são cada vez mais exigentes e permitem cada vez menos atrasos na execução. Esta evolução deixa pouca margem de manobra ao planeamento, definindo então a crescente exigência de controlo e de melhoria dos métodos de execução. O controlo de execução é quantificado neste parâmetro, onde é descrito como a aplicação atempada dos processos.</p> <p>A execução dentro do planeamento define vpp com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpp=0. Valores mais altos de vpp implicam um desfasamento muito grande do planeamento.</p>

**B.6. VARIAÇÃO DE PRAZO DA MÃO-DE-OBRA – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação de utilização da mão-de-obra que excedeu prazos planeados em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpmo = \frac{\text{prazos não planeados de mão – de – obra}}{\text{prazo total de mão – de – obra}}$ <p>vpmo – variação do prazo de mão-de-obra</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vpmo} = \frac{\sum(\text{prazos não planeados da mão – de – obra, } i)}{\sum(\text{prazo total da mão – de – obra, } i) \times fc}$ $fc = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de processos}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{vpmo}</math> – índice de variação do prazo de mão-de-obra.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>último projeto:  prazo não planeado de mão-de-obra– 320h  prazo total de mão-de-obra– 5120h</p> $vpmo = \frac{320}{5120} = 0,06$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> prazos totais de mão – de – obra– 30000h  nº de processos com valor superior a 75% - 100  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Prazo não planeado de mão-de-obra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>320</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{100}{125} = 0,80$	Projeto	Prazo não planeado de mão-de-obra	1	600	2	400	3	180	4	0	5	320
Projeto	Prazo não planeado de mão-de-obra												
1	600												
2	400												
3	180												
4	0												
5	320												

**B.6. VARIAÇÃO DE PRAZO DA MÃO-DE-OBRA – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vpmo} = \left( \frac{600 + 400 + 180 + 0 + 320}{30000 \times 0,80} \right) = 0,06$
<i>Observações</i>	<p>A avaliação do prazo de execução da mão-de-obra prende-se com a necessidade de especificar quais os recursos que condicionam o planeamento. A mão-de-obra pode ser definida por intervenientes que podem variar de obra para obra, logo dependem de extenso controlo, pois condicionam o percurso de valor. A necessidade de quantificar o comportamento de cada equipa e de guardar um registo histórico permite à empresa, a futura seleção das equipas que possuem melhor produtividade. A acumulação de dados permite também a distinção entre equipas que executam melhor diferentes processos, gerindo esta informação para futuros projetos.</p> <p>A execução dentro do planeamento define vpmo com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpmo=0. Valores mais altos de vpmo implicam um desfasamento muito grande do planeamento.</p>

**B.7. VARIAÇÃO DE PRAZO DO EQUIPAMENTO – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação de utilização do equipamento que excedeu prazos planejados em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpeq = \frac{\text{prazos não planejados do equipamento}}{\text{prazo total do equipamento}}$ <p>vpeq – variação do prazo do equipamento</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vpeq} = \frac{\sum(\text{prazos não planejados do equipamento}, i)}{\sum(\text{prazo total do equipamento}, i) \times fc}$ $fc = \frac{\text{n}^\circ \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^\circ \text{ total de processos}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>fc – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><math>I_{vpeq}</math> – índice de variação do prazo do equipamento.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>último projeto:  prazo não planejado de equipamento– 80h  prazo total de equipamento– 320h</p> $vpeq = \frac{80}{320} = 0,25$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> prazos totais de equipamento– 2300h  nº de processos com valor superior a 75% - 100  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Prazo não planejado de equipamento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{100}{125} = 0,80$	Projeto	Prazo não planejado de equipamento	1	15	2	13	3	7	4	7	5	8
Projeto	Prazo não planejado de equipamento												
1	15												
2	13												
3	7												
4	7												
5	8												

**B.7. VARIAÇÃO DE PRAZO DO EQUIPAMENTO – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vpeq} = \left( \frac{15 + 13 + 7 + 7 + 8}{2300 \times 0,80} \right) = 0,03$
<i>Observações</i>	<p>O equipamento tem um papel determinante para a execução produtiva de qualquer atividade. A utilização de equipamento durante tempo excessivo ou a falha de disponibilidade provocam desperdícios que podem ser contabilizados no custo e no prazo de execução. A avaliação de comportamento de outros projetos permite antecipar quais as falhas e utilizações não contabilizadas, necessárias em utilizações futuras da mesma tipologia de projeto.</p> <p>A execução dentro do planeamento define vpeq com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpeq=0. Valores mais altos de vpeq implicam um desfasamento muito grande do planeamento.</p>

