

TÉCNICAS LEAN NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

PEDRO MÁRIO DA ROSA CORTICEIRO

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

Orientador: Professora Ana Margarida Vaz Duarte Oliveira e Sá

JUNHO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo 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 eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família

*“It ain’t what you don’t know that gets you into trouble, it’s what you know for sure that just
ain’t so”*

Mark Twain

AGRADECIMENTOS

Gostaria em primeiro lugar de manifestar os meus agradecimentos a toda a minha família, em especial aos meus pais e avós, que me motivaram e estiveram presentes em todo o meu percurso académico.

A todos os meus amigos que, direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso. Os grupos foram mudando mas atribuo a todos o mesmo agradecimento, tornaram o percurso inesquecível.

Ao Eng. João Pedro Borges Ferreira, pela ajuda no contacto inicial com os elementos da empresa, pela partilha de ideias e informação e sobretudo pela disponibilidade demonstrada durante todo o trabalho.

À Professora Ana Vaz Sá, por nunca recusar orientação e ajuda no decorrer do trabalho.

E por fim, a toda a comunidade da Universidade do Porto e arredores, pela vida académica que nunca esquecerei.

RESUMO

Existe um paralelismo que pode ser feito em relação à realidade portuguesa e internacional do setor da construção (que vê dificuldades no aumento da produtividade e eficiência) com os benefícios da implementação das ideias de redução de desperdício da *Lean Production*, originária da indústria automóvel no Japão. Com o intuito de melhorar o desempenho da indústria da construção nasce então um novo paradigma de produção, a *Lean Construction*. Nos últimos anos um número crescente de empresas tem vindo a implementar técnicas *Lean*, a maioria reportando resultados satisfatórios.

O presente trabalho analisa a origem do pensamento Lean, as particularidades e dificuldades da sua implementação na indústria da construção bem como algumas técnicas e práticas. Descreve também os processos de uma empresa de construção portuguesa, estudando oportunidades de melhoria e a aplicabilidade de técnicas e pensamento da *Lean Construction*. O trabalho conclui com o desenvolvimento de uma lista de materiais comuns nas obras de construção civil, com o intuito de ser implementada numa checklist facilitando o processo de pedido de material.

PALAVRAS-CHAVE: Lean construction, desperdício, produtividade, desempenho, checklist.

ABSTRACT

There are similarities between the current state of both portuguese and international construction sectors (with their struggles in increasing productivity and efficiency), with the benefits of implementing the waste reduction ideas of Lean Production, tracing its origins in the automotive industry in Japan. Aiming to improve the construction industry's performance, a new production paradigm was born: Lean construction. In recent years, a rising number of corporations have been implementing Lean techniques, most of them reporting satisfactory results.

This paper analyses the origins of lean thinking, the difficulties and particularities of its implementation in the construction industry as well as some practices and techniques. It also describes the current state of a Portuguese company's processes, studying improvement opportunities and the feasibility of applying some lean construction practices. The paper concludes with the development of a list with common materials in civil construction, with the objective of being incorporated in a checklist, facilitating the material request process.

KEYWORDS: Lean construction, waste, productivity, performance, checklist.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO	1
1.1.1. EXPOR E DESCREVER TÉCNICAS LEAN	1
1.1.2. AUMENTAR A COMPETITIVIDADE DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO	1
1.2. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. ESTADO DA ARTE	3
2.1. SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL	3
2.2. ORIGEM E DEFINIÇÃO DA LEAN PRODUCTION	4
2.3. OS PILARES DA PRODUÇÃO LEAN	5
2.4. PRODUÇÃO LEAN APLICADO À INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	6
2.5. TEORIA DE PRODUÇÃO TFV	9
2.6. PRINCÍPIOS LEAN	11
2.7. DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO	14
3. FERRAMENTAS LEAN NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	17
3.1. IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE ESTALEIRO EM OBRA	17
3.2. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM	18
3.3. PRÁTICAS LEAN: NOTAS INTRODUTÓRIAS	19
3.4. PRÁTICAS DE DIMENSIONAMENTO E ENGENHARIA	20
3.4.1. ENGENHARIA SIMULTÂNEA	20
3.4.2. TARGET VALUE DESIGN (TVD)	21
3.4.3. PROJETO INTEGRADO	21
3.5. PRÁTICAS DE CONTROLO E PLANEAMENTO	21
3.5.1. LAST PLANNER SYSTEM (LPS)	21
3.5.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	23
3.5.3. KANBAN	24
3.5.4. JUST IN TIME	27
3.5.5. HEIJUNKA – NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO	29

3.5.6. 6 SIGMA	31
3.6. PRÁTICAS DE GESTÃO DE ESTALEIRO E CONSTRUÇÃO	32
3.6.1. GEMBA WALK	32
3.6.2. MANUTENÇÃO PRODUTIVA/PREVENTIVA TOTAL	32
3.6.3. GESTÃO TOTAL DA QUALIDADE.....	32
3.6.4. JIDOKA	33
3.6.5. POKA YOKE	33
3.6.6. 5S	34
3.6.7. GESTÃO DA VISUALIZAÇÃO	35
3.6.8. ESTUDOS DE PRIMEIRA OCORRÊNCIA	35
3.6.9. DOCUMENTOS DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÃO.....	35
3.6.10. CÉLULAS DE PRODUÇÃO	36
3.7. LIGAÇÃO ENTRE METODOLOGIA LEAN E SUSTENTABILIDADE	36

4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E OPORTUNIDADES DE MELHORIA41

4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO	41
4.2. ESTADO ATUAL DOS PROCESSOS DA EMPRESA	41
4.2.1. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE INÍCIO DE OBRA.....	41
4.2.2. MAPEAMENTO DE PROCESSOS DGE	44
4.2.3. MAPEAMENTO DE PROCESSOS DAL	45
4.3. PLANOS DE OTIMIZAÇÃO.....	47
4.3.1. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE OBRA	47
4.3.2. VISÃO FUTURA DGE.....	48
4.3.3. VISÃO FUTURA DAL.....	50
4.3.4. CHECKLIST DE PEDIDO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS.....	51
4.4. CONCEITOS LEAN EM ESTALEIRO: SUGESTÕES DE APLICAÇÃO	52
4.4.1. LAST PLANNER SYSTEM	53
4.4.2. HEIJUNKA – NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO	54
4.4.3. JUST IN TIME	54
4.4.4. KANBAN	55
4.4.5. ELABORAÇÃO DE BASE DE DADOS COM PROCEDIMENTOS DA EMPRESA	55
4.4.6. GEMBA WALK	56
4.4.7. 5S	56

5. DESENVOLVIMENTO DE CHECKLIST DE PEDIDO DE MATERIAL.....59

5.1. INTRODUÇÃO.....	59
5.2. INFORMAÇÃO ANALISADA	60

5.2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL	60
5.2.2. VIAS RODOVIÁRIAS	63
5.3. MATERIAIS	63
5.4. EQUIPAMENTOS.....	65
5.4.1. CONSTRUÇÃO CIVIL	65
5.4.2. VIAS RODOVIÁRIAS	66
 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	 67
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 68
 ANEXO A: Sugestão de Aparência e Funcionalidades da Checklist de Pedido de Material	 1
ANEXO B: Questionários às Equipas de Obra.....	3

ÍNDICE DE FIGURAS

1 – Pilares da Lean Production (Adaptado de (Institute, L.E.)).....	6
2 – Processo de Conversão, Adaptado de (Koskela, L., 1992)	8
3 – Processos de Fluxo, Adaptado de (Koskela, L., 1992)	8
4 – Visualização Lead Times (Adaptado de (Koskela, L., 1992))	12
5 – Desperdício de Tempo na Indústria da Construção (Adaptado de (Aziz, R.F. and Hafez, S.M., 2013))	18
6 – Lean Project Delivery System (Adaptado de (Ballard, G., 2008)).....	19
7 – Integração do Last Planner System no Processo de Produção (Adaptado de (Ballard, G., 2000a))	22
8 – Aplicação do LPS, Adaptado de: (Hamzeh, F. [et al.], 2008)	23
9 – Aplicação do VSM (Adaptado de (Rother, M.S. and Shook, J., 1998))	24
10 – Esquematização da Aplicação Prática do Kanban (Adaptado de (Arbulu, R. [et al.], 2003))	27
11 – Visualização de Buffers entre Processos de Fluxo (Adaptado de (Ballard, G. and Howell, G., 1995))	28
12 – Nivelamento de Produção (Adaptado de (Wiki, D.B.)).....	30
13 – Desafios da construção sustentável no contexto global. Adaptado de: (Huovila, P. and Koskela, L., 1998)	37
14 – Mapeamento Processo Início de Obra.....	42
15 – Processo de Fornecimento de Material (DGE)	44
16 – Processo de compra de equipamentos e material (DAL)	46
17 – Processo de Obra	47
18 – Visão futura fornecimento de material (DGE)	49
19 – Visão futura fornecimento de equipamentos (DGE)	50
20 – Processo Simplificado de Compra, Fornecimento à Obra (DAL)	51
21 – Problemas do Estado atual do Pedido de Material	52
22 – Alçado, ERPI Coimbra	61
23 – Alçado Rua Júlia de Lima, ERPI Braga	61
24 – Alçado Avenida dos Aliados, Hotel Aliados Plaza	62
25 – Planta, Estabilização da Margem Direita do Rio Mondego.....	62

ÍNDICE DE QUADROS

1 – Conceitos de Produção, Adaptado de (Koskela, L., 2000)	10
2 – Relação entre desperdícios lean e o ambiente, Adaptado de: (Francis, A. and Thomas, A., 2020)	38
3 – Relação entre os 7 desperdícios lean e os pilares da sustentabilidade, Adaptado de: (Corfe, C. and Clip, B., 2013).....	40

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACA – Alberto Couto Alves

TPS – Toyota Production System

JIT – Just in Time

LPDS – Lean Project Delivery System

CE – Concurrent Engineering

TVD – Target Value Design

IPD – Integrated Project Design

TPM – Total Preventive/Productive Maintenance

TQM – Total Quality Management

SOPD – Standard Operating Procedure Documents

LPS – Last Planner System

CPM – Critical Path Method

LBS – Location Breakdown Structure

VSM – Value Stream Mapping

1

INTRODUÇÃO

1.1. INTERESSE E OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1. EXPOR E DESCREVER TÉCNICAS LEAN

O presente trabalho pretende investigar teorias e implementações de técnicas lean na indústria da construção, com o objetivo de comentar a sua aplicabilidade na empresa de acolhimento.

A mentalidade lean insere um novo paradigma de produção que tem vindo a mostrar resultados satisfatórios tanto na sua origem (indústria automóvel) como na sua adoção na indústria da construção. O presente trabalho pretende expor o trabalho de vários autores que adotaram o paradigma e técnicas à indústria da construção e investigá-las expondo os seus benefícios, como meio de exposição das mesmas à empresa de acolhimento.

1.1.2. AUMENTAR A COMPETITIVIDADE DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO

A competitividade é imprescindível para que uma empresa se consiga manter no mercado e possa concorrer com as outras empresas de forma a aumentar a sua parcela nesse mercado. Existe um conjunto de fatores que uma empresa deve dominar para melhoria da sua competitividade:

- **Custos** – A produção de um bem e/ou serviço ao menor custo praticável é uma meta constante de toda e qualquer organização.
- **Prazos** – quanto menor for o prazo de entrega mais satisfeito ficará o cliente. Também, quanto menos tempo o produto tiver de ficar em stock, menor será o espaço necessário para armazenagem e menores os custos relativos a essa armazenagem.
- **Qualidade** – melhorando a qualidade dos produtos consegue-se não só um aumento da satisfação do cliente como também, ao contrário do que se possa pensar, uma redução dos custos de produção.
- **Flexibilidade** – para ser competitiva uma empresa tem de ser capaz de alterar os seus produtos em função das exigências dos clientes. Quanto mais rápida e flexível for, mais probabilidade terá de ser a primeira a apresentar um novo produto no mercado.
- **Inovação** – é a capacidade de uma empresa se antecipar aos desejos dos consumidores.
- **Produtividade** – resulta da combinação dos fatores anteriores e deve estar presente em todas as ações da empresa.

Todos estes tópicos se inserem nos benefícios do paradigma de produção Lean, assim, o aumento da competitividade da empresa é um interesse do desenvolvimento do presente trabalho.

1.2. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho começa no presente capítulo, onde são resumidos os interesses e objetivos do trabalho bem como a organização do mesmo.

No capítulo 2 é feito um estado da arte, aqui é realizado um ponto de situação das dificuldades e oportunidades setor da construção em Portugal, resumida a origem da mentalidade lean e aplicado esse pensamento às particularidades da produção do setor da construção. A mudança de paradigma é resumida, e são resumidas as bases e princípios em que atuam as técnicas lean.

O capítulo 3 é dedicado às ferramentas lean na indústria da construção. Aqui são desenvolvidas tanto técnicas originárias na manufatura, aplicando-as na indústria da construção, como técnicas originárias diretamente na Lean Construction.

O capítulo 4 dedica-se ao mapeamento dos processos da empresa de construção de acolhimento, tentando assim detalhar as vertentes mais práticas da empresa como forma de entender as ineficiências, oportunidades de melhoria e implementações possíveis, tirando partido das metodologias de redução de desperdício da mentalidade lean.

Com o intuito de aplicar uma estratégia diferenciada de minimização de desperdícios, foram analisados movimentações de material e equipamento em 4 obras de construção civil e 3 obras de vias rodoviárias. O objetivo era identificar padrões e implementar uma estratégia de entrega de material, o processo de criação de listas de materiais comuns está desenvolvido no capítulo 5.

O trabalho conclui com alguns comentários do autor relativamente à indústria da construção, a metodologia lean, e como melhorar o nível e modo de adoção de técnicas lean.

2 ESTADO DA ARTE

2.1. SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

Portugal atravessou uma grande transformação nas últimas décadas. Com a adesão à União Europeia nos anos 80, seguido de um grande programa de financiamento por parte da mesma para ultrapassar o défice de infraestrutura pelos anos 90, o setor da construção evoluiu muito, tornando-se num grande responsável pelo crescimento sustentado do PIB (Cruz, C.O. and Sarmento, J.M., 2018). O setor da construção portuguesa era maioritariamente focado em novas construções (de Castro e Silva Neto, D. [et al.], 2016, Observatory, E.C.S., 2018), contrastando com a maioria dos países europeus onde a principal atividade construtiva era a reabilitação de edifícios existentes. Este crescimento não foi estruturado, significando que existia uma clara fragmentação da existente estrutura de produção, 92.6% das empresas contava com menos de 20 trabalhadores e o volume de negócios média era cerca de 300,000€ em 2011, que levou a um grau elevado de subcontratações. A subcontratação não é uma ameaça por si só, mas o facto de que esta situação não originava grandes níveis de especialização das empresas, sendo usadas apenas como “prestadoras de mão de obra”. Naturalmente, este era um obstáculo à internacionalização das empresas, que eram pequenas e não diferenciadas.

No início do século XXI, o setor começou a sofrer dificuldades que se agravaram com a crise económica de 2008. Em 2014, a atividade económica foi reduzida a quase metade quando comparada ao período pré-crise. Durante este período, segundo a (Deloitte, 2018), as empresas maiores começaram a adquirir pequenas e médias empresas, e focaram-se maioritariamente na desalavancagem financeira através da venda de ativos não essenciais.

O setor da construção em Portugal ainda se encontra a recuperar da crise financeira que se fez sentir no país entre 2010 e 2014. O número de empresas no setor decresceu em 7.4% entre 2010 e 2018, embora que o ano 2014 marcou o fim da trajetória descendente, apresentando um crescimento de 16.3% no número de empresas entre 2014 e 2018. Em 2018 existiam em Portugal 167,584 empresas no setor abrangente da construção, 51.3% das mesmas sendo empresas de construção. Este número elevado num país com as características de Portugal, resulta na presente estruturação de mercado do setor, onde mais de 90% das empresas são micro, pequenas e médias empresas (continuando então a apresentar uma clara fragmentação), podendo limitar assim potenciais investimentos no âmbito da inovação.

Também na produtividade aparente do trabalho (valor acrescentado bruto, em euro, por pessoa empregada, anualmente) Portugal apresenta dificuldades, apontando decréscimos desde 20,919€ em 2010 para 20,341€ em 2016 (-2.8%) no setor abrangente da construção, estando bem abaixo da média europeia: 52,090€. Estes valores podem ser parcialmente explicados pelo facto de que um número significativo de postos de trabalho foi criado, especialmente em construção residencial, assim, o

relativo baixo nível de habilidade da força de trabalho, baixo investimento e acumulação de capital (que continua inferior ao valor anterior à crise), continuam a ser difíceis barreiras ao aumento da produtividade em Portugal, no entanto a análise negligencia diferenças no processo construtivo como consequência de diferenças culturais para com os restantes países da união europeia, que pode reduzir este valor de produtividade aparente. No período entre 2010 e 2018 o subsetor da construção é o único a apresentar uma tendência negativa de produtividade aparente do trabalho, desde 19,200€ em 2010 a 18,700€ em 2018 (-2.6%), contrastando com os subsectores de serviços de imobiliário, produção e de arquitetura e engenharia, que manifestaram aumentos de 10.9%, 10.6% e 4.0% respetivamente.

Contudo, é expectável que o setor da construção português cresça nos próximos anos, suportado por privados nos segmentos residenciais e não residenciais do setor imobiliário, bem como pelo setor público, investindo em projetos de infraestrutura, gerando oportunidades de crescimento significativas para o setor da construção e engenharia civil. (ECSO, 2019)

2.2. ORIGEM E DEFINIÇÃO DA LEAN PRODUCTION

A Lean Production surge no Japão na década de 50, a partir do trabalho desenvolvido por dois engenheiros da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo.

Estando o país a recuperar das graves consequências da Segunda Guerra Mundial, existia uma escassez de recursos (humanos, financeiros, materiais, etc.) e uma necessidade de satisfazer um mercado restrito e variado.

Inspirados pelas vantagens do sistema de produção em massa posto em prática pela Ford Motor Company nos Estados Unidos da América, os responsáveis pela transformação da indústria japonesa começaram a adaptar esse sistema, que se caracterizava pela produção em grandes quantidades de produtos padronizados que visavam atender um amplo mercado consumidor, à realidade vivida no Japão, que dispunha de uma procura limitada e obrigava a uma grande diversidade de produtos. Citando Taiichi Ohno (1997) *“O Sistema Toyota de Produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades de muitas variedades de produtos sob condições de baixa procura; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra”*.

Os profissionais japoneses tentaram então desenvolver um sistema que unia as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir com exatidão o que o consumidor pedia, às vantagens da produção em massa, com elevado nível de produção e baixo custo.

Esta ideia era, até ao momento, desapropriada. Isto porque o sistema de produção em massa, vulgarizado nas empresas europeias e americanas, assentava no princípio de produzir a maior quantidade possível de modo a reduzir o custo final do produto unitário.