**B.8. VARIAÇÃO DO PRAZO DO MATERIAL – PROJETO**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação de utilização do material que excedeu prazos planeados em projetos semelhantes.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpmat = \frac{\text{atraso de entrega de material}}{\text{prazo de execução do processo}}$ <p>vpmat – variação do prazo de material</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vpmat} = \frac{\sum(\text{atraso de entrega de material}, i)}{\sum(\text{prazo de execução do processo}, i) \times fc}$ $fc = \frac{\text{n}^\circ \text{ de processos de valor superior a 75\% do projeto avaliado}}{\text{n}^\circ \text{ total de processos}}$ <p><i>i</i> – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><i>fc</i> – fator de correção em função da dimensão dos projetos;</p> <p><i>I<sub>vpmat</sub></i> – índice de variação do prazo do material.</p>												
<i>Exemplo (1/2)</i>	<p>último projeto:  prazo não planeado de material– 320h  prazo total de material– 5120h</p> $vpmat = \frac{16}{80} = 0,20$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> prazos totais de material– 30000h  nº de processos com valor superior a 75% - 100  <math>\sum</math> nº total de processos – 125</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Prazo não planeado de material</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>38</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table> $fc = \frac{100}{125} = 0,80$	Projeto	Prazo não planeado de material	1	42	2	38	3	34	4	20	5	16
Projeto	Prazo não planeado de material												
1	42												
2	38												
3	34												
4	20												
5	16												



**B.8. VARIAÇÃO DO PRAZO DO MATERIAL – PROJETO**

2/2

<i>Exemplo (2/2)</i>	$I_{vpmat} = \left( \frac{42 + 38 + 34 + 20 + 16}{30000 \times 0,80} \right) = 0,006$
<i>Observações</i>	<p>Os materiais são os subprodutos de obra e como tal dependem de fornecimento externo à empresa. A ocorrência de faltas de material pode provocar atrasos na execução pois estes componentes não são dependentes apenas da empresa. A ocorrência de qualquer falha de recursos condiciona o decorrer do fluxo de trabalho. A necessidade de material depende do planeamento e a sua utilização deve ser coordenada com a mão-de-obra. O planeamento define antecipadamente quais os materiais que necessita e onde os necessita para um comportamento de entrega no local certo e na quantidade certa.</p> <p>A execução dentro do planeamento define vpmat com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpmat=0. Valores mais altos de vpmat implicam um desfasamento muito grande do planeamento.</p>

C.1. CUSTO – FORNECEDORES		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre fornecedores que tenham custos que excederam o orçamento em projetos semelhantes.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vcm\_for = \frac{\text{custo de material}}{\text{custo médio do material em mercado comercial}}$ <p>vcm_for – variação do custo de material no fornecedor</p>	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_vcm\_for = \frac{\sum(\text{custo de material}, i)}{\sum(\text{custo médio em mercado comercial}, i)}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>I_vcm_for – índice de variação do custo de material no fornecedor.</p>	
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto:  custo de material – 0,13 €  custo médio de material – 0,15 €</p> $vcm\_for = \frac{0,13}{0,15} = 0,87$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> custo de material – 0,65 €  <math>\sum</math> custo médio de material – 0,71 €</p> $I\_vcm\_for = \left(\frac{0,65}{0,71}\right) = 0,92$	
<i>Observações</i>	<p>A avaliação de um material tem como um dos principais critérios a definição de custo. O custo de material apenas pode ter referência a partir de valores médios de mercado que demonstra a competitividade do fornecedor com a restante indústria do material em questão. A referência do fornecedor para futuros projetos permite a definição de quais os valores praticados e qual a margem de custo para a obra.</p> <p>A observação de um resultado de vcm_for menor que 1 implica um custo inferior ao do orçamento, vcm_for=1 representa o cumprimento do orçamento. Valores mais altos de vcm_for implicam um custo superior ao orçamentado.</p>	



C.2. PRAZO – FORNECEDORES		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre fornecedores que tenham prazos que excederam o planeamento em projetos semelhantes.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpm\_for = \frac{\text{atraso de entrega}}{\text{prazo de execução do processo}}$ <p>vpm_for – variação do prazo de material do fornecedor</p>	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_vpm\_for = \frac{\sum(\text{atraso de entrega}, i)}{\sum(\text{prazo de execução do processo}, i)}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>I_vpm_for – índice de variação do prazo de material do fornecedor.</p>	
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: atraso de entrega – 8h prazo de execução do processo – 80h</p> $vpm\_for = \frac{8}{80} = 0,10$ <p>todos os projetos: ∑ atraso de entrega – 76h ∑ prazo de execução do processo – 500h</p> $I\_vpm\_for = \left(\frac{76}{500}\right) = 0,152$	
<i>Observações</i>	<p>A entrega de material é um dos componentes que pode influenciar a criação de valor ao longo do decorrer da execução. A fiabilidade de um fornecedor na entrega do material é um dos componentes mais importantes para o correto encadeamento de tarefas. A importância é redobrada em sistemas da linha do Just-in-time, com a entrega de material na quantidade necessária, no local de aplicação e no momento de execução.</p> <p>A execução dentro do planeamento define vpm_for com classificações baixas e a execução completa dentro do planeamento define vpm_for=0. Valores mais altos de vpm_for implicam um desfasamento muito grande do planeamento.</p>	



C.3. QUALIDADE – FORNECEDORES		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre a qualidade dos diferentes produtos dos diferentes fornecedores.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vq\_for = \frac{n^{\circ} \text{ de peças defeituosas}}{n^{\circ} \text{ total de peças}}$ <p>vq_for – variação da qualidade de material do fornecedor</p>	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_vq\_for = \frac{\sum(n^{\circ} \text{ de peças defeituosas}, i)}{\sum(n^{\circ} \text{ total de peças}, i)}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>I_vq_for – índice de variação da qualidade de material do fornecedor.</p>	
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: peças defeituosas – 20 total de peças – 500</p> $vq\_for = \frac{20}{500} = 0,04$ <p>todos os projetos: <math>\sum</math> peças defeituosas – 125 <math>\sum</math> total de peças – 3100</p> $I\_vq\_for = \left( \frac{125}{3100} \right) = 0,04$	
<i>Observações</i>	<p>As peças defeituosas são o princípio de uma execução defeituosa, como tal é necessário que o fornecedor disponha de material que tenha um grau de qualidade elevada, para não provocar atrasos ou defeitos na execução. A devolução de material também deve ser evitada pois representa a paragem de equipas de trabalho que adicionam custos ao valor orçamentado.</p> <p>A fiabilidade das empresas é um dos pressupostos básicos para que seja escolhida no meio do mercado comercial e a qualidade é sem dúvida um dos pressupostos fundamentais para que tal ocorra.</p> <p>A medição pode ser efetuada em várias unidades de medida, não sendo exclusiva a medição de peças, podendo ter a referência de área, volume ou metro linear.</p> <p>A execução dentro dos parâmetros de qualidade definem vq_for com classificações baixas e a execução completa sem defeitos define vq_for=0.</p>	



**C.4. CONDIÇÕES DE CONTRATO – FORNECEDORES**

1/1

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre as condições de contrato dos diferentes fornecedores.
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$cc\_for = \frac{30}{\text{prazo para pagamento}}$ <p>cc_for – condições de contrato com o fornecedor</p>
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_cc\_for = \frac{30 \times n^{\circ} \text{ de processos}}{\sum(\text{prazo para pagamento}, i)}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>I_cc_for – índice das condições de contrato com o fornecedor.</p> <p>nota: os 30 (dias) representam como referência a data mínima para pagamento</p>
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: prazo de pagamento – 90 dias</p> $cc\_for = \frac{30}{90} = 0,33$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> prazos de pagamento – 270  <math>\sum</math> n° de projetos – 5</p> $I\_cc\_for = \left( \frac{30 \times 5}{270} \right) = 0,56$
<i>Observações</i>	<p>As condições de contrato com os fornecedores são importantes para maior margem de manobra dos restantes pagamentos de custos. Esta margem possibilita a liquidez durante a execução para saldar outros custos. Margens de prazo de pagamento maior permitem a liquidação de pagamentos sem recurso a crédito, eliminando desperdícios ou aumento de custos com juros.</p> <p>A obtenção de valores de cc_for menores representa a maior margem de manobra de pagamentos, enquanto cc_for=1 implica pagamentos mensais, com baixa margem de prazo.</p>