Como iriam então as indústrias japonesas inverter esta regra? Ohno responde do seguinte modo:

“O objetivo mais importante do Sistema Toyota de Produção tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios”.

É nesta base de eliminação dos desperdícios associados ao processo produtivo que assenta toda a filosofia da *Lean Production*

O engenheiro de produção da Toyota definiu sete tipos de desperdícios: superprodução, tempo de espera, transportes desnecessários, processamento desnecessário, stocks, movimento e defeitos.

O conceito de desperdício passa a ser entendido como qualquer atividade que absorve recursos mas não acrescenta valor ao produto final, isto é, não é percebida pelo cliente.

Apesar desta nova filosofia ter começado a ser implementada logo após o final da Segunda Guerra Mundial, o Sistema Toyota de Produção apenas começou a ganhar notoriedade com as adversidades decorrentes da crise do petróleo de 1973, com o embargo do petróleo árabe e o consequente aumento drástico do preço dos combustíveis, que reduziu as atividades económicas do mundo.

A crise, a que se seguiu uma recessão afetou governos, empresas e sociedades a nível global. A economia japonesa havia caído para um nível de crescimento zero e muitas empresas estavam a atravessar verdadeiras crises. No entanto, a Toyota Motor Company, embora tenha diminuído os lucros, manteve ganhos muito superiores aos das outras empresas nos anos que se seguiram a crise. As crescentes diferenças entre a Toyota e as restantes empresas fizeram com que as pessoas se questionassem acerca do que levaria a construtora automóvel a distinguir-se. Deste modo o novo sistema de produção da Toyota criou reputação com a sua metodologia de eliminação de desperdícios e foco nas necessidades do consumidor. (Arantes, P.C.F.G., 2008)

2.3.OS PILARES DA PRODUÇÃO LEAN

Com o objetivo de melhorar a qualidade e reduzir o custo bem como os tempos de ciclo no Sistema Toyota de Produção, este sistema assenta em dois pilares fundamentais: o *Just in Time* e o *Jidoka*.

A Produção Just in Time foi a adaptação japonesa para lidar com os problemas da produção de um produto fixo em grandes quantidades prevendo o seu consumo, e a consequente necessidade de grandes inventários. O “sistema push” ou “empurrado” (onde o produtor define o ritmo de produção) da Ford Motor Company foi substituído pelo “sistema pull”, ou “puxado” (onde o consumidor determina o ritmo de produção). Este conceito agrega um conjunto de princípios que agilizam o funcionamento e melhoria sistemática de uma linha de montagem em série e aumenta a flexibilidade permitindo uma maior variedade de produtos. Uma frase muitas vezes usada para resumir o conceito é “a peça certa, no tempo certo e na qualidade certa”. Para a operacionalidade deste sistema foi desenvolvido o método kanban com o objetivo de agilizar o processo de identificação do que era necessário produzir bem como as suas quantidades e urgência.

Na sua aplicação original na TPS os fornecimentos eram entregues diretamente na linha de montagem permitindo a sua utilização imediata sem movimentação de trabalhadores (seja para recolha de produtos ou equipamentos visto que os postos de trabalho preconizam ferramentas multidisciplinares que contemplam as atividades dos trabalhadores) e com a vantagem da inexistente necessidade de manter grandes inventários ocupando espaço, criando custos não só no armazenamento mas também na gestão de stocks e manutenção. A sua aplicação também permite que qualquer defeito detetado nos subprodutos seja reparado ou substituído uma forma mais rápida pois correspondem a materiais de utilização imediata. Na perspetiva do fornecedor, a metodologia resulta em menores encargos uma vez que a produção dos subprodutos defeituosos foi realizada em quantidades relativamente menores, resultando numa relação de benefício mútuo entre empresas de produção e fornecedoras. O seu ideal é o “one piece flow” ou fluxo contínuo de atividades.

Jidoka é um conceito que surgiu na necessidade de se ter “qualidade na fonte”. É um método de automação que inseriu dispositivos nas máquinas que paravam a produção quando detetavam problemas, evitando assim produções defeituosas e fazendo com que a qualidade seja assegurada no próprio processo produtivo. Com a aplicação deste conceito, um trabalhador consegue operar várias máquinas ao mesmo tempo, dedicando a sua atenção somente àquelas que acusavam problemas,

aumentando assim a produtividade e criando a possibilidade do operário evitar que os problemas se repitam na identificação dos problemas.

Neste ambiente, o produto final pode ser imediatamente comercializado visto que a qualidade do produto foi verificada e assegurada no próprio processo produtivo e não na sua conclusão.



Figura 1 – Pilares da Lean Production (Adaptado de (Institute, L.E.))

2.4. PRODUÇÃO LEAN APLICADO À INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A indústria da construção tem diversas particularidades que fazem com que não seja fácil aplicar os conceitos de produção *Lean* diretamente. A sua natureza dinâmica e variável contrasta com a natureza de produção da indústria automóvel (originária da metodologia), no entanto muitos dos problemas da construção podem ser amenizados com a ideologia subjacente às práticas da produção da manufatura. Assim nasce a *Lean Construction*, que tem como marco introdutório o trabalho de (Koskela, L., 1992) e o esforço de industrialização, digitalização e automação que já existia na indústria na altura.

A indústria da construção segundo (Vrijhoef, R. and Koskela, L., 2005) tem alto nível de fragmentação, grande diversidade de empresas de diferentes tamanhos e especializações, e precarização de trabalho. Foi até questionado por alguns autores se a indústria da construção se insere na definição de indústria (Groak, S., 1994) ou pode ser definido com um “folgado sistema” de projetos (Dubois, A. and Gadde, L.-E., 2002).

No que diz respeito ao processo produtivo, (Koskela, L., 2000) propôs uma subdivisão em três características fundamentais que ajudam a perceber as particularidades da indústria da construção:

- Local de produção fixo
- Produção única
- Organização temporária.

O facto da produção na construção ser **localmente fixa** quer dizer que fica dependente das características físicas do local, nomeadamente as condições do terreno, meteorologia, espaço disponível e variadas outras. Esta particularidade também acontece em outras indústrias mas o volume e repetitividade de projetos e produtos semelhantes na construção é extremamente baixo comparativamente, e singular na maioria dos casos.

A maioria dos produtos de construção são **únicos**, não só pelo projeto ser único mas também pelo contexto em que se inserem e as inevitáveis diferenças no processo construtivo. Fatores como a localização, orçamento, impacto ambiental ajudam esta heterogeneidade. *‘Treating construction as a type of manufacturing obviously neglects design, and arguably subordinates value generation to waste reduction, which inverts their proper relationship’*, no entanto, *‘certain aspects of construction should move into the realm of repetitive making’* (Ballard 2005).

Como resultado da predominância do foco da produção única e em estaleiro, a construção é usualmente organizada numa **configuração temporária** para satisfazer diferentes projetos. Isto não é só baseado em fatores físicos mas também os seus hábitos de gestão e otimização financeira podem diferir. Empresas de vários tipos e diferentes intervenientes trabalham em conjunto em cada projeto, não fomentando transferências de conhecimento e otimizações. Juntar organizações sem colaborações prévias resulta maioritariamente em operações menos eficientes e excessos de trabalho, tempo e consequentemente custos antes da organização ficar operacional.

A indústria da construção é diferente da manufatura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido por informações e fluxos de recursos, isto deve-se à sua grande variedade de área de trabalho e ao intenso uso de mão de obra e equipamentos não estacionários, o que dificulta a aplicação dos conceitos da Lean Production.

Para (Ballard, G. and Howell, G., 1998), a construção é essencialmente diferente da manufatura que deu origem ao lean thinking. Os autores consideram que tornar a construção lean significa um esforço por reivindicar da construção o que pode ser identificado como manufatura contemporânea e minimizar as peculiaridades para usufruir das vantagens das técnicas lean desenvolvidas na manufatura, bem como desenvolver técnicas adequadas à dinâmica da indústria da construção.

(Ballard, G. and Howell, G., 1998) consideram que a produção e processo podem ser padronizados para produtos padronizados, é o caso da crescente tentativa de minimizar as particularidades da construção utilizando pré-fabricação e modularização, mas para produtos únicos é necessário padronizar ao nível de planeamento e gestão, desenvolvendo novas técnicas dentro da construção que possibilitem lidar com a sua dinâmica. Os melhores resultados do setor industrial aparentam ter como base o seu maior controlo pela totalidade dos processos, que contrastam com a extrema fragmentação do setor da construção, no entanto, à medida que surgem esforços para esta mudança de paradigma, o objetivo de mapear e simplificar processos que possam maximizar valor para o cliente e minimizar desperdícios tem ganhado tração no setor. Por outras palavras, antes de industrializar a construção é necessário ter o controlo do processo.

A base conceptual da produção convencional assenta num modelo de conversão, onde a produção é definida como uma conversão do input para um output, e a produtividade pode ser definida como um rácio entre as duas ou uma parte das duas dentro de um intervalo de tempo.

O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que também são processos de conversão, o custo total do processo pode ser minimizado ao minimizar o custo de cada subprocesso, e o valor do output é associado aos custos (ou valor) dos inputs do processo. Atendendo a esta última afirmação, o valor do output pode ser aumentado usando melhor material ou mão de obra mais especializada, cujo custo será superior.

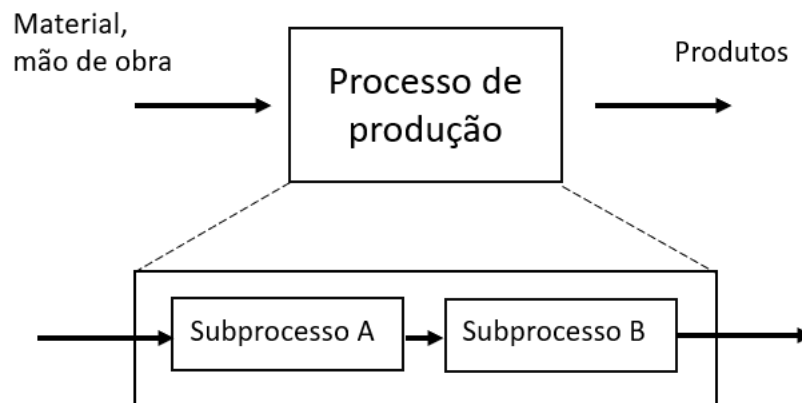


Figura 2 – Processo de Conversão, Adaptado de (Koskela, L., 1992)

No entanto, para (Koskela, L., 1992), este modelo conceptual tem importantes falhas. Focando em conversões, o modelo negligencia fluxos físicos entre conversões, como é o caso de movimentações, tempos de espera e inspeção de atividades. De certa forma a idealização é correta do ponto de vista do consumidor visto que estas atividades não acrescentam valor ao produto. Na prática o modelo pode ser interpretado de maneira a que estas atividades que não acrescentam valor possam ser ignoradas e que todas as atividades são atividades de conversão, e, consequentemente tratadas como atividades que adicionam valor. No processo complexo de produção uma parte significativa dos custos são causados por estas atividades de fluxo e não de conversão, portanto esta definição não só negligencia mas deteriora a eficiência do fluxo no geral. O modelo também negligencia reproduções por falta de qualidade em subprocessos e foca-se maioritariamente em tornar as conversões mais eficientes em vez de eficazes, negligenciando oportunidades de satisfazer melhor os requisitos dos clientes.

Assim, o autor propõe um novo modelo de produção, onde a produção é definida como um fluxo de materiais e/ou informação desde a matéria prima até ao produto final. Neste fluxo, o material é processado (convertido), inspecionado, e está em espera ou em movimento. Os processos de fluxo podem ser caracterizados por tempo, custo e valor, onde o valor refere-se à satisfação dos requisitos do cliente. Na maior parte dos casos, apenas as atividades de processamento são atividades que adicionam valor e a melhoria das atividades de fluxo deve ser focada na redução ou eliminação das mesmas, e os processos de conversão tornados mais eficientes.

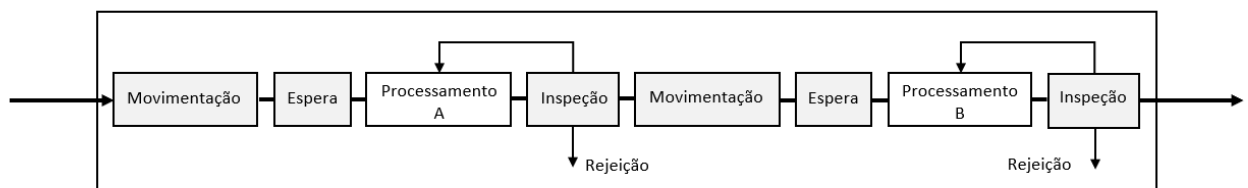


Figura 3 – Processos de Fluxo, Adaptado de (Koskela, L., 1992)

No intuito de melhorar, na prática, o desenvolvimento e controlo dos processos de fluxo, (Koskela, L., 1992) propôs que se sigam os seguintes 11 princípios (os mesmos serão aprofundados adiante):

1. Reduzir a parcela de atividades que não acrescentem valor
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes
3. Reduzir a variabilidade
4. Reduzir o tempo de ciclo
5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes

6. Aumentar a flexibilidade de saída
7. Aumentar a transparência do processo
8. Focar o controlo no processo global
9. Introduzir melhoria contínua no processo
10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões
11. Fazer benchmarking

Para perceber melhor os diversos fluxos, (Picchi, F., 2003) propôs uma divisão em cinco fluxos para empresas associadas ao ramo da construção:

- **Fluxo de negócio**
Liderado pelo adjudicatário, compreende desde a identificação de necessidades, planeamento geral do empreendimento, licenciamentos, obtenção de financiamento, contratações, monitorização do projeto e construção, fecho da construção e entrega da mesma ao utilizador final.
- **Fluxo de projeto**
Em geral liderado pelo arquiteto, envolve o adjudicatário (identificação das necessidades e *briefing*) e os demais projetistas como principais participantes.
- **Fluxo de obra**
Liderado pela empresa construtora, geralmente utilizando um elevado grau de subcontratação.
- **Fluxo de fornecimentos**
Liderado pela empresa construtora, envolve todos os fornecedores de materiais e serviços e os seus subfornecedores.
- **Fluxo de uso e manutenção**
Começa após a entrega, e equivale ao fluxo sustentação da manufatura. Este fluxo compreende uso, operação e manutenção, assim como reparação, reabilitação e demolição. As empresas envolvidas neste fluxo são, em geral, diferentes das envolvidas nos fluxos anteriores à entrega da obra.

Vários trabalhos têm sido desenvolvidos em busca da implementação da “filosofia lean” aplicada à construção civil, as inovações desta filosofia podem ser resumidas em três pontos principais:

- Abandono do conceito de processo como transformação de inputs em outputs, passando a designar um fluxo de materiais e informações.
- Análise do processo de produção através de um sistema de dois eixos ortogonais: um representando o fluxo de materiais (processo) e outro o fluxo de operários (operação).
- Consideração do valor acrescentado sob o ponto de vista dos clientes internos e externos, tendo como consequência a reformulação do conceito de perdas que passa a incluir também as actividades que não acrescentam valor ao produto.

2.5. TEORIA DE PRODUÇÃO TFV

No ano 2000, uma análise histórica revelou que existem 3 conceitos de produção.

No primeiro conceito, a produção é vista como uma transformação de inputs para outputs, a gestão de produção equaciona a decomposição total da transformação em transformações e tarefas elementares, adquirindo os inputs dessas tarefas a um custo mínimo e executando as tarefas o mais eficientemente possível.

O segundo conceito encara a produção como um fluxo, onde, em adição à transformação existem fases de espera, inspeção e movimentação. A teoria, aplicada a estes fluxos, demonstra que a variabilidade é um determinante crucial destes fluxos e a gestão de produção equaciona a minimização das parcelas das fases de não-transformação do fluxo de produção, especialmente reduzindo essa variabilidade.

O terceiro conceito de produção encara-a como um meio de satisfação das necessidades do cliente. A gestão de produção equaciona a translação dessas necessidades de forma precisa na definição da solução, e posteriormente produzindo produtos que conformam ao design especificado.

Estes conceitos não competem entre si mas complementam-se. Cada um foca-se em certos aspetos do fenómeno de produção. O conceito de transformação foca-se na transformação que acrescenta valor, o conceito de fluxo na redução de atividades que não acrescentam valor e o conceito de adição de valor no controlo de produção da perspetiva do cliente.

Assim nasce a Teoria de Produção TFV (Transformação, Fluxo e Valor), em que o seu contributo crucial é a extensão da atenção na modelação, desenho, controlo e melhoria da produção a partir destas 3 perspetivas. Esta ideologia é sistematizada no quadro seguinte.

Quadro 1 – Conceitos de Produção, Adaptado de (Koskela, L., 2000)

	<i>Visão da Transformação</i>	<i>Visão de Fluxos</i>	<i>Visão de Geração de Valor</i>
<i>Conceito de Produção</i>	Como uma transformação de <i>inputs</i> para <i>outputs</i>	Como um fluxo de material, composto por transformação, inspeção, movimentação e espera	Como um processo onde o valor para o cliente é criado através da satisfação dos seus requisitos
<i>Princípios</i>	Tornar a produção eficiente	Eliminação de desperdícios (atividades que não acrescentem valor)	Eliminação da perda de valor (conseguindo valor em relação ao melhor valor possível)
<i>Exemplos de métodos e práticas</i>	WBS, MRP, Gráficos de responsabilidade organizacional	Fluxo contínuo, produção puxada, melhoria contínua	Métodos de captura de requisitos, quality function deployment
<i>Contribuição prática</i>	Tratar do que tem que ser tratado	O que não é necessário é feito ao mínimo possível	Os requisitos do cliente são correspondidos da melhor maneira possível
<i>Nome sugerido para a aplicação prática da visão</i>	Gestão de Tarefas	Gestão de Fluxos	Gestão de Valor

2.6.PRINCÍPIOS LEAN

Existem 5 princípios orientadores do pensamento lean, são eles:

1. Especificação de valor

A especificação de valor parte da definição de necessidades do cliente para a identificação das atividades que acrescentam valor ao produto final. A falta de compreensão das necessidades do consumidor cria um ambiente propício para a execução de produtos defeituosos que não cumprem os requisitos do cliente, execução essa que constitui um desperdício.

2. Identificação da corrente de valor

Esta identificação da corrente de valor passa pela identificação de todas as fases do processo de produção de cada produto. Só assim, e depois da identificação do valor, se podem reduzir os desperdícios ao visualizar os três tipos de ações que ocorrem ao longo da produção: as ações que criam valor, as ações que não criam valor mas que são inevitáveis (na situação presente) para a criação de um produto de qualidade e as ações que não criam valor e que devem ser eliminadas.

3. Fluxo de valor

Este princípio visa assegurar um fluxo contínuo das atividades que acrescentam valor, focando-se na totalidade da cadeia de abastecimento e produção. No entanto, este fluxo de valor nunca será otimizado até o valor e a corrente de valor do cliente seja especificado.