**D.1. CUSTO – OBRA**

1/2

<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre os diferentes custos das diferentes equipas de execução.												
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vcmo_{eq} = \frac{\text{custos não planeados da mão – de – obra}}{\text{custo orçamentado da mão – de – obra}}$ <p><math>vcmo_{eq}</math> – variação do custo da mão-de-obra por equipa de trabalho</p>												
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vcmo_{eq}} = \frac{\sum(\text{custos não planeados da mão – de – obra}, i)}{\sum(\text{custo orçamentado da mão – de – obra}, i)}$ <p><math>i</math> – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><math>I_{vcmo_{eq}}</math> – índice de variação do custo da mão-de-obra por equipa de trabalho.</p>												
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto:  custo não planeado da mão-de-obra– 500 €  custo orçamentado da mão-de-obra – 4 000 €</p> $vcmo_{eq} = \frac{500}{4000} = 0,125$ <p>todos os projetos:  <math>\Sigma</math> custo orçamentado da mão – de – obra – 35 000 €</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Custo não planeado de mão-de-obra (€)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>750</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table> $I_{vcmo_{eq}} = \left( \frac{800 + 750 + 700 + 650 + 500}{35000} \right) = 0,10$	Projeto	Custo não planeado de mão-de-obra (€)	1	800	2	750	3	700	4	650	5	500
Projeto	Custo não planeado de mão-de-obra (€)												
1	800												
2	750												
3	700												
4	650												
5	500												

**D.1. CUSTO – OBRA**

2/2

<p><i>Observações</i></p>	<p>O custo inerente à produção é uma condicionante indiscutível na escolha de equipas de execução. A escolha das equipas pode ser condicionada pelo custo de execução ou esse custo ser contraposto com a produtividade e/ou eficiência evidenciada. O custo de mão-de-obra pode ser também condicionado pela utilização de trabalhadores especializados em tarefas específicas fundamentais para a execução. Outra das condicionantes prende-se com a disponibilidade limitada de mão-de-obra devido à localização da obra. Os atrasos das execuções podem ser um ponto de atraso em qualquer execução, por responsabilidade da equipa de trabalho ou indisponibilidade de algum dos recursos utilizados.</p> <p>A observação de um resultado de <math>vcm_{eq}=0</math> implica o cumprimento do orçamento, valores na proximidade de 0 implica pequenos desvios, enquanto valores maiores implicam grande variação de custos.</p>
---------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D.2. PRAZO – OBRA		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre os diferentes prazos de execução planeado das diferentes equipas de trabalho.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vpmo_{eq} = \frac{\text{prazos não planeados de mão – de – obra}}{\text{prazo total de mão – de – obra}}$ <p><math>vpmo_{eq}</math> – variação do prazo de mão-de-obra por equipa de trabalho</p>	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vpmo_{eq}} = \frac{\sum(\text{prazos não planeados da mão – de – obra}, i)}{\sum(\text{prazo total da mão – de – obra}, i)}$ <p><math>i</math> – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><math>I_{vpmo_{eq}}</math> – índice de variação do prazo de mão-de-obra por equipa de trabalho.</p>	
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto:  prazo não planeado de mão-de-obra– 60 h  prazo total da mão-de-obra – 480 h</p> $vpmo_{eq} = \frac{60}{480} = 0,125$ <p>todos os projetos:  <math>\sum</math> prazo não planeado de mão – de – obra– 320 h  <math>\sum</math> prazo total da mão – de – obra– 2000 h</p> $I_{vpmo_{eq}} = \left( \frac{320}{2000} \right) = 0,16$	
<i>Observações</i>	<p>O prazo não planeado de uma equipa demonstra uma produtividade inferior à planeada. A comparação de prazos entre equipas permite a avaliação das diferentes capacidades de cada equipa consoante o tipo de trabalho, avaliando a experiência em cada tarefa e permitindo a seleção futura em projetos do mesmo género. A capacidade individualizada das equipas de se adaptarem a diferentes processos ao longo da obra (equipas multidisciplinares), demonstram a evolução e sistematização dos processos, que ficam também visíveis nos dados registados dos trabalhadores.</p> <p>A observação de um resultado de <math>vpmo_{eq}=0</math> implica o cumprimento do planeamento, valores na proximidade de 0 implica pequenos desvios, enquanto valores maiores implicam grande variação de prazos.</p>	



D.3. QUALIDADE – OBRA		1/1
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre a qualidade de trabalho das diferentes equipas de execução.	
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$vq_{eq} = \frac{n^{\circ} \text{ de defeitos detetados pelo consumidor}}{n^{\circ} \text{ total de tarefas}}$ <p><math>vq_{eq}</math> – variação da qualidade do trabalho da equipa</p>	
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I_{vq_{eq}} = \frac{\sum(n^{\circ} \text{ de defeitos detetados pelo consumidor, } i)}{\sum(n^{\circ} \text{ total de tarefas, } i)}$ <p><math>i</math> – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p><math>I_{vq_{eq}}</math> – índice de variação da qualidade do trabalho da equipa.</p>	
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: defeitos detetados pelo consumidor – 7 total de tarefas – 50</p> $vq_{eq} = \frac{7}{50} = 0,14$ <p>todos os projetos: <math>\sum</math> defeitos detetados pelo consumidor – 40 <math>\sum</math> total de tarefas – 200</p> $I_{vq_{eq}} = \left(\frac{40}{200}\right) = 0,20$	
<i>Observações</i>	<p>A qualidade de execução de uma equipa é uma característica essencial, não só pelo funcionamento e aspeto final da obra, mas também pela satisfação do cliente interno. O consumidor interno corresponde ao trabalhador ou equipa que recebe o trabalho no processo subsequente, que necessita que haja perfeição na execução anterior para conseguir concretizar a sua tarefa com qualidade. Este passo é fundamental para não haver desperdício de tempo e qualidade em reparações ou execução imperfeitas. A forma de garantir qualidade e continuidade de trabalho com os mesmos pressupostos passa pela contratação de equipas multidisciplinares que executem várias tarefas, dando assim seguimento aos pressupostos de trabalho e à resolução de problemas com maior rapidez.</p>	



D.4. SEGURANÇA – OBRA		1/1												
<i>Objetivo</i>	Comparação de dados do histórico de projetos da empresa que permitam uma avaliação entre a segurança no trabalho das diferentes equipas de execução.													
<i>Fórmula (s) para avaliação individualizada de projeto</i>	$at\_eq = \frac{\text{acidentes de trabalho}}{\text{duração da obra}}$ <p>at_eq- acidentes da equipa de trabalho</p>													
<i>Peso relativo para avaliação conjunta de projetos</i>	$I\_at\_eq = \frac{\sum(at\_eq, i)}{n^{\circ}. \text{ total de obras}}$ <p>i – número do projeto executado correspondente à tipologia da obra orçamentada;</p> <p>I_at_eq– índice de acidentes da equipa de trabalho.</p>													
<i>Exemplo</i>	<p>último projeto: acidentes em obra – 1 duração de obra – 8 meses</p> $at\_eq = \frac{1}{8} = 0,25$ <p>todos os projetos:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Projeto</th> <th>Acidentes em obra</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> $I\_at\_eq = \left(\frac{4}{32}\right) = 0,125$		Projeto	Acidentes em obra	1	2	2	1	3	0	4	0	5	1
Projeto	Acidentes em obra													
1	2													
2	1													
3	0													
4	0													
5	1													
<i>Observações</i>	<p>A utilização de equipas que executem as suas atividades de forma insegura pode pôr em causa a própria execução. As equipas devem ser capazes de cumprir os requisitos de segurança e estes devem difundir por todos os membros as medidas adotadas em obra. A ocorrência de incidentes pode causar problemas nos fluxos de trabalho assim como outras situações que ponham em causa a própria empresa.</p> <p>A avaliação pondera as horas de baixa devido a acidentes de trabalho, sendo assim quanto menor o valor de at_eq, menor a quantidade e/ou gravidade de acidentes de trabalho. A obtenção de at_eq=0 representa a não ocorrência de incidentes em obra, descrevendo um ambiente de elevada segurança.</p>													