4. Produção Pull

A produção pull (“puxada”) contrasta com a tradicional produção push (“empurrada”). A produção pull é fruto de uma necessidade expressa do mercado ou um pedido do cliente, este conceito tem várias vantagens, como a diminuição drástica de inventários, o facto da produção ser centrada no cliente, melhoria de fluxo de caixa, e a produção a pedido, ou seja, customizável e preparada para satisfazer eventuais alterações por parte do cliente. A produção push prevê que o cliente compre o produto que estão a desenvolver e para o qual criam inventários, baseados na especulação de venda. Um exemplo evidente da produção empurrada é a produção em massa.

5. Procura da perfeição

Foca-se na busca da perfeita solução e na melhoria contínua. Isto significa a produção que satisfaz exatamente as necessidades e expectativas do cliente, no tempo concordado e em perfeitas condições, sem erros e defeitos. A única maneira de o conseguir é mantendo uma comunicação próxima não só com o cliente mas com gestores e trabalhadores.

No intuito de melhorar, na prática, o desenvolvimento e controlo dos processos de fluxo, (Koskela, L., 1992) propôs que se sigam os seguintes princípios:

1. Reduzir a parcela de atividades que não acrescentem valor

Esta redução da parcela de atividades que não acrescentam valor é um principio fundamental da Lean thinking e Lean construction, e já foi acima referido.

Esta parcela é muito significativa, estudos dos anos 90 revelam que a parcela de atividades que não acrescentam valor dominam a maioria dos processos, usualmente apenas 3 a 20% dos passos adicionam valor (ciampa 1991) e a sua contribuição para o tempo de ciclo é desprezável, de 0.5 a 5% (Stalk&Hout 1990), estes estudos podem estar muito desatualizados mas não deixam de ser causa de preocupação.

Ferramentas que podem ser usadas para o cumprimento deste princípio é o mapeamento de fluxo de valor, entre outras

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes

A noção de cliente no processo de construção e na filosofia lean pode ter várias interpretações. Segundo Koskela, existem dois tipos de cliente, as atividades seguintes e o consumidor final. O procedimento prático para a obtenção deste princípio passa pelo dimensionamento de um fluxo sistemático, onde o “cliente” é definido em cada fase, e os seus requisitos analisados. É também discutida na literatura a inclusão da sustentabilidade como “cliente” na filosofia lean, aumentando o valor de um produto na satisfação dos objetivos da sustentabilidade na construção (Lapinski, A. [et al.], 2006).

3. Reduzir a variabilidade

Existem duas razões para reduzir a variabilidade de processos. Primeiramente, da perspetiva do cliente um produto uniforme satisfaz melhor as suas expectativas uma vez que a qualidade corresponderá às especificações estabelecidas. Por outro lado, a variabilidade, especialmente da duração de atividades, aumenta o volume de atividades que não acrescentam valor. (Shingo, S., 1996) adiciona que o melhor caminho para reduzir a variabilidade, tanto na conversão como no fluxo de produção, é geralmente através da padronização de procedimentos.

4. Reduzir o tempo de ciclo

O tempo de ciclo pode ser definido como a soma do tempo de todas as fases intrínsecas à produção de um produto (tempo de processamento, inspeção, espera e movimentação). A básica melhoria deste tempo de ciclo passa pela redução dos tempos de inspeção, espera e movimentação.

Em adição à eliminação destes desperdícios, a compressão de tempo de ciclo ainda oferece os seguintes benefícios:

Entrega ao cliente mais rápida

Necessidade reduzida de previsão de futura procura

Diminuição da interrupção dos processos de produção devido a alteração de encomendas

Gestão simplificada pela diminuição de encomendas a ter em atenção.

Em organizações tradicionais, este tempo de ciclo (ou lead time) é, por vezes, infinito devido a falhas de comunicação por omissão.

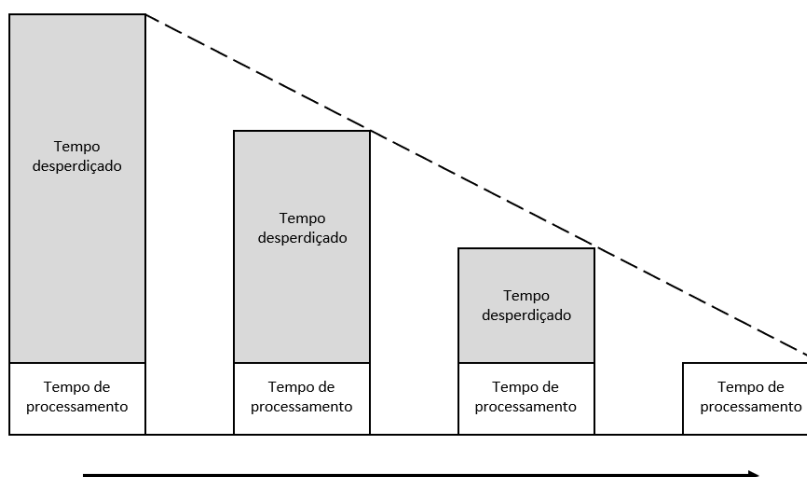


Figura 4 – Visualização Lead Times (Adaptado de (Koskela, L., 1992))

5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes

A grande complexidade de processos ou produtos aumentam os custos para além da soma dos custos dos passos e partes individuais. Outro problema fundamental da complexidade é a confiabilidade, sistemas complexos são inerentemente menos confiáveis que sistemas simples, e a capacidade humana de lidar com complexidade é facilmente excedida. A simplificação pode ser compreendida como:

Redução do número de componentes num produto

Redução do número de passos num fluxo de material ou informação

A simplificação pode ser conseguida com a eliminação de atividades que não acrescentem valor ou reconfigurando as tarefas ou passos que acrescentam valor.

Procedimentos práticos à simplificação incluem:

Compressão de fluxos ao consolidar atividades

Padronizar peças, materiais, ferramentas, etc.

Minimização do controlo e informação necessária

6. Aumentar a flexibilidade de saída

À primeira vista, este princípio parece contraditório à simplificação, no entanto muitas empresas tiveram sucesso no alcance dos dois objetivos simultaneamente. Alguns dos elementos chave são produtos modularizados em conexão com um uso agressivo de outros princípios como a compressão do tempo de ciclo e transparência.

Um exemplo de procedimento para aumentar a flexibilidade é o treino de mão de obra multidisciplinar.

7. Aumentar a transparência do processo

A falta de transparência nos processos aumenta a possibilidade de erros na redução da sua visibilidade e diminui a motivação para melhorias. Assim, um dos objetivos é tornar a produção transparente e observável de modo a facilitar o controlo e melhoria. Isto pode ser alcançável através da transformação do processo de modo a que seja diretamente observável através de meios organizacionais e físicos, medições e disposições públicas de informação.

8. Focar o controlo no processo global

Existe um risco de subotimização quando um fluxo atravessa diferentes unidades ou organizações, é importante focar o controlo no processo global e não numa só parte do mesmo. Muitas vezes a melhoria de um subprocesso pode até prejudicar o processo como um todo. Para proceder à melhoria é necessário mapear o processo global e implementar medidas que se focam no mesmo.

9. Introduzir melhoria contínua no processo

O esforço para reduzir desperdícios e adicionar valor é uma atividade interna, incremental e iterativa que deve ser executada continuamente. Para o fazer existem vários métodos como:

Medição e controlo das melhorias (usando indicadores de desempenho),

Definição de objetivos (como redução de tempos de ciclo) como forma de os problemas serem descobertos e as suas soluções estimuladas,

Atribuir responsabilidade de melhoria aos trabalhadores, requisitando e premiando constantes melhorias

Usar procedimentos padronizados como pressupostos de boas práticas para ser constantemente desafiado por melhores caminhos.

10. Balancear melhorias nos fluxos com melhorias nas conversões

Na melhoria das atividades produtivas, tanto o fluxo como as conversões tem de ser analisadas. Quanto maior for a complexidade do processo produtivo, maior o impacto

potencial de melhoria dos fluxos e quanto maiores forem os desperdícios, mais proveitoso será a melhoria de fluxo em comparação com as melhorias nas conversões. No entanto a melhoria de fluxos e conversões estão intimamente conectadas, melhores fluxos requerem menos capacidade de conversão, e consequentemente, menos investimento em equipamento, fluxos mais controlados tornam a implementação de novas tecnologias de conversão mais fácil, e as novas tecnologias de conversão podem oferecer menor variabilidade, e, portanto, benefícios de fluxo.

11. Benchmarking

O benchmark é uma ferramenta usada para comparar o desempenho de uma empresa com outras que realizam as mesmas atividades, permite atingir melhorias através da reconfiguração de processos buscando inspiração em práticas de empresas que são consideradas líderes no mercado ou que já otimizaram melhor os mesmos processos. Os passos para o benchmarking incluem:

- Conhecimento do processo, analisando os pontos fortes e fraquezas dos subprocessos,
- Conhecimento de líderes de mercado ou competidores, encontrando, compreendendo e comparando as melhores práticas,
- Incorporação do melhor observado nos próprios subprocessos, muitas vezes copiando ou modificando.
- Ganhar superioridade na junção dos pontos fortes da empresa com as práticas externas

2.7. DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO

Em vários trabalhos de investigação foi estudado o desperdício na construção, contudo, este desperdício era usualmente quantificado somente como desperdício de material e a quantidade de entulho que é removido da obra para aterros sanitários. É importante saber identificar desperdício na construção para saber como o mitigar.

O desperdício foi definido por (Alarcon, L.F., 1997) como: *“Qualquer diferença do mínimo absoluto de recursos materiais, equipamento e mão de obra necessária para adicionar valor ao produto”*

Este desperdício é difícil de quantificar porque está muito relacionado com a eficiência dos diversos processos, equipamentos ou pessoal e a sua eficiência ótima nem sempre é conhecida.

Quando mencionamos desperdício em contexto lean, esta definição vai para além do desperdício material, qualquer processo ou projeto pode ser dividido em 3 categorias:

- Valor – o que o cliente ou usuário final está preparado para pagar
- Não-valor – todas as atividades que são necessárias, nas presentes condições, para criar o valor, por exemplo inspeções ou pausas estatutárias
- Desperdício – inclui tudo o resto, isto é, atividades que são executadas mas não acrescentam valor ao processo e possuem um efeito adverso no custo, tempo, qualidade ou sustentabilidade, como por exemplo a reexecução de trabalho.

(Formoso, C. [et al.], 1999), baseando-se na análise de alguns estaleiros brasileiros sugeriu uma classificação semelhante à definição japonesa, mas aplicando-a à indústria da construção:

- **Sobreprodução**
Relacionado com a produção em quantidades superiores às necessárias ou demasiado cedo. Isto pode resultar em gastos materiais, em mão de obra ou utilização excessiva de equipamento. Produz geralmente inventários de produtos inacabados ou mesmo perda total se se tratarem de produtos que se deterioreem, como por exemplo a produção excessiva de argamassa que não pode ser usada atempadamente.
- **Substituição**
Gastos monetários causados pela substituição de material por um mais dispendioso, com desempenho desnecessariamente superior; execução de tarefas simples por mão de obra excessivamente qualificada; ou uso de equipamento altamente sofisticado onde um mais simples seria suficiente.
- **Tempo de inatividade**
Ocorre como consequência de má sincronização e nivelamento de fluxos e ritmo de trabalho por diferentes grupos ou equipamentos. Um exemplo é o tempo de espera causado pela falta de material ou local de trabalho indisponível para uma equipa.
- **Transporte**
Relacionado com o movimento interno de materiais em estaleiro. Manuseamento excessivo, uso inadequado de equipamento ou caminhos em más condições podem causar este desperdício. Está usualmente relacionado com uma má implantação e falta de planeamento do fluxo de materiais, suas principais consequências são gastos em mão de obra, de energia, de espaço em estaleiro e a possibilidade de desperdício material durante a transportação.
- **Processamento**
Relacionado com a natureza do processamento (conversão), que pode ser evitado pela mudança da tecnologia de construção. Por exemplo, uma percentagem de argamassa é usualmente desperdiçada quando um teto está a ser engessado.
- **Inventários**
Excessivo inventário que pode levar a gastos materiais (por deterioração, más condições de armazenamento, roubos ou vandalismos) e perdas monetárias devido ao capital que está envolvido tanto no espaço como nos próprios materiais.
- **Movimento**
Movimento desnecessário ou ineficiente por parte dos trabalhadores durante o seu trabalho. Pode ser causado por equipamento inadequado, método de trabalho ineficiente, ou má gestão do local de trabalho.
- **Produção de produtos defeituosos**
Ocorre quando o produto final ou intermédio não cumpre as especificações de qualidade. Pode levar à repetição do trabalho ou à incorporação de materiais desnecessários na construção (gasto indireto), como espessura excessiva de argamassa. É possivelmente causado por mau projeto e especificação, falta de planeamento e controlo, má qualificação do trabalho equipa, falta de integração entre projeto e produção, etc.
- **Outros**
Desperdício de qualquer outra natureza, como assaltos, vandalismo, devido às condições climáticas, acidentes, entre outros.

(Alarcon, L.F., 1997) subdividiu os desperdícios controláveis em três diferentes grupos associadas a fluxos, conversões e gestão de atividades.

- Causas controláveis associadas a **fluxos**
 - Recursos
 - Materiais
 - Falta de materiais no local de trabalho
 - Materiais mal distribuídos
 - Meios de transporte inadequados
 - Equipamentos
 - Indisponibilidade
 - Utilização ineficiente
 - Equipamento inadequado ao trabalho
 - Mão de obra
 - Atitudes pessoais dos trabalhadores
 - Rebelião dos trabalhadores
 - Informação
 - Falta de informação
 - Má qualidade da informação
 - Tempo de entrega da informação desadequado
- Causas controláveis associadas a **conversões**
 - Método
 - Equipas de trabalho mal projetadas
 - Processos inadequados
 - Suporte inadequado para a realização de atividades
 - Planeamento
 - Falta de espaço de trabalho
 - Demasiado pessoal a operar em espaço reduzido
 - Más condições de trabalho
 - Qualidade
 - Má execução de trabalho
 - Danos a trabalhos concluídos
- Causas controláveis associadas a **atividades de gestão**
 - Tomadas de decisão
 - Má consignação de trabalho
 - Má distribuição de pessoal
 - Supervisão/controlo ineficiente
 - Má supervisão ou falta dela

3

FERRAMENTAS LEAN NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

3.1. IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE ESTALEIRO EM OBRA

Existe um paralelismo que pode ser feito em relação à realidade portuguesa e internacional do setor da construção (que vê dificuldades no aumento da produtividade) com a implementação das ideias de redução de desperdício da *Lean Production* do Japão.

Apesar da lógica e promessa da gestão de projetos tradicional, vários donos de obra/clientes continuam insatisfeitos, os estaleiros de obra são sítios perigosos para trabalhar, demoram mais que planeado e custam mais que antecipado, para além do produto final não satisfazer por vezes as expectativas de qualidade do cliente. (Lichtig, W., 2006). Segundo (Chan, A.P.C. [et al.], 2004), estes problemas levantam-se pela inadequada comunicação, cooperação, coordenação e integração entre as entidades envolvidas. O impacto combinado de incertezas, fluxos de trabalho imprevisíveis e dependência reduzem o desempenho total do sistema.

A construção Lean tem um grande potencial de aumento da eficiência e produtividade dos projetos ao eliminar ou minimizar atividades que não acrescentam valor em todas as fases do projeto. Isto significa que se trata de um método diferenciado da construção tradicional e procura promover o desenvolvimento de produtos e de processos, maximizando o desempenho profissional ou empresarial para os clientes adotando medidas de controlo que asseguram que os excessos de tempo e custo são reduzidos ao mínimo absoluto e que o desempenho desejado é conseguido na duração dos projetos de construção. Esta metodologia aplica-se perfeitamente à gestão de estaleiro visto que grande parte das atividades nesta fase para além de não estarem otimizadas e poderem envolver muitas entidades, não fazem parte do conjunto de processos que acrescentam valor ao cliente final.

Para além disso, foi demonstrado que alguns dos benefícios específicos associados à implementação de práticas *Lean* enquadram-se na agenda de sustentabilidade, como a redução de tempo de projeto, desperdício e custo, aumento de produtividade e desempenho da mão de obra, melhoria da qualidade do projeto e a obtenção de confiabilidade, responsabilidade, honestidade e satisfação do cliente/usuário final. Estes são relevantes para a obtenção dos objetivos de sustentabilidade económica e social mas as técnicas também tem impactos no pilar da sustentabilidade ambiental.

Vários estudos indicam que o desperdício na indústria da construção representa uma elevada percentagem do custo de produção e o tempo produtivo ocupa uma percentagem menor quando comparada a outras indústrias onde este tema esteja mais desenvolvido, como a indústria da manufatura.

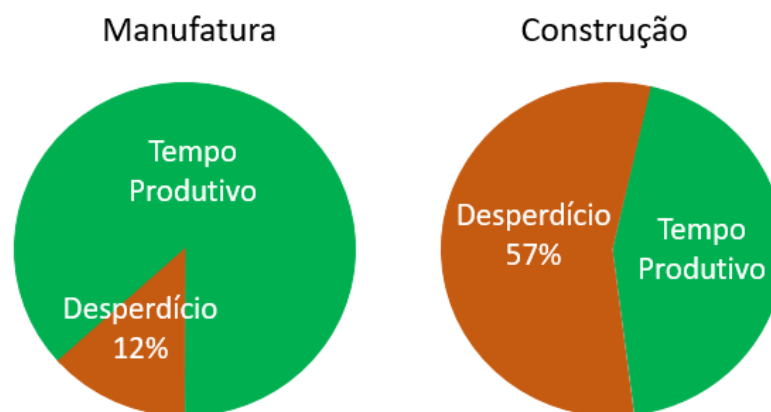


Figura 5 – Desperdício de Tempo na Indústria da Construção (Adaptado de (Aziz, R.F. and Hafez, S.M., 2013))

3.2. LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM

O Lean Project Delivery System foi desenvolvido por Glenn Ballard a partir do ano 2000. O desenvolvimento da Lean Construction começou com a descoberta da imprevisibilidade de fluxos de trabalho. O Last Planner System, desenvolvido como contra medida, produziu imediatas melhorias no desempenho dos projetos, a produção puxada foi adaptada porque o horário Critical Path Method era raramente certo o suficiente para prever a quantidade de trabalho necessária para a produção ficar pronta nas próximas semanas, a motivação para o Integrated Project Delivery começou quando se tornou aparente que a inovação se encontrava limitada pela habilidade de atravessar barreiras organizacionais, o poder da colaboração ficou ainda mais aparente com o desenvolvimento do Target Value Design. A nova estratégia para a otimização do desempenho de projetos foi revelada: Otimizar o projeto, não a peça. (Alarcon, L. [et al.], 2013)

Segundo o (Ballard, G., 2000b), o LPDS consiste essencialmente em:

- Estruturação e gestão do projeto como um processo de geração de valor
- Envolvimento de entidades a montante em atividades a jusante, como o planeamento e dimensionamento através de equipas multidisciplinares
- Controlo de projeto tem o objetivo de execução em vez de deteções de variações
- Otimizações são focadas em tornar o fluxo de trabalho confiável, ao invés de melhorar a produtividade
- Técnicas de produção “puxada” são usadas para determinar o fluxo de materiais e informação através de redes de especialistas que cooperam entre si
- Buffers de capacidade e inventário são usados para absorver variabilidade
- Feedback loops são incorporados em todos os níveis, dedicados ao ajuste rápido do sistema.

O LPDS cria cooperação no contexto de uma única equipa que envolve o dono de obra, arquiteto, construtor e outros elementos críticos como entidades equivalentes na procura de um objetivo comum (Mossman, A. [et al.], 2013). Na imagem seguinte o processo é esquematizado e captura tanto a natureza linear como iterativa dos processos de projeto e construção, para além de reconhecer a importância de certos aspetos acontecerem em paralelo, em vez de sequencialmente.

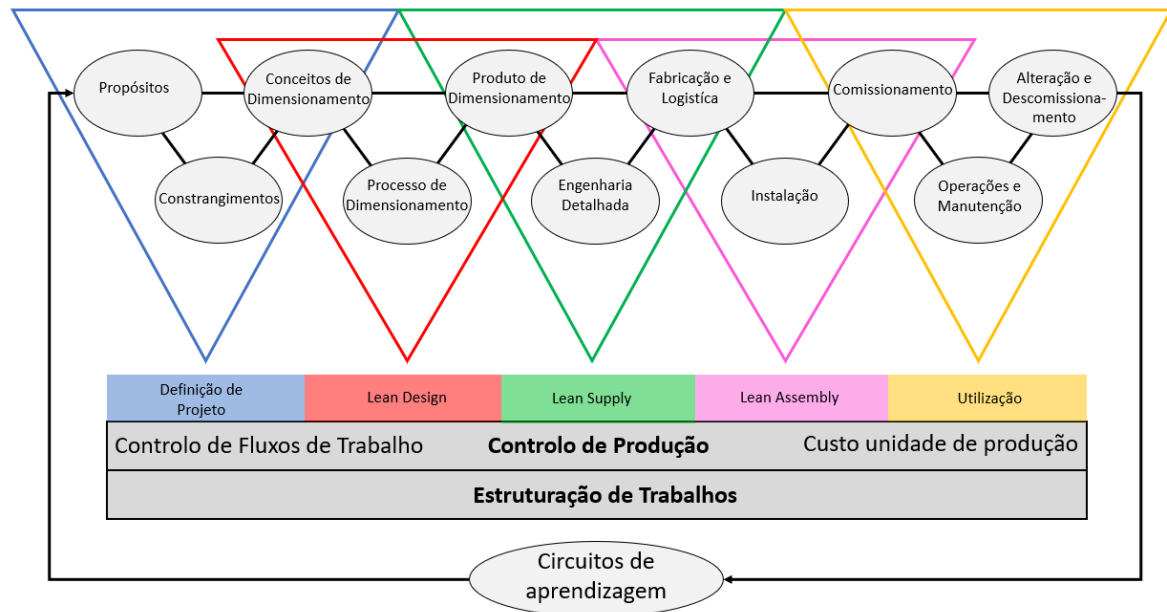


Figura 6 – Lean Project Delivery System (Adaptado de (Ballard, G., 2008))

3.3.PRÁTICAS LEAN: NOTAS INTRODUTÓRIAS

Baseando em (Babalola, O. [et al.], 2019), a revisão sistemática da literatura disponível acerca de *Lean construction*, mais precisamente da implementação dos seus princípios na construção, o número de práticas lean identificadas na literatura disponível relativamente ao processo de manufatura foram 101, no entanto, as que foram efetivamente implementadas na indústria da construção contam-se 32 práticas lean. Esta diferença no número entre os setores da manufatura e construção é compreensível visto que a produção lean foi originalmente implementada na indústria automóvel nos anos 50 e foi adotada na indústria da construção mais de 3 décadas depois, sendo natural encontrarmos atrasos e diferenças em termos de número e nível de implementação das práticas e ferramentas lean. Outra possível razão para a diferença é a natureza particularmente fragmentada e orientada a cada projeto da indústria da construção, que vários autores consideraram responsável para a lenta adoção de inovação como o uso destas práticas e princípios.

De qualquer forma, podemos aferir que embora existam várias ferramentas, práticas e técnicas lean implementadas na manufatura que também foram adotadas na construção, a maioria ainda está por adotar. Isto sugere que a implementação de princípios e práticas lean na indústria da construção ainda está em evolução e aquém do nível de maturidade do setor originário da metodologia. O LPS (Last Planner System) juntamente com o JIT (Just in Time) são as metodologias lean mais implementadas na indústria.

Uma vez que a presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial, o autor procurou apresentar as metodologias numa vertente mais prática, procurando partilhar, quando possível, o trabalho de autores que propõem métodos de implementação das metodologias lean à indústria da construção.

3.4. PRÁTICAS DE DIMENSIONAMENTO E ENGENHARIA

3.4.1. ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A concurrent engineering (ou engenharia simultânea) é uma ferramenta que pode ser definida como uma execução paralela de diferentes tarefas de desenvolvimento em equipas multidisciplinares com o objetivo de atingir um produto ótimo com respeito a funcionalidade, qualidade e produtividade com o mínimo de tempo e custos. (Rolstadås, A., 1995)

As tarefas e processos de obra podem ser planeados com maior eficácia se os projetos forem elaborados cooperativamente entre todas as entidades envolvidas e em simultâneo, sendo assim esta ferramenta preconiza melhorias nos seguintes pontos:

- Valorização do projeto – Quanto mais a montante no processo de conceção, maior é a liberdade para propor soluções e alterações, assim, esta ferramenta defende a valorização do projeto e das primeiras fases de dimensionamento e conceção do produto como fundamentais para qualidade e eficiência do processo produtivo. Esta fase deve ser desenvolvida com equipas multidisciplinares de forma a desenvolver soluções menos sujeitas a modificações.
- Sequência das atividades – Um objetivo da CE é a realização em paralelo de várias “etapas” do processo de desenvolvimento de forma a aumentar a compatibilidade e reduzir o tempo de projeto. Assim, é dada alguma atenção ao processo de produção. Podem ser selecionadas tecnologias de produção e elaborados projetos especificamente para a produção e o seu planeamento, tudo isto em simultâneo ao desenvolvimento do projeto e conceção que pretende integrar.
- Equipas multidisciplinares – As equipas multidisciplinares permitem considerar diferentes pontos de vista do processo de produção numa posição ainda a montante do processo de conceção. Preconizando as necessidades dos clientes internos e melhorando o desempenho não só da produção mas também do produto ao longo do seu ciclo de vida.
- Tecnologias de informação – A aplicação destas tecnologias permite uma melhor comunicação entre as entidades envolvidas neste processo. Melhorar o fluxo de comunicação facilita tomadas de decisões e a comunicação com elementos que possam estar fisicamente distantes.
- Coordenação de projetos – A existência de equipas multidisciplinares faz com que seja benéfico a existência de coordenação de projetos que funcione como mediador de possíveis conflitos e que fomente a relação e intercâmbio entre elementos.
- Satisfação do cliente – À semelhança de todo o pensamento lean, a satisfação do cliente é importante na implementação da CE, seja dos clientes internos ou externos. É necessário identificar necessidades e satisfazê-las o mais rapidamente possível através um processo que agilize a conceção.

Ao analisar estes princípios e a definição percebemos que um dos grandes benefícios da implementação da concurrent engineering é a redução do tempo de desenvolvimento e produção e a diminuição da probabilidade de defeitos e desperdícios que possam também causar atrasos. No entanto, apresenta também outras vantagens como a maior ligação entre departamentos da empresa, seus fornecedores e clientes, o aumento da qualidade, entre outros.

É particularmente pertinente a sua aplicação na indústria da construção devido às diferentes características que compõem cada projeto (produção única). Esta ferramenta permite uma melhor capacidade de resposta às variabilidades das produções oferecendo uma melhor competitividade à empresa.

3.4.2. TARGET VALUE DESIGN (TVD)

Esta ferramenta vê a AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) como um complexo sistema que inclui as fases de definição de projeto, dimensionamento e construção. Na indústria da construção é costume os arquitetos trabalharem com clientes para perceber o que eles pretendem, de seguida dimensionam o projeto, muitas vezes o custo desses projetos é estimado e muitas vezes superior ao que o cliente está disposto a pagar, requerendo que o mesmo seja revisto e reorçamentado. Este processo é um desperdício e reduz o valor que o cliente recebe pelo dinheiro. Custo, tempo e localização são outros constrangimentos que devem ser preconizados para conseguir entregar valor ao cliente. O TVD é uma prática de gestão que procura fazer com que os constrangimentos do cliente definam o dimensionamento do projeto como forma de aumentar o seu valor. A ferramenta inverte as práticas correntes de projeto uma vez que os custos determinam o projeto e não o contrário. A ferramenta apresenta segundo (Lee, H.W. [et al.], 2010) duas características chave:

- Dimensionamento para custo objetivo – Como forma de aumentar a previsibilidade do desempenho do projeto
- Estudos de validação – Estudos multidisciplinares como forma de aumentar o conhecimento partilhado acerca das bases de valor, dimensionamento, orçamento e risco. (Miron, L. [et al.], 2015)

A implementação do TVD tem resultado consistentemente na maior rapidez de entrega de projetos (onde é encontrado o valor do cliente) e abaixo do orçamento em termos de benchmark de mercado e objetivos do projeto.

3.4.3. PROJETO INTEGRADO

Integrated Project Delivery (ou projeto integrado) é um método de procuração que tem paralelos com as teorias da *concurrent engineering* e integra os princípios do *target value design*. A ferramenta, no entanto, envolve a assinatura de um contrato entre o cliente, arquitetos, empreiteiros chave e outras entidades envolvidas no projeto. Se o projeto for para concurso, o mesmo não pode ser considerado um projeto IPD. Com o Integrated Project Delivery os empreiteiros, subempreiteiros e todas as entidades concordam num preço máximo garantido no início do processo, a equipa é assim uma rede multidisciplinar responsável por determinar alvos de custos de projeto, alinhados com os objetivos do cliente (Raisbeck, P. [et al.], 2010), à semelhança do TVD.

A engenharia simultânea descreve o método de concorrentemente dimensionar tanto o produto como a produção a montante e processos de suporte, esta abordagem é equivalente às fases iniciais do IPD onde são realizados workshops e a colocação num ambiente “Big room”. Tal como na Concurrent Engineering, os princípios guia da IPD incluem integração e simultaneidade.

3.5. PRÁTICAS DE CONTROLO E PLANEAMENTO

De seguida seguem-se as ferramentas de planeamento que pretendem ser utilizadas no desenvolver da presente dissertação

3.5.1. LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

O Last Planner System nasceu na indústria da construção, não na manufatura como grande parte das ferramentas analisadas e foi desenvolvido por Glenn Ballard e Greg Howell. Também por isso esta é a ferramenta mais implementada na indústria hoje em dia.

O uso da ferramenta introduz melhorias no processo de produção criando procedimentos que ajudam a planejar o fluxo de produção a curto e longo prazo, aumentando a produtividade na identificação e eliminação de constrangimentos e criando um ambiente onde seja possível mensurar semanalmente o progresso das atividades planeadas, com o uso de outra ferramenta proposta pelo LPS denominada PPC, ou Percentagem de Planeado Concluído e analisar causas para a não conclusão de trabalhos.

O LPS tem o seu nome devido à importância que dá aos últimos intervenientes no planeamento que precede imediatamente a execução, como é demonstrado na aplicação prática desenvolvida adiante. As “tarefas a cumprir” pressionam a comunicação entre o denominado “último planeador” e a mão de obra. No entanto, estes produtos de planeamento ao nível de produção são também compromissos para com o resto da organização, estes dizem o que “vai” (will) ser feito e, esperançosamente, esse é o resultado de um processo de planeamento que melhor alia o que “vai” ser feito, com o que “deve” (should) ser feito com os constrangimentos do que “pode” (can) ser feito. (Ballard, G., 2000a) A aplicação prática da ferramenta preconiza estes problemas.

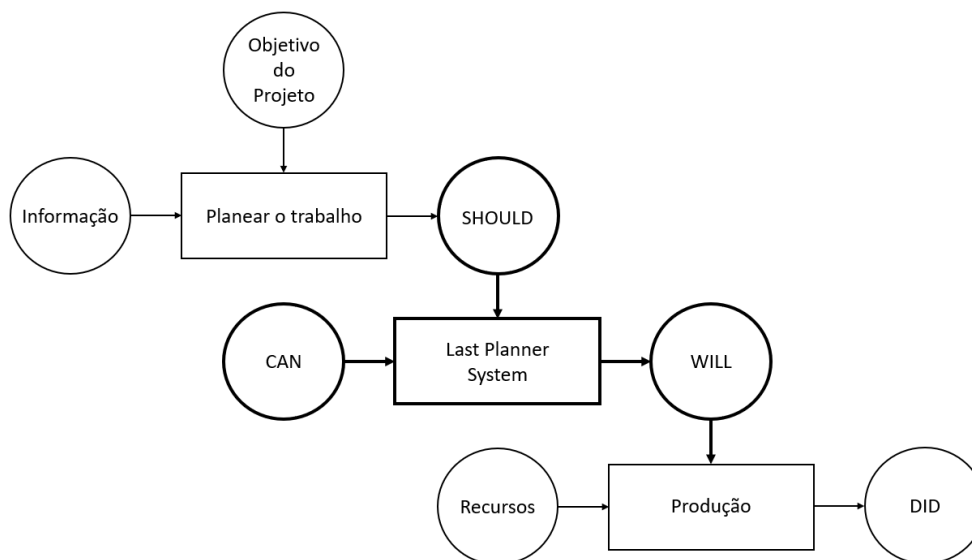


Figura 7 – Integração do Last Planner System no Processo de Produção (Adaptado de (Ballard, G., 2000a))

A sua aplicação prática tem várias fases e começa no **planeamento geral** (master scheduling). Este planeamento define datas dos principais objetivos do trabalho, importantes para gerir o fluxo financeiro do contrato mas sem o nível de detalhe necessário para planeamento da produção, também incorpora o critical path method (CPM) como meio de determinação da duração do projeto geral (Tommelein, I. and Ballard, G., 1997). Passamos agora para o **planeamento de fases** (phase scheduling), onde cada trabalho do planeamento anterior é dividido em fases geralmente ligadas às diferentes especialidades e locais de trabalho, preconizando a possibilidade de existência de diferentes trabalhos em paralelo. Ainda nesta fase pode ser utilizado o **planeamento inverso** (reverse scheduling), onde o planeamento é estudado a partir do final (ou última tarefa) e de seguida, cada requisito anterior é ajustado pelos respetivos encarregados de especialidade tendo em conta os recursos disponíveis e janela de tempo para os objetivos finais serem correspondidos. Aqui ficam definidos o âmbito e escala do trabalho das diferentes equipas de especialidade. De seguida entramos na fase de **planeamento de antecipação** (lookahead planning), isto é, enquadrando num período de tempo de 2 a 6 semanas á frente a de maneira a que o trabalho a executar tenha em conta contexto e

requisitos mais alargados, preconizando fornecimentos, pormenorização, recursos humanos, entre outros para que estes sejam assegurados em tempo útil e que o trabalho ocorra sem constrangimentos com trabalhos paralelos. Entramos então na última fase do LPS, o **planeamento semanal** (weekly work plan). Este plano define o compromisso a cumprir na semana, para uma boa aplicação desta fase deve novamente ser utilizado o planeamento inverso, definindo um objetivo final para a semana, e fazendo com que cada equipa ou especialidade preencha o calendário semanal com a sua contribuição (necessária) para a conclusão desse mesmo objetivo. Esta é uma fase de negociação e discussão entre equipas de modo a que o trabalho fique ajustado às capacidades de cada um e que o objetivo seja concordado e realizado de forma eficiente, com o contributo e voz de todos os intervenientes.

É nesta última fase do LPS que entra o controlo de produção, mais concretamente o PPC que mede a percentagem de trabalhos concluídos a cada semana, permitindo a previsibilidade de pressões futuras a nível de quantidade de trabalho e inicia as preparações para entregar o trabalho concluído conforme o planeado. (Hamzeh, F. [et al.], 2008).

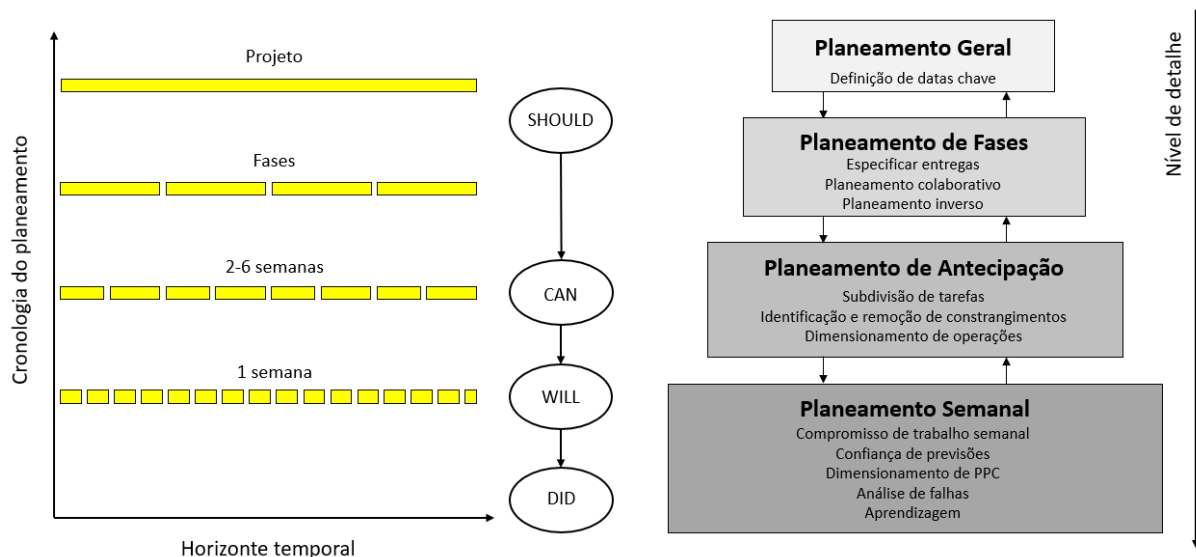


Figura 8 – Aplicação do LPS, Adaptado de: (Hamzeh, F. [et al.], 2008)

3.5.2. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Esta ferramenta, na sua origem na Toyota denominava-se “Material Information Flow Mapping” (Rother, M.S. and Shook, J., 1998) e foi desenvolvida com o intuito de proporcionar às empresas de manufatura melhorias duradouras e ajudar na identificação de desperdícios e a sua causa raiz.

O value stream mapping (VSM), ou mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que permite visualizar o fluxo de valor no processo de produção e fluxo de informação, ajudando assim a identificar problemas e desperdícios reais que ocorrem na situação atual dos processos e na recomendação de melhorias. Este mapeamento pode englobar todo o processo, desde o pedido do cliente, incluindo a produção e a entrega.

Este mapeamento é reconhecido como uma ferramenta importante de gestão para compreender como o valor é entregue ao consumidor final. Para implementar melhorias duradouras incorporando todo o

sistema, deve-se conseguir visualizar o fluxo em vez de pensar na produção como um conjunto de processos discretos, assim, sistemas lean são implementados ao contrário de melhorias processuais isoladas. Assim, o VSM é diretamente aplicável à indústria da construção.

O mapa do estado atual deve incluir todas as atividades de fluxo de recursos e informação e pode ser desenhado com um simples lápis e papel, sendo assim uma ferramenta bastante útil e marcada pela quase inexistente necessidade de investimentos. Aqui é possível registar se as atividades analisadas podem ser classificadas como criadoras de valor, não criadoras de valor, ou desperdícios (como definido em 2.7). Após esta representação visual, a mesma servirá de base para a criação de um estado futuro e melhorado, como pode ser visto na Figura 9 – Aplicação do VSM. As setas representam que o desenvolvimento do estado atual e futuro por vezes sobrepõem-se. (Arleroth, J. and Kristensson, H., 2011)

Esta ferramenta visa minimizar atividades que consomem recursos como tempo, espaço e recursos monetários.

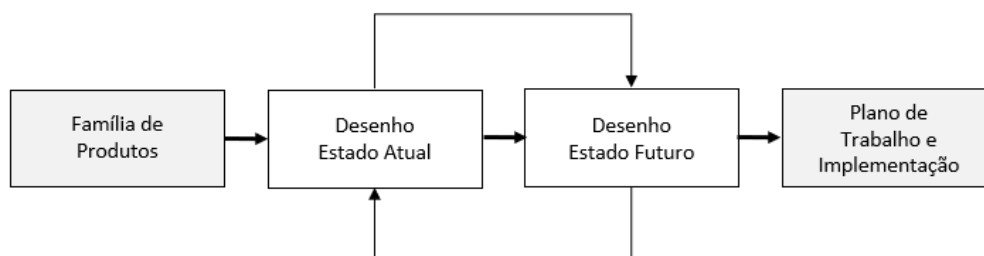


Figura 9 – Aplicação do VSM (Adaptado de (Rother, M.S. and Shook, J., 1998))

3.5.3.KANBAN

O kanban é uma metodologia lean desenvolvida na indústria automóvel para “puxar” materiais pelo fluxo de valor numa base just in time. A palavra Kanban significa em japonês “cartão” ou “sinal” e é o nome dado ao cartão de controlo usado no sistema “puxado”. O objetivo deste sistema é, como já foi referido, a produção do que é necessário quando necessário, nas corretas quantidades. Trata-se de um sistema avançado de controlo visual focado primariamente na eliminação de sobreprodução, no aumento da flexibilidade de corresponder aos requisitos do cliente, e na redução de custos ao diminuir desperdício. Neste ambiente, dois tipos diferentes de kanban foram desenvolvidos, são eles os kanbans de transporte e kanbans de produção.

Os Kanbans de transporte são usados para sinalizar a necessidade de reposição de materiais por parte de um fornecedor preferido ou para sinalizar a movimentação de material interna da fábrica à linha de produção. Similarmente, os kanbans de produção são sinais para iniciar produção ou comunicar a necessidade de mudanças de maquinaria.

O trabalho de (Arbulu, R. [et al.], 2003) sugere o uso de kanbans de fornecimento para a sinalização de necessidades de reposição de produtos made-to-stock.

O foco é definido nos consumíveis, equipamentos de proteção, ferramentas manuais, ferramentas elétricas e consumíveis para as mesmas. A entrega de outros produtos como tijolos, tubos, entre outros não estão incluídas no âmbito desta estratégia. Os seus objetivos incluem: oferecer aos usuários aquilo que precisam quando precisarem através da metodologia “puxada” aos fornecedores, suportar a

redução de inventários de material, redução de papelada necessária para encomendar novos produtos ou aumentar quantidades de inventário, facilitar a racionalização de produtos, redução dos tempos de ciclo de aquisição, eliminar o despacho, contribuir para a melhoria contínua, atuar como catalisador de mudança nos métodos de procuração e simplificação dos processos de gestão de material para aquisição, armazenamento, distribuição, e o descarte de produtos made to stock ao eliminar o desperdício e reduzir processamento de informação.

Os componentes para a implementação da estratégia são: Os **marketplaces**, uma coleção de veículos para transportação ou “**milk runs**”, **kanbans de fornecimento**, **lojas satélite** (em estaleiro) e um **sistema de gestão de inventários**.

Os **marketplaces** são armazéns para a distribuição de consumíveis e pequenas ferramentas. No caso de estudo foram usados 3 mercados com uma área estimada de 200 m².

As **lojas satélite** consistem em pontos de coleção em estaleiro de obra para a aquisição de produtos dos marketplaces. A sua localização depende do progresso da construção, assim, contentores que permitem a sua realocização foram usados.

As “**milk runs**” externas e internas são rotas pelos fornecedores selecionados para a recolha de produtos. Uma frota especial é utilizada para o efeito para repor materiais diariamente. Estes incluem na sua capacidade de carga um local onde são transportados os pacotes de kanban.

Os **kanbans de fornecimento** são pequenos formulários usados para transmitir informação entre as lojas satélite e os mercados selecionados. Estes kanbans são colocados no exterior de caixas com 3 tamanhos diferentes para acomodarem de forma padronizada os materiais (pequeno, médio e grande). Se um produto não couber em nenhum dos tamanhos disponíveis é colocado um kanban plástico como sinal, a informação neste kanban é similar à informação na etiqueta da caixa. A quantidade de inventário é controlada por valores mínimos e máximos determinados com base nas previsões de necessidade do estaleiro, estas previsões não são de fácil estimação, as equipas de construção podem não ser capazes de providenciar esta informação com o nível de detalhe requerido para determinar estes valores. Assim, histogramas de trabalho e rácios de consumos históricos são utilizados para estimar necessidades futuras destes produtos.

O **sistema de controlo de inventários** é desenhado para suportar as operações de kanban e milk runs, melhorar a precisão de inventários, diminuir o tempo de processamento de encomenda, eliminação de erros de seleção, melhorar o uso de recursos humanos e de armazenamento, reduzir os custos de transporte de inventário, melhorar o nível de serviço de cliente (equipas de construção), eliminar inventários físicos.

Com a logística resumida, segue-se a necessidade de elaborar o processo kanban implementado. Este apresenta 5 tarefas principais: **Elaboração de encomendas**, **pedidos de produto**, **seleção**, **expedição** (incluindo entregas “milk runs”) e **reposição**.

Para a **elaboração de encomendas**, os fornecedores recebem o que é chamado de “encomenda aberta”, que essencialmente significa que o estaleiro de obra consegue “puxar” materiais do fornecedor até um certo limite monetário. Esta técnica reduz o tempo de processamento de informação, sem ela, o mecanismo “puxado” seria estrangido pelos procedimentos de procuração ou aquisição.

O **pedido de produtos** chega ao mercado por comunicação verbal ou escrita, um pedido típico não inclui necessariamente descrição técnica do produto requerido, assim, a habilidade e treino do docente da loja com a forma padrão de pedido é essencial. No balcão principal destes estabelecimentos devem estar disponíveis amostras dos produtos disponíveis e com mais movimentação para facilitar a tarefa

de pedido. Devem também incluir uma lista de stock atualizado que inclua código do produto, descrição e localizações onde esteja disponível no mercado. Se o produto estiver indisponível, a equipa encarregue da gestão terá de avaliar a necessidade de incorporação do produto no perfil de stocks, se o produto estiver disponível, a operação de seleção é o próximo passo.

A **operação de seleção** inclui todas as ações necessárias para obter produtos dos pacotes. Para seguir certas regras para a seleção, um dos pacotes é denominado como “pacote de trabalho” e os restantes como “suplentes”. Uma vez vazio, o pacote de trabalho é enviado para as áreas de carregamento e colocado numa estante especializada e um dos suplentes funciona como pacote de trabalho. O ciclo é continuamente efetuado consoante as necessidades. Os pontos de reposição (mínimos) e níveis máximos são definidos periodicamente de acordo com os lead times de reposição e previsões do rácio de consumo expresso em termos de pacotes por unidade de tempo, juntamente com o número de “milk runs” por dia. Consequentemente, assumindo que o tamanho dos pacotes e a frequência de “milk runs” se mantêm constantes, os níveis máximos e mínimos são alterados ao alterar o número de pacotes no sistema. Por exemplo, se a necessidade de um certo tipo de produto é previsto ser de 1000 unidades por dia e cada pacote desse produto contém 250, o número de pacotes poderá ser aumentado dos 4 necessitados para 5, permitindo imprecisões na previsão de necessidade. Assim, 5 pacotes são pedidos ao fornecedor e 5 ao marketplace que lida com o produto.

Após a operação de seleção, o próximo passo é a **expedição** dos produtos pedidos ao consumidor final. Os marketplaces podem obter um pedido diretamente de um indivíduo no balcão de serviço do mesmo, ou um pedido de uma das lojas satélite para entrega em estaleiro através de uma “milk run” interna. Se os produtos forem destinados a ser entregues em lojas satélite, uma frota diferente de veículos realiza essa tarefa e os kanbans são formulários de pedido de material que são coletados pelos motoristas em cada loja satélite como parte da sua rotina diária.

Para a **reposição de stocks** dos marketplaces, os veículos seguem rotas predeterminadas para coleção, cada uma visitando fornecedores específicos. Pacotes vazios são coletados nos marketplaces. Os veículos chegam ao fornecedor e substituem pacotes vazios por cheios. Ao manter os pacotes alocados cheios, os fornecedores mantêm inventário suficiente para satisfazer as necessidades do projeto. Os veículos de seguida ou continuam a sua rota ou voltam ao estaleiro de obra. Cada veículo faz múltiplas viagens, reduzindo assim a quantidade de inventário requerido em estaleiro.

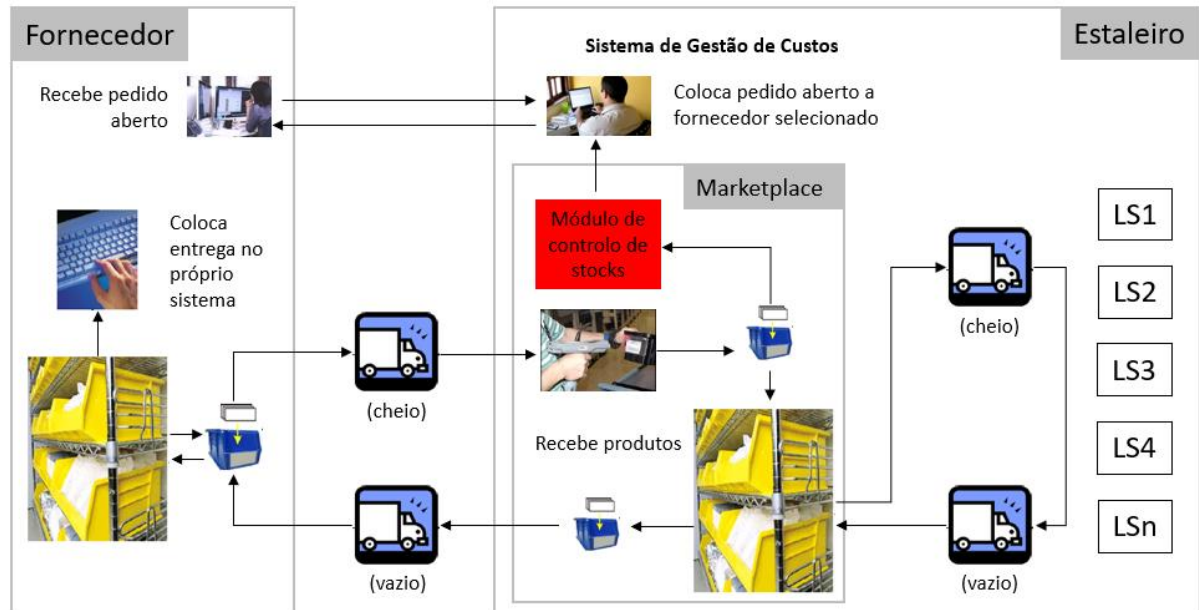


Figura 10 – Esquematização da Aplicação Prática do Kanban (Adaptado de (Arbulu, R. [et al.], 2003))

3.5.4.JUST IN TIME

Esta ferramenta é um dos pilares originais onde assentava a Toyota Production System, sendo assim, esta é naturalmente uma ferramenta originária da indústria da manufatura. No entanto, juntamente com o LPS, formam as duas ferramentas mais implementadas na indústria da construção.

O conceito Just in time surgiu da necessidade de se produzir consoante as necessidades dos clientes (produção puxada) visto que os recursos eram escassos e o mercado era limitado e variado. Na sua aplicação original na TPS os fornecimentos eram entregues diretamente na linha de montagem permitindo a sua utilização imediata sem movimentação de trabalhadores e os benefícios mais rentáveis incluíam a redução do tempo de produção, redução de inventários de matéria prima, produtos incompletos e completos, e a melhoria do fluxo de produção, tornando-o mais estável.

Ora a situação em estaleiro de obra não difere muito deste cenário (exceto a inexistência de linha de montagem bem definida) e a necessidade de reduzir o espaço de armazenamento de materiais em estaleiro é imperativo. Muitas vezes o espaço disponível em estaleiro de obra é reduzido e existe uma forte necessidade de otimizar o fluxo de fornecimento e utilização de materiais para reduzir a necessidade de armazenamento.

No TPS, através da minimização de inventários entre processos, Ohno removeu o inventário de segurança que permitia que o processo continuasse quando um passo falhava, e que os operadores parassem a linha de produção quando não conseguiam solucionar o problema. Consequentemente, tornou-se necessário resolver problemas ao invés de deixar produto defeituoso passar para o processo seguinte, tornando os problemas bem visíveis porque poderiam resultar em quebras de produção e criando confrontações e análise de causas criando um ambiente de melhoria contínua. Como poderia isto funcionar na indústria da construção? Ora, a construção é ditada por horários. Dado um horário bem estruturado, e pressupondo que todos os elementos o cumpram, o trabalho flui suavemente e o desempenho ótimo é atingido, no entanto este cenário é raro e se o horário for apertado os problemas podem-se tornar graves. Com o intuito de aplicar o JIT na indústria da construção (Ballard, G. and Howell, G., 1995) propôs a utilização de “buffers” entre processos, classificando-os em dois tipos. O

mais familiar são as pilhas de material (podem ser matéria prima, ferramentas, equipamentos, mão de obra, etc.), este buffer representa tempo adicionado à duração de projeto então denominou-o “buffer horário”. O buffer menos familiar são inventários de tarefas trabalháveis, produzidas através do planeamento de processos que fazem com que o trabalho fique pronto para avançar para o processo seguinte. Este atua no aumento de previsibilidade do fluxo de produção e não implica a existência de pilhas de material mas depende da previsibilidade do fluxo entre fornecedor e cliente. O autor denominou-o de “buffer de planeamento”.

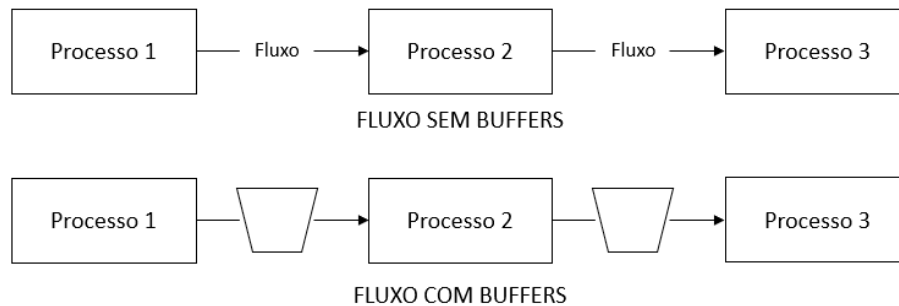


Figura 11 – Visualização de Buffers entre Processos de Fluxo (Adaptado de (Ballard, G. and Howell, G., 1995))

Exemplificando com a construção de fábricas de processo, (como petróleo, de processamento alimentar, etc) muitas vezes a construção inicia antes do projeto estar concluído. Entrega tardia de peças desenhadas e materiais levou aos empreiteiros exigirem entregas mais cedo, reduzindo o tempo disponível para a engenharia completar o seu trabalho, resultando em maiores problemas de atrasos e consequentemente, pedidos de entrega ainda mais cedo, criando um ciclo vicioso. Grandes buffers horários entre fornecedores e a construção pode blindar o empreiteiro de entregas atrasadas, mas nada faz para atuar na causa raiz da variação e esta blindagem gasta recursos monetários e temporais. Assim, sugere uma regra: Colocação de buffer horário após processos com output variável. A regra sugere, no exemplo fornecido, a colocação do buffer entre a engenharia e fabricação ao invés de entre a fabricação e instalação uma vez que estes processos são altamente previsíveis se não existirem falhas ou necessidade de revisão dos desenhos. O buffer após a fabricação oferece mais tempo para a engenharia completar o seu trabalho e fazê-lo corretamente. O tamanho do buffer deve ser adequado ao nível de incerteza e variação do processo.

Os buffers horários não substituem os buffers de planeamento. Estes buffers de planeamento podem ser implementada através do uso do Last Planner System como forma de revelar e colmatar as imprevisibilidades no planeamento, esta ferramenta também desenvolvida em grande parte por Ballard, é desenvolvida no subcapítulo 3.5.1., ao prever melhor as falhas e constrangimentos consegue-se planear com mais antecedência que tarefas trabalháveis podem ser realizadas tendo em conta a falha.

A estratégia de melhoria e implementação para atingir o ideal JIT na construção passa pela gradual substituição dos buffers horários pelos buffers de planeamento, como caminho para a obtenção do “one piece flow” ou fluxo contínuo.

3.5.5. HEIJUNKA – NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO

Heijunka é uma ferramenta de planeamento que procura nivelar a produção, fazendo com que a mesma seja executada com produtividade e fluxo de produção constante sem interrupções. Na indústria da construção as interrupções podem ser criadas por vários motivos. Por exemplo devido à falta de disponibilidade de material ou interferências com outros processos de produção.

Heijunka é o termo japonês que dá o nome à ferramenta na sua origem na indústria da manufatura, na indústria da construção existe a ferramenta Line of Balance que procura atuar nas mesmas ineficiências.

Na Figura 12 segue-se um exemplo prático que ajuda a perceber o conceito, esquematizando duas atividades dependentes entre si. A atividade B tem uma produtividade de 1 semana por piso, o dobro da produtividade da atividade A, que precisa de 2 semanas para completar um piso de construção. No entanto, a atividade B só pode começar após a conclusão da atividade A. Como conseguimos visualizar, se a atividade B começar apenas 2 semanas após o início da atividade A, com uma produtividade ótima seria impossível o fluxo de produção se manter constante, devido ao progresso mais lento da atividade A, isto na prática gera interrupções de trabalho ou diminuição da produtividade da equipa B pela falta de urgência. O adiamento da atividade por 4 semanas, garantia a possibilidade de um fluxo contínuo de produção, mantendo a equipa produtiva e focada no objetivo de conclusão 5 semanas após o começo.

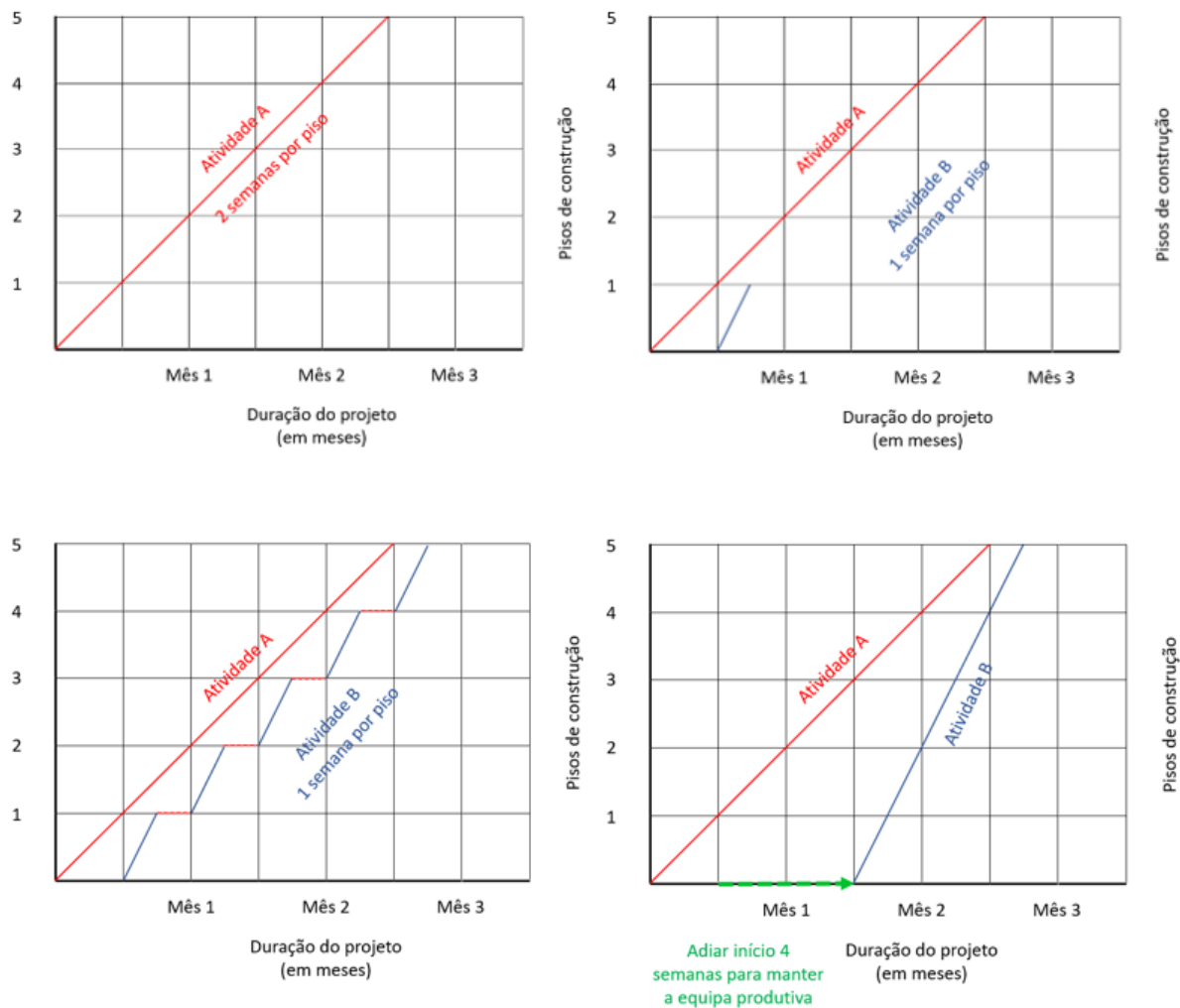


Figura 12 – Nivelamento de Produção (Adaptado de (Wiki, D.B.))

Já foi elaborada uma técnica de planeamento lean (o Last Planner System) que ajuda a colmatar alguns problemas de gestão de produção e até solucionamento de constrangimentos. No entanto, e mesmo que o desenvolvimento do LPS tenha sido desenhado para atuar em algumas ineficiências do método CPM, um problema específico não foi considerado diretamente, mais precisamente a continuidade de tarefas. Para além disso, e excluindo o PPC e os gráficos de razões para a não conclusão de tarefas, não existem ferramentas visuais explícitas na implementação do Last Planner System. A line of balance foca-se nestes dois aspetos (Dave, B. [et al.], 2015). Os autores defendem que existe uma necessidade de teoria de planeamento e horário e também uma necessidade de incorporar estes dois aspetos, exemplificando com a integração de ambas as ferramentas, Line of Balance e Last Planner System.

Os autores detalham ainda que há 3 aspetos importantes a considerar na otimização do planeamento, são eles:

- Consideração da localização das tarefas
- Visualização de atividades ao nível correto
- Determinação da duração das atividades

A consideração da localização das tarefas é importante para conseguir basear o planeamento nelas, assegurando o fluxo contínuo.

A visualização de atividades ao nível correto pode ser explicada utilizando um caso prático. Muitas vezes a regularização e pintura são representadas como uma só tarefa, mas expandindo-as e representando as mesmas em duas atividades separadas (à semelhança das figuras acima, sendo a regularização a atividade A e a pintura a atividade B por exemplo), podemos perceber que tem rendimentos diferentes e que podem originar constrangimentos. Estes problemas não seriam identificados se não fossem visualizados ao nível correto.

A determinação da duração das atividades pode ser determinada pela multiplicação de quantidades e consumos (Horas homem/unidades), dividida pelo número de recursos. A duração também pode ser determinada baseando-se na experiência, no entanto o horário deve ser atualizado com a informação mencionada na equação. A determinação da duração faz com que seja possível identificar qual parte foi incorreta, as quantidades mal calculadas, a quantidade de recursos, ou consumo inadequado, que pode levar a aprendizagem contínua e ajudar na previsibilidade de alocação de recursos.

Assim, os autores defendem que o planeamento e criação de horários devem começar com os seguintes passos:

- Criação de Location Breakdown Structure (LBS)
- Identificação de atividades e suas dependências (ordem de conclusão) requeridas para a construção (estrutural e MEP)
- Dimensionamento de atividades baseadas na informação disponível, quantidades, consumos, recursos e também as habilidades. Após o dimensionamento, a otimização horária deve ser concluída.

3.5.6.6 SIGMA

O six sigma é um conceito originário da empresa Motorola Inc. nos Estados Unidos da América por volta do ano de 1985. Naquela altura, a empresa enfrentava ameaças da competitividade japonesa na indústria eletrónica e precisava de implementar mudanças drásticas nos seus níveis de qualidade. O conceito é o resultado dos seus esforços por atingir o seu objetivo de qualidade: 3.4 DPMO (defeitos por milhão de oportunidades), onde uma oportunidade de defeito é uma falha processual considerada crítica para o cliente. Este objetivo era muito além do nível de qualidade considerado normal e requeria esforços de mudança agressivos.

Existe muita literatura escrita por praticantes e consultores e apenas alguns artigos académicos sobre o six sigma. Revendo a mesma oferece um ponto de partida na definição do conceito, no entanto, o mesmo é definido numa variedade de formas e esta disparidade leva a alguma incerteza e confusão. (Schroeder, R.G. [et al.], 2008) procuraram analisar a literatura e propor uma definição com base na mesma bem como em duas empresas que a implementaram, resultando na seguinte definição: Six sigma consiste numa estrutura paralela-meso e organizada para reduzir variâncias em processos organizacionais usando especialistas em melhorias de desempenho, um método estruturado e métricas de desempenho com o âmbito de atingir objetivos estratégicos.

No caso de o objetivo consistir numa melhoria processual, o método é padronizado utilizando o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) e existe um método popular que define 5 passos para a melhoria processual, são eles: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Se o objetivo for o desenho de um novo produto, o grupo de passos é algo divergente mas segue a mesma metodologia, sendo eles: definir, medir, analisar, dimensionar e verificar. De qualquer das formas o método deve ser

cuidadosamente seguido e uma solução não deve ser oferecida até o problema estar claramente definido.

3.6.PRÁTICAS DE GESTÃO DE ESTALEIRO E CONSTRUÇÃO

3.6.1.GEMBA WALK

Esta prática envolve a interrogação da fonte de um problema para descobrir a causa do mesmo, no intuito de a resolver.

Gemba é um termo japonês que se traduz como “o lugar real” e, em contexto lean, refere-se ao local onde o valor é criado na produção. Frequentemente as decisões operacionais são tomadas por elementos que têm um conhecimento muito reduzido, e muito menos prático, do modo como a sucessão de operações e processos se desenvolve. Assim é essencial que todas as medidas que estejam a ser pensadas para uma produção lean sejam discutidas e desenvolvidas no Gemba, com as pessoas diretamente envolvidas.

Fazer um “Muda Walk in the Gemba” é uma das primeiras estratégias para atingir este objetivo, esta expressão é usada para representar as “caminhadas” que os gestores fazem para ver as tarefas de produção onde elas ocorrem.

Esta prática, embora não seja muito usual, conta com alguns estudos que concluem que o “gemba walk” melhora o desempenho e implementação de boas práticas. (Kerem, C. [et al.], 2013) adiciona que muitos dos desperdícios observados nunca foram reportados à gestão de produção e, continuariam por identificar se não fosse pela sessão no “gemba”. (Etges, B., 2018, Kerem, C. [et al.], 2013, Samudio, M. [et al.], 2011)

3.6.2.MANUTENÇÃO PRODUTIVA/PREVENTIVA TOTAL

Esta prática refere-se ao uso de máquinas, equipamento, trabalhadores e processos de suporte para manter e melhorar a integridade da produção e qualidade dos sistemas. Por outras palavras, inclui o processo de envolver os próprios trabalhadores na manutenção do próprio equipamento, enfatizando técnicas de manutenção proativa e preventiva.

Uma das maiores vantagens desta prática é a mudança da manutenção reativa para preventiva, a reparação de equipamentos envolve, por vezes, grandes custos não só na própria reparação mas também nas consequências que a avaria possa acarretar, como tempos de espera não planeados, eventuais acidentes, desperdício de materiais (como por exemplo o betão entrar em cura com a avaria de uma betoneira), entre outros. A ferramenta pretende englobar todas as atividades de manutenção que garantem o bom funcionamento das máquinas, tornando-as alvo de inspeções regulares e correções que permitam a continuidade dos trabalhos, envolvendo os próprios operadores.

3.6.3.GESTÃO TOTAL DA QUALIDADE

A motivação para a “gestão total da qualidade” por parte de várias empresas é a melhoria da qualidade, produtividade e competitividade. Esta prática tem sido descrita tanto como filosofia como um conjunto de princípios-guia que representam a fundação de uma empresa com melhoria contínua.

A Total Quality Management (TQM) assenta em dois princípios fundamentais, são eles a satisfação do cliente e a melhoria contínua, todos os esforços cumpridos na TQM são direcionados para satisfazer os clientes através da melhoria de métodos e procedimentos que governam o trabalho. Por outras palavras compreende que a qualidade começa no conhecimento das necessidades do cliente e acaba na satisfação das mesmas. Ora, a noção de cliente na filosofia lean pode assumir várias formas, podendo ser entendido como o consumidor final, o seguinte processo ou até mesmo a sustentabilidade, assim a ferramenta preconiza o envolvimento de fornecedores, processadores e donos, estes são requeridos para monitorizar e controlar a qualidade de todos os procedimentos desde o projeto até ao produto final (Burati, J.L. [et al.], 1992). O método enfatiza que cada procedimento é dependente do anterior, se algum problema for identificado, os seguintes passos são requeridos: efetuar uma resposta imediatamente, procurar saber as causas, procurar evitar que aconteça novamente, e melhorar continuamente a produção e qualidade dos processos. (Li, S. [et al.], 2017)

Esta prática, segundo (Ogunbiyi, O.E., 2014) assenta numa filosofia com 6 áreas principais:

- Gestão de compromisso e liderança
- Melhoria contínua
- Satisfação total do cliente
- Treino e educação
- Envolvimento e empoderamento da mão de obra
- Prémios e reconhecimento

3.6.4.JIDOKA

O Jidoka, como já foi referido no capítulo 2.3, é um dos pilares do Sistema Toyota de Produção. O conceito está frequentemente associado à automação, no entanto, ele é alargado para a aplicação em linhas de produção manuais. Neste caso é dado a qualquer operador a autonomia de parar a produção quando alguma anormalidade é detetada, não só impedindo a propagação dos defeitos, mas também tornando o problema mais visível, desencadeando o esforço corretivo.

O jidoka na indústria da construção está maioritariamente relacionado com a melhoria da gestão visual e no empoderamento da mão de obra, oferecendo-lhes a autonomia de tomar decisões. A informação é assim disseminada de diferentes formas e não partem apenas da gestão. (Alves, T.d.C.L. [et al.], 2009)

3.6.5.POKA YOKE

O poka yoke é uma ferramenta que ajuda a pôr em prática o Jidoka. A automação nas máquinas refere-se à sua habilidade de parar a produção autonomamente como forma de aliviar a constante necessidade de supervisão, permitindo que os operadores utilizem o seu talento para tarefas mais benéficas como adicionar valor. Uma vez que a produção para, o supervisor ou pessoa designada a corrigir problemas dá atenção imediata ao problema, e para completar o Jidoka, o problema deve não só ser corrigido mas também ser feita uma avaliação do processo, e o mesmo deve ser alterado para remover a possibilidade de novas ocorrências. Esta “blindagem” de erros é chamada Poka yoke. (Tommelein, I.D., 2008)

Os defeitos na construção continuam a ser uma preocupação. Uma vez que um defeito ocorre, esforços para o corrigir devem ser feitos, esta tarefa denomina-se de retrabalho e é definida pela tentativa de repetição de uma atividade que foi realizada incorretamente na primeira vez. Alguns estudos

demonstram que o custo de retrabalho nos projetos de construção aproximam-se a 5% do valor de contrato (Josephson, P.E. and Hammarlund, Y., 1999, Mills, A. [et al.], 2009).

Para atingir o poka yoke na construção, zonas propícias à ocorrência de erros devem ser identificadas. Estes erros podem ser problemas de qualidade, atrasos na entrega de produtos de processos intermédios, problemas de segurança, entre outros. Na identificação da localização dos problemas, os gestores de projeto podem direcionar a sua atenção na investigação da causa dos problemas, resolvendo-os e prevenindo a sua repetição. Segundo (Nikakhtar, A. [et al.], 2015) existem 6 princípios de “blindagem” de erros.

- Eliminação – procura eliminar a possibilidade de erros através do redesenho do produto ou processo, para que a tarefa ou peça não seja mais necessária.
- Substituição – substitui um processo por outro mais confiável para melhorar a consistência
- Prevenção – desenvolve o produto ou processo para que seja impossível a ocorrência de erro
- Facilitação – aplica técnicas e combina tarefas para tornar o trabalho mais fácil
- Detecção – envolve a identificação do erro antes de continuar o processo para que o usuário o consiga corrigir rapidamente
- Mitigação – procura minimizar o efeito dos erros

3.6.6.5S

É um método de gestão compreensiva dos trabalhadores, materiais e equipamento em estaleiro. Envolve a organização geral das condições de produção em estaleiro e identifica os planos e medidas mais exequíveis que ajudam a reduzir desperdícios (como lead times e minimização de espaço necessário), melhorar a produtividade e segurança, para além de encorajar trabalhadores a operar com o intuito de melhoria contínua e melhorar a moral e trabalho de equipa em geral com um local de trabalho mais limpo e organizado. 5S é um conceito de *“a place for everything and everything in its place”*.

Os 5S significam, na língua japonesa, Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke e foi adaptado para várias línguas. Segue-se uma explicação de cada etapa desta prática

Seiri (Sort, classificar) – refere-se à separação das ferramentas e peças necessárias e remoção das desnecessárias

Seiton (Straighten, arrumar) – é o adequado arranjo de ferramentas e materiais para a facilidade de uso, como em pilhas e pacotes.

Seiso (Shine, limpar) – significa a limpeza, inspeção, e reparação dos elementos e do local para encontrar e remover a origem do desperdício e sujidade.

Seiketsu (Standardize, padronizar) – assegura o conhecimento e manutenção das 3 etapas anteriores e desenvolve um processo padronizado para o cumprimento dos 5S's com expectativa de melhoria sistemática

Shitsuke (Sustain, disciplina) – refere-se á autodisciplina, criando o hábito de respeitar estas “regras”. (Ogunbiyi, O.E., 2014)

Para a aplicação do conceito devem ser envolvidas as pessoas na linha da frente de produção, esta prática leva a uma maior aceitação e sentido de posse dos padrões 5S e consequente manutenção e melhoria do mesmo.

3.6.7. GESTÃO DA VISUALIZAÇÃO

A prática de aumento de visualização consiste na comunicação de informação importante de maneira eficiente à mão de obra através da afixação de vários sinais e etiquetas pelo estaleiro. Os trabalhadores são recordados de elementos como fluxos de trabalho, padrões ou objetivos de desempenho e ações especificamente requeridas através da sua visualização. Podem incluir informação de segurança, horários e qualidade. (Salem, O. [et al.], 2005)

3.6.8. ESTUDOS DE PRIMEIRA OCORRÊNCIA

“First Run Studies” são utilizados no redesenho de tarefas críticas como parte do esforço de melhoria contínua e incluem estudos de produtividades e revisão de métodos de trabalho no redesenho e otimização das diferentes funções envolvidas. O uso de vídeos, fotografias ou gráficos para mostrar ou ilustrar os processos ou instruções são uma prática comum nestes estudos.

A primeira execução de uma selecionada tarefa deve ser examinada em detalhe, trazendo ideias e sugestões para explorar maneiras alternativas de a fazer. Sugere-se a utilização de outra ferramenta lean para o desenvolvimento deste estudo, mais concretamente o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). O primeiro passo, “Plan” refere-se à seleção do processo a estudar, afetação de pessoal, análise dos passos do processo, discussão de ideias de como eliminar passos, e na averiguação da segurança, qualidade e produtividade. “Do” significa a experimentação de ideias na primeira execução. “Check” é a descrição e medição do que realmente acontece e “Act” refere-se a reunião da equipa e na comunicação do método melhorado e o desempenho desejado como padrão. Como o próprio nome indica, o PDCA é um ciclo, e atua também como uma base para melhoria contínua.

3.6.9. DOCUMENTOS DE PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRÃO

Os SOPD (Standard Operating Procedures Documents) são documentos que definem procedimentos padronizados de realização de tarefas minimizando desperdícios e melhorando a segurança. Nestes documentos são contemplados métodos de trabalho, sequência, peças e ferramentas necessárias, precauções e duração expectada para cada elemento de trabalho, incluindo movimentações, trabalhos preparatórios, trabalhos principais e limpezas finais no fim do dia de trabalho. O método é explicado com a ajuda de uma combinação de imagens e fotografias para torná-lo de fácil compreensão e devem ser facilmente revistos. (Nakagawa, Y. and Shimizuz, Y., 2004)

Estes documentos segundo (Nakagawa, Y., 2005) são necessários para a implementação das técnicas lean. SOPD's preparados cuidadosamente com base na experiência são importantes para atingir os objetivos de duração, qualidade, entre outros. Estes devem ser desenhados para reduzir desperdícios, aumentar a qualidade e a segurança bem como reduzir o custo e impacto no ambiente. Devem também motivar as melhorias de desempenho.

Na indústria da construção os trabalhadores frequentemente mudam de projeto para projeto antes de se familiarizarem com os métodos apropriados resultando na repetição de baixos desempenhos. SOP's ajudam a prevenir esta tendência.

3.6.10. CÉLULAS DE PRODUÇÃO

As células de produção são definidas por (Rother, M. [et al.], 2002) com um conjunto de pessoas, máquinas e métodos onde as atividades estão próximas de ocorrer em ordem sequencial, e as partes são processadas em fluxo contínuo, uma a uma ou em pequenas quantidades. (Hyer, N.L. and Brown, K.A., 1999) definem as células de produção como a dedicação de equipamentos e materiais a uma família de partes ou produtos com processamentos similares através da criação de um fluxo de trabalho onde as tarefas e quem as realiza estão conectados intimamente em termos de tempo, espaço e informação. Os autores ao analisarem algumas definições, enfatizam também duas características: a dedicação de equipamentos e materiais a uma família e a criação do fluxo de trabalho em termos de tempo, espaço e informação.

Esta ferramenta é já aplicada na indústria da construção, uma vez que existem habitualmente diferentes equipas de trabalho a efetuarem tarefas diferentes, no entanto a aplicação da ferramenta no fluxo do estaleiro de construção é ainda muito parcial. (Mariz, R.N. [et al.], 2011) estudaram algumas implementações e notaram que nenhum dos casos demonstra consideração nos três elos importantes: o tempo, o espaço e a informação. No entanto continuam a reportar benefícios na sua aplicação como a redução de lead times, redução de custos e aumento da produtividade.

Através da criação de equipas constantes com elementos qualificados, podem-se desenvolver filosofias de responsabilidade e qualidade de trabalho que são fundamentais. A criação de unidade dentro de equipas e responsabilização de tarefas individuais e conjuntas ajuda a partilha de conhecimento e experiência, aumentando o grau de satisfação dos trabalhadores e qualidade, eficiência e segurança no trabalho.

3.7. LIGAÇÃO ENTRE METODOLOGIA LEAN E SUSTENTABILIDADE

O setor da construção está presentemente a atravessar grandes desafios, por um lado a recessão económica no hemisfério norte que começou em 2007/2008 nos Estados Unidos e alguns anos depois afetou significativamente a maioria dos países europeus, induzindo crescimento negativo no setor, por vezes chegando aos 30 e 40% (como por exemplo Portugal, Grécia ou Irlanda). Isto causou severo desemprego e falência de várias empresas, especialmente aquelas excessivamente dependentes no mercado doméstico. O facto é que o decréscimo no crescimento do setor é anterior à crise económica, a maioria dos países chegou a um desenvolvimento de infraestruturas que transformou os tradicionais projetos “greenfield” em remodelações e processos de reabilitação urbana. O abandono do desenvolvimento de grandes infraestruturas levou a um decréscimo na receita bruta média da maioria das empresas. Por outro lado, o hemisfério sul lida com o problema oposto, apresentando dificuldades no crescimento devido à falta de infraestruturas, existe uma enorme pressão nos governos para a construção de ruas, escolas, casas e sistemas de fornecimento de água, entre outros. A estas pressões adiciona-se a preocupação crescente do fator ambiental nas atividades de construção, contrastando com o cenário de há décadas atrás, os impactos ambientais inserem-se hoje no centro da agenda política e académica e muitos programas de pesquisa europeus e dos estados unidos preocupam-se com os impactos ambientais e na melhoria de eficiência energética e redução de desperdícios. Este paradigma atravessa vários setores de atividade mas alguns acarretam maiores impactos e o setor da construção insere-se nos mesmos. O setor é um dos principais consumidores de recursos, energia e materiais (Huovila, P. and Koskela, L., 1998) gerando significativos desperdícios não só na construção de novos edifícios mas também no seu uso e ciclo de vida. Mais se adiciona que a construção gera muita poluição sob a forma de materiais e emissão de gases com efeito de estufa (Degani, C.M. and Cardoso, F.F., 2002), (Horvath, A., 2004). Várias iniciativas estão já em curso, como o aumento da

reciclagem, reutilização de recursos e diminuição do consumo de energia e matéria prima, e isto ocupou vários académicos que trabalham na sustentabilidade do setor, no entanto, esta visão tem que ter em consideração todas as fases da construção, desde a sua execução à demolição. (Cruz, C.O. [et al.], 2019)

Em novembro de 1994, a Primeira Conferência Internacional em Construção Sustentável aconteceu nos Estados Unidos. Kibert definiu construção sustentável como “criação de um ambiente construído saudável usando princípios de eficiência de recursos e baseados na ecologia”.

A construção sustentável envolve um compromisso a:

- Sustentabilidade económica
 - Aumentando lucratividade utilizando recursos mais eficientemente, incluindo mão de obra, materiais, água e energia.
- Sustentabilidade ambiental
 - Prevenindo efeitos nocivos e potencialmente irreversíveis no ambiente pelo cuidadoso uso de recursos naturais, minimizando desperdícios, protegendo e, onde possível, melhorando o ambiente.
- Sustentabilidade social
 - Atendendo às necessidades das pessoas em qualquer estado de envolvimento no processo de construção (desde comissionamento a demolição), providenciando elevada satisfação do cliente e trabalhando proximamente com clientes, fornecedores, empregados e comunidades locais

Os projetos e construções tradicionais focam-se no custo, desempenho e qualidade dos objetivos mas a construção sustentável adiciona minimização do esgotamento de recursos, minimização de degradação ambiental e criação de um ambiente construído saudável a estes critérios. (Hussin, J. [et al.], 2013)

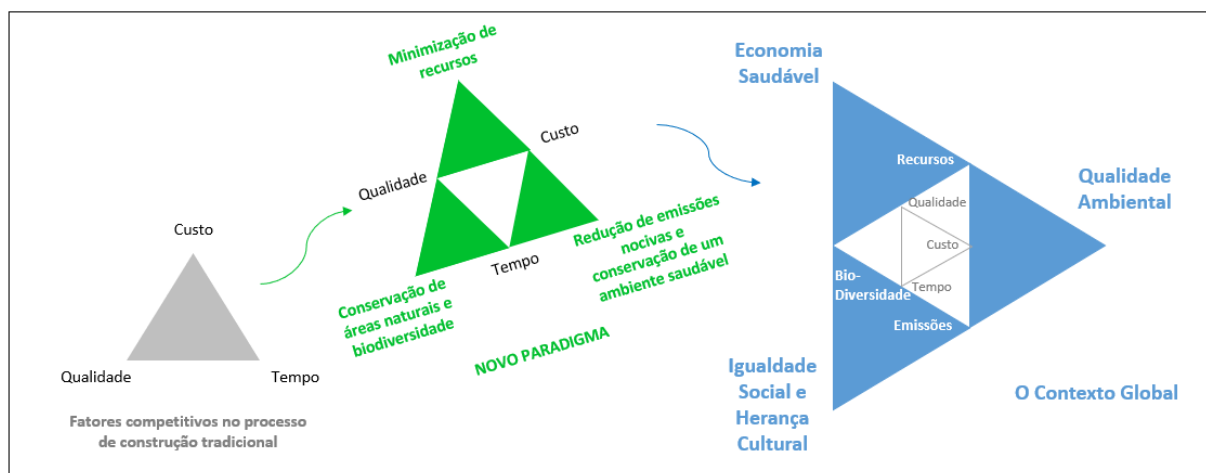


Figura 13 – Desafios da construção sustentável no contexto global. Adaptado de: (Huovila, P. and Koskela, L., 1998)

Existe uma crescente consciencialização do elo entre a metodologia Lean e a sustentabilidade. O governo do Reino Unido reconhecia isso há alguns anos e procurou divulgá-lo, Lean é assim mencionado pela primeira vez no relatório de progresso por HM Government em 2009.

“there is growing recognition that ‘Lean’ thinking, with its focus on delivering real value whilst simultaneously achieving improved competitiveness of the sector and delivering many sustainability objectives, now needs to be considered as a key instrument for the delivery of objectives set out in the Strategy for Sustainable Construction. It follows that Lean thinking should form a central part of organisations’ sustainability strategies.”

Subsequentemente, vários estudos tem vindo a destacar uma relação positiva entre a lean construction e a sustentabilidade ambiental porque foi descoberta uma minimização de esgotamento de recursos e poluição na eliminação de desperdícios e na adição de valor ao cliente na forma de menores impactos ambientais. O ênfase da filosofia lean na minimização de desperdícios e melhoria da eficiência de recursos reflete implicitamente a essência da sustentabilidade ambiental, e neste contexto (Vieira, A.R. and Cachadinha, N., 2011) sugeriu que, em vez de considerar os benefícios ambientais devido à lean construction como uma consequência inesperada, a indústria devia implementá-la com objetivos realinhados, adicionando, para além do económico, o aspeto social e ambiental na obtenção de desenvolvimento sustentável.

A próxima tabela estabelece a relação entre os diferentes desperdícios (identificados da literatura lean) e alguns parâmetros ambientais.

Relação entre desperdícios lean e o ambiente

<i>Desperdícios</i>	<i>Poluição do ar ou Partículas</i>	<i>Gastos de energia ou extração excessiva de matéria prima</i>	<i>Emissão de gases de estufa devido a operações</i>	<i>Geração de desperdícios materiais</i>
<i>Transporte</i>	Direta		Indireta	
<i>Espera</i>		Indireta	Direta	Indireta
<i>Sobreprodução</i>	Indireta	Direta		Direta
<i>Defeitos</i>		Direta	Indireta	Direta
<i>Inventário</i>	Indireta	Indireta		Direta
<i>Movimentação</i>	Direta		Indireta	
<i>Sobreprocessamento</i>	Indireta	Direta		Direta

Quadro 2 – Relação entre desperdícios lean e o ambiente, Adaptado de: (Francis, A. and Thomas, A., 2020)

Os desperdícios de sobreprodução e sobreprocessamento resultam diretamente em consumo excessivo de energia e material e pode levar a extração de matéria prima adicional devido à produção de quantidades indesejadas ou componentes, poluindo indiretamente o ambiente. O tempo de espera pode levar ao aumento de emissões se equipamentos como betoneiras e máquinas de perfuração necessitam de esperar por indisponibilidade de frente de trabalho para a operação, pode também levar a desperdícios materiais neste tempo de espera, como por exemplo devido à deterioração do betão com o tempo. Similarmente, o transporte excessivo ou movimentação devido à implantação do estaleiro e logística causa impacto direto no ambiente na forma de poluição e partículas, leva a um consumo excessivo de combustível, resultando indiretamente em emissões excessivas. A reexecução de

trabalhos leva a que o trabalho defeituoso seja abandonado ou retificado, causando gastos materiais, emissões e consumo de energia diretamente e levando indiretamente a emissões de carbono devido às operações. Inventário excessivo pode levar a armazenamento impróprio e delimitações de espaço que podem levar a gastos materiais por derramamentos ou deterioração causando poluição e gastos excessivos de energia.

Assim, a identificação de desperdícios à semelhança da definição da filosofia lean e a reunião de esforços para minimizar ou eliminá-los (com ajuda das ferramentas e técnicas lean) terá uma influência positiva no ambiente e no setor da construção. (Francis, A. and Thomas, A., 2020)

O Quadro 3 na página seguinte mostra os desperdícios e o efeito da sua eliminação nos três pilares da sustentabilidade bem como alguns exemplos. Existem várias outras formas de avaliar os benefícios da construção lean na sustentabilidade, essas formas estão bem documentadas e analisadas em estudos científicos e até revisões sistemáticas da literatura. Podemos aferir que estes temas estão bem interligados e existe uma motivação não só económica mas também social e ambiental na aplicação das ferramentas lean na construção.

Sete desperdícios lean	Manifestação do desperdício	Eliminação dos desperdícios leva a uma melhoria da sustentabilidade	Pilares da sustentabilidade	Exemplos
Transporte	Duplo manuseamento Indisponibilidade de material		Ambiental	Redução da pegada de carbono Proteção e aprimoramento da biodiversidade Maximização de reciclagem e minimização de aterro Uso de materiais obtidos sustentavelmente Consumo de energia, água e combustível reduzidos
Espera	Uso ineficiente de recursos Uso ineficiente da planta			
Sobreprodução	Excesso de especificação Problemas de coordenação		Económica	Aumento de lucratividade Aumento da satisfação do cliente Rotatividade por pedidos repetidos e acordos Gestão de risco eficiente Trabalho com membros da cadeia de abastecimento aprovados e preferidos Operações lean
Defeitos	Materiais defeituosos Trabalho defeituoso			
Inventário	Excesso de materiais Materiais insuficientes			
Movimentação	Aumento de acidentes Baixa produtividade		Social	Satisfação com o trabalho Segurança do trabalho Desenvolvimento pessoal Saúde e segurança Proteção e aprimoramento da comunidade Envolvência de cliente, cadeia de abastecimento e comunidade
Sobreprocessamento	Frustração pessoal Eficiência do output			
Muitos podem ser repetitivos entre os sete desperdícios		Apenas uma seleção dos prováveis efeitos	Dois ou três são provavelmente afetados	Exemplos de sustentabilidade requeridos pela parte interessada

Quadro 3 – Relação entre os 7 desperdícios lean e os pilares da sustentabilidade, Adaptado de: (Corfe, C. and Clip, B., 2013)

4

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E OPORTUNIDADES DE MELHORIA

4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO

A empresa Alberto Couto Alves S.A., juntamente com as restantes empresas que formam o Grupo ACA insere-se no mercado nacional com uma posição privilegiada para se fazer diferenciar face à norma do país no que toca a poder de investimento em inovação e em produtividade. Fruto dos seus 37 anos de crescimento sustentado, a ACA assume-se como um dos maiores players do setor da construção em Portugal.

O grupo conta, no presente momento, com 2000 colaboradores distribuídos por 8 países em 3 continentes, com portfolio nas áreas de engenharia & construção (incluindo construção civil, infraestruturas e atividades especializadas), ambiente & energias renováveis, e centros industriais.

O seu crescimento leva a empresa a procurar melhorias processuais para melhor aproveitar o crescimento que tem vindo a apresentar nos últimos anos, neste esforço surgem auto análises e uma das ferramentas utilizadas para as conseguir é precisamente o mapeamento de processos, no presente capítulo serão analisados os estados atuais de alguns processos, elaborados mapas de otimizações em implementação e sugeridas melhorias futuras.

4.2. ESTADO ATUAL DOS PROCESSOS DA EMPRESA

Existem dois departamentos que apoiam e fornecem a produção em estaleiro, são eles o Departamento de Gestão de Equipamentos (DGE) e o Departamento de Aprovisionamentos e Logística (DAL). O DGE lida com a capacidade instalada da empresa e o Estaleiro Central que se situa presentemente em Fafe, o DAL é muitas vezes apelidado de departamento de compras e lida com o mercado no que toca a aquisição ou aluguer de materiais ou equipamentos que não estejam contemplados no DGE. No âmbito da presente dissertação optou-se por analisar os processos de ambos estes departamentos, mapeando os seus processos e sugerindo melhorias processuais e diminuição do número de passos com o objetivo de reduzir os lead times e aplicar alguns dos conceitos lean.

4.2.1. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE INÍCIO DE OBRA

Quando a equipa de obra entra em trabalho já existiu uma fase de concurso onde são apresentados orçamentos com base num mapa de tarefas e quantidades, prazo (muitas vezes imposto) e preço base,

são elaborados cronogramas financeiros, planos de trabalho, mapas de carga de mão de obra e equipamentos para a realização da proposta. A equipa de obra pode incluir elementos como diretor de obra, administrativo de obra, gestor de produção, técnico de segurança, encarregado de obra e até dono de obra.

Relativamente aos inputs do processo de gestão de obras, geralmente contabilizam-se: legislação e regulamentos, cadastro de adjudicação de obras, processo de erros e omissões, dossier de obra, materiais e subempreitadas, EMM's adequado face às necessidades de monitorização e medição requeridas, equipamentos operacionais, projeto de execução, contrato assinado, cálculos de revisão de preço, conta de exploração.

Assim, partem com alguns documentos relativos à obra, e, após a proposta ser aceite, é realizada uma reunião de passagem de obra onde existe uma passagem do departamento comercial (que realizou a proposta) para o departamento de produção (encarregue da execução da obra) e onde é definida a equipa de obra e a mesma é informada das particularidades, dos orçamentos e dos documentos existentes da proposta e outros como contratos e anexos, caderno de encargos, projetos, ensaios geotécnicos, etc. Esta informação inicial ainda é suscetível a alterações por parte da equipa de obra, na adaptação da teoria da proposta à realidade. Inicia-se então o processo de início de obra mapeado na Figura 14.

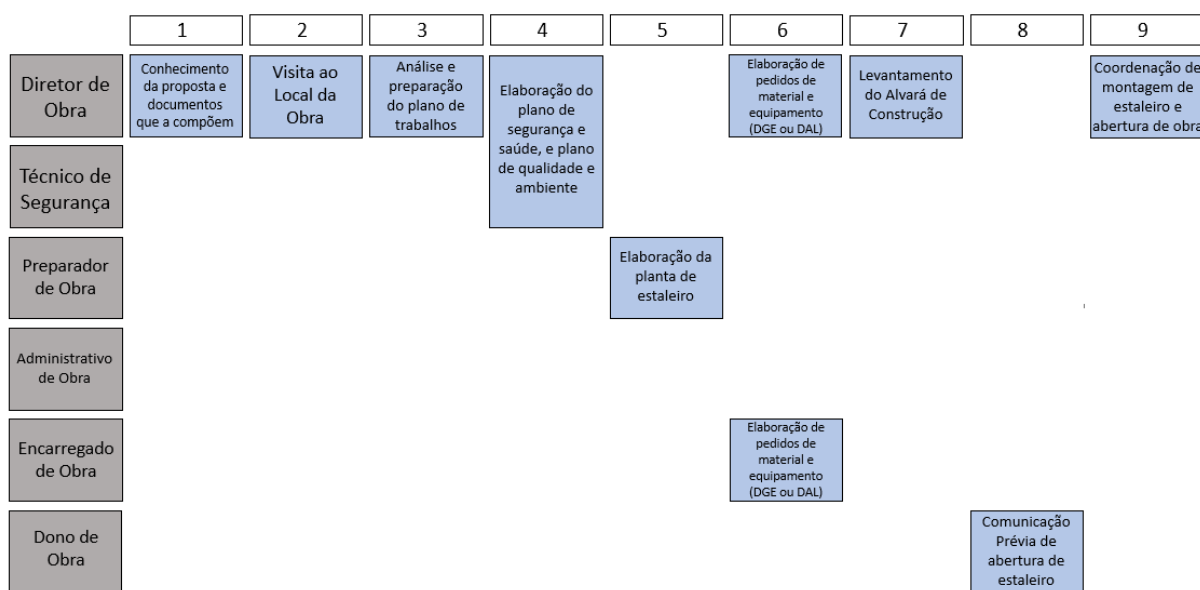


Figura 14 – Mapeamento Processo Início de Obra

A visita ao local da obra (por parte do diretor de obra) preconiza análise das condições do local, como a existência de linhas de água, características do terreno (aterros, terra vegetal, argilas, areias, depósito indiscriminado de solos, infraestruturas existentes (redes elétricas, água, gás, esgoto, drenagem pluvial, etc.), infraestruturas a retirar, implicações com construções vizinhas, entre outras. Preconiza também análise das condições para implantação do estaleiro, como acessos e área disponível (para instalações sociais, armazenamento de material e meios de elevação), se for necessário aluguer de espaço para escritório será necessário comunicar ao administrativo de obra para dar seguimento ao mesmo. Nesta fase também são analisadas todas as situações que possam pôr em causa o normal desenrolar da obra e situações não previstas na proposta.

É analisado e preparado o plano de trabalhos e cronograma financeiro pela equipa de obra, procedendo às eventuais edições ou detalhes, elaborado um Plano de Segurança e Saúde (PSS) e Plano de Qualidade e Ambiente (PQA) (geralmente pelo/a Técnico/a de Segurança com colaboração do Diretor/a de Obra) e elaborada uma planta de estaleiro conforme as características do terreno e do espaço (ou detalhada/alterada se já for existente do processo de concurso) com ajuda do preparador de obra, técnico de segurança e diretor de obra. Com base nas necessidades e na experiência do diretor de obra, é elaborado um pedido de equipamentos e materiais juntamente com o Encarregado de obra (e por vezes o técnico de segurança), o qual é posteriormente entregue ao administrativo de obra para fazer os contactos necessários à análise de disponibilidades com a Direção e Gestão de Equipamentos (para equipamentos e ferramentas) e Departamento de Aprovisionamentos e Logística (para materiais e outros elementos não disponíveis em estaleiro central).

O levantamento de Alvará da licença de construção preconiza a avaliação de a quem compete proceder ao mesmo (à ACA ou ao dono de obra) e a solicitação e fornecimento dos documentos necessários à respetiva câmara.

De seguida faz-se pedidos de seguro de obra, levantamento de informação dos subempreiteiros (da empresa, dos trabalhadores e das máquinas e equipamentos dos mesmos) por parte do administrativo de obra, a comunicação prévia de abertura de estaleiro (responsabilidade do dono de obra) e posteriormente é analisada a necessidade de pedido de abastecimento de água, eletricidade e comunicações (é possível já estar realizado pelo dono de obra), enquanto o estaleiro está a ser montado e se começam os trabalhos de arranque de obra.

Para o arranque existe um Auto de Consignação e documentos para a obra como o livro de obra, registo de dados de resíduos, entre outros. São expostos o alvará e outras licenças no exterior, elaborados os registos diários, organizados dossiers e começam os trabalhos de execução.

Serve este capítulo para expor a quantidade de tarefas em que o diretor de obra está envolvido no processo inicial de obra, qualquer alívio ou agilização em algum dos procedimentos seria benéfico na perspetiva lean.

Como outputs do processo global de produção, do início ao fim, contabilizam-se: Auto de consignação assinado, auto receção definitiva, auto dos trabalhos executados, controlo mensal de produção, pedido de equipamentos e transportes, comunicação de avarias dos equipamentos e transportes bem como necessidades de revisão, necessidade de alteração ao projeto, plano de trabalho, reorçamento e mapas de controlo.

4.2.2. MAPEAMENTO DE PROCESSOS DGE

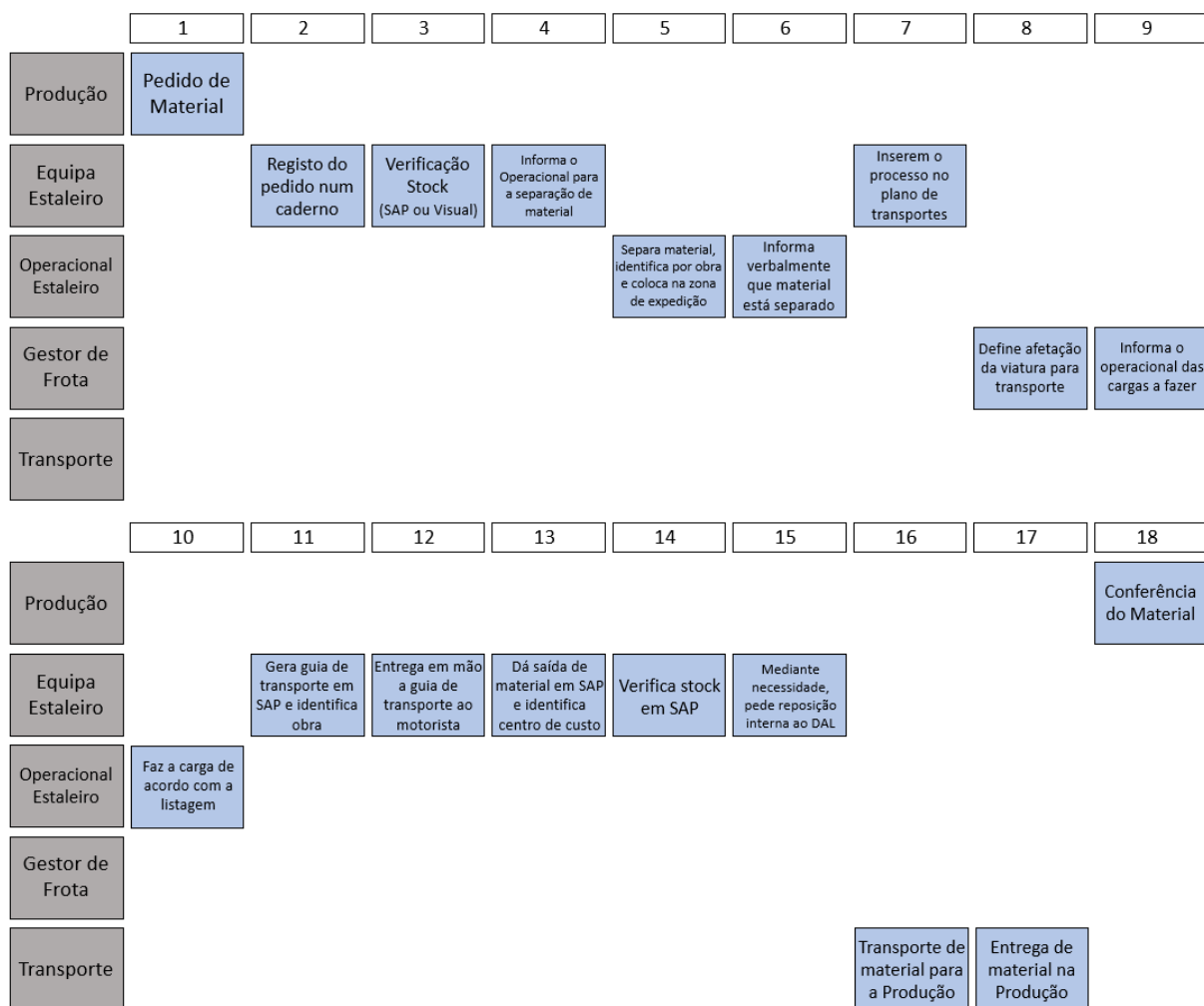


Figura 15 – Processo de Fornecimento de Material (DGE)

Este processo de fornecimento de material (consumíveis e recursos de aluguer) tem algumas falhas e ineficiências, nomeando algumas começamos logo pelo **passo 1**. No processo presente, o pedido de material para além de não estar normalizado e ser realizado 90% das vezes via telefone (segundo análises internas), este é elaborado com muita dependência na experiência do interveniente e muito sujeita a esquecimentos ou falhas.

A não existência de processo padrão no pedido de equipamento faz com que este seja realizado, no decorrer da produção, por vários intervenientes da equipa de produção (Administrativo de obra, diretor de obra, encarregado de obra, entre outros). Esta prática pode gerar erros com base em falhas de comunicação dentro da equipa de obra.

O facto de a maioria dos pedidos serem realizados por telefone aumenta a probabilidade de erros nos pedidos, seja por esquecimentos ou falhas de interpretação por parte da equipa de estaleiro central e dificulta o registo de pedido, que até agora é realizado através da anotação num caderno.

O registo dos pedidos é feito num caderno por parte de um elemento da equipa do DGE, isto não é ótimo sob o ponto de vista de organização e facilidade de obtenção de informação por parte de outros elementos que eventualmente possam necessitar da mesma.

Do mesmo modo o **passo 8**, afetação de viaturas de transporte é realizado com base na experiência do interveniente.

Outra falta de eficiência a apontar é a gestão de stocks internos, para além de não estarem calculados stocks mínimos para os materiais, não existe um alerta automático quando esse stock mínimo é atingido, e deste modo, também não são registadas ruturas de stock.

Também podemos ver falhas no final do processo, onde existe um atraso entre a entrega de material na produção e a validação da mesma. A validação de entrada de material não é feita diretamente em sistema por parte da produção.

Existem oportunidades de melhoria na organização básica do posto de trabalho, no planeamento (devido à alta taxa de resposta em modo urgência), na comunicação (precisa de ser frequente e normalizada com a produção), no facto de tarefas críticas serem centralizadas num elemento (como a afetação de viaturas a transportes) e no facto de existirem várias tarefas manuais e repetitivas (como a gestão de stocks, afetação de transportes, registos de pedidos, registos de utilização de máquinas, integração de dados no sistema)

4.2.3. MAPEAMENTO DE PROCESSOS DAL



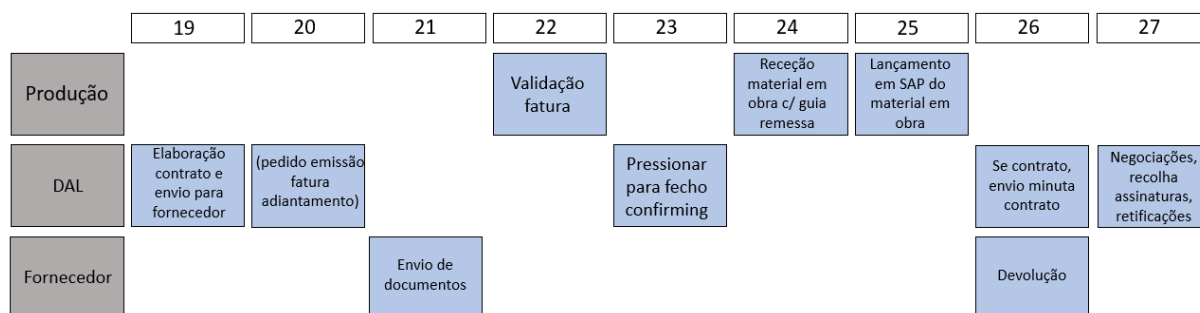


Figura 16 – Processo de compra de equipamentos e material (DAL)

Na situação atual do DAL, para além do mapa acima (referente à compra de equipamentos e materiais) foi também analisado o tempo dedicado a comunicações e processos SAP, foi estimado que este exercício ocupa cerca de metade do tempo dos gestores de aprovisionamento.

O plano de necessidades da obra é apenas indicativo dos grandes grupos de materiais, sendo que a produção necessita de solicitar abertura de novos materiais e não são refletidas todas as alterações no plano, esta requisição interna também é feita sem prazo de necessidade em obra, acaba por ser pedido como urgência, ou o mais rápido possível.

A elaboração do mapa comparativo no passo 9 demora algum tempo a atingir valores secos (re-orçamento), o contrato no passo 19 é muito complexo e também ocupa tempo, estas particularidades juntamente com o facto de o mapa acima ser muito simplificado porque não foram contempladas todas as entidades envolvidas no processo (a área financeira, por exemplo, precisa de validar ou assumir o processo de negociações no passo 17 e emitir confirming no passo 23. A área jurídica por vezes é envolvida na análise e negociação da minuta no passo 26. A área da contabilidade verifica e lança faturas, requisições e guias, entre outros.) fazem com que o processo do DAL seja por vezes muito complexo.

Existem oportunidades de melhoria no planeamento (devido à alta taxa de resposta em modo urgência), na comunicação interna (precisa de ser frequente e normalizada com a produção), na elaboração de uma estratégia diferenciada de compras (com foco nas grandes rubricas e simplificação de processos para as menos representativas) e no fluxo de comunicação com os fornecedores (devido à troca excessiva em formato não normalizado).

4.3. PLANOS DE OTIMIZAÇÃO

4.3.1. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE OBRA

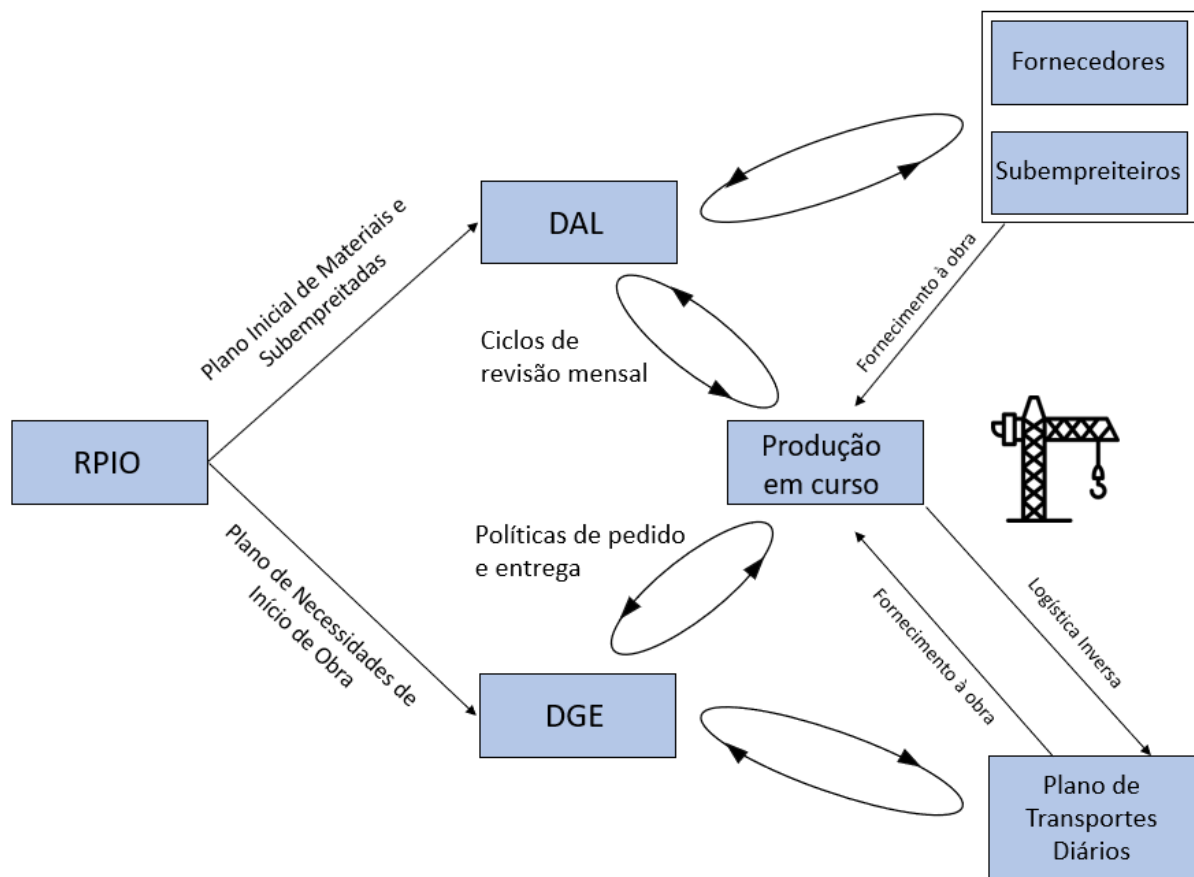


Figura 17 – Processo de Obra

Na reunião de preparação inicial de obra (RPIO), são finalizados os planos de materiais e subempreitadas (destinado à entrega no DAL) e de necessidades de início de obra (destinado à entrega no DGE).

O plano de materiais e subempreitadas inclui quantidades de material a fornecer e respetivas datas de início e fim de fornecimento, bem como datas previstas de adjudicação de subempreitadas. O plano de necessidades de início de obra inclui listas padrão de ferramentas e utensílios (relativos à qualidade, ambiente e segurança; ao contentor ferramenteiro e ao mobiliário de escritório) bem como listas padrão de equipamentos (subdivididos em pequeno porte, grande porte e manobreadores). Estas listas padrão diferem por tipologia de obra, nomeadamente construção civil e vias.

O DGE, face às necessidades expressas no plano de necessidades de início de obra, faz a sua própria gestão. Avaliando a capacidade instalada e stock disponível afeta os mesmos à obra e elabora o plano de transportes, na eventual necessidade de aluguer ou compra de equipamentos ou materiais por falta de capacidade, entra em contacto com o DAL para a sua solução.

O mesmo acontece com o DAL, alguns materiais provenientes da logística inversa de outras obras são armazenados no DGE, para reduzir os custos de aluguer ou compra de material, o DAL deve avaliar a existência de certos elementos contactando o DGE. De seguida começa a avaliar o mercado e realizar contactos com fornecedores e subempreiteiros para agilizar entregas e adjudicações. As mesmas são moldáveis de acordo com os resultados dos ciclos de revisão mensal, ajustando o plano inicial com o

progresso efetivo da produção, este progresso será monitorizado com a ajuda da implementação da metodologia Last Planner System, como será detalhado adiante.

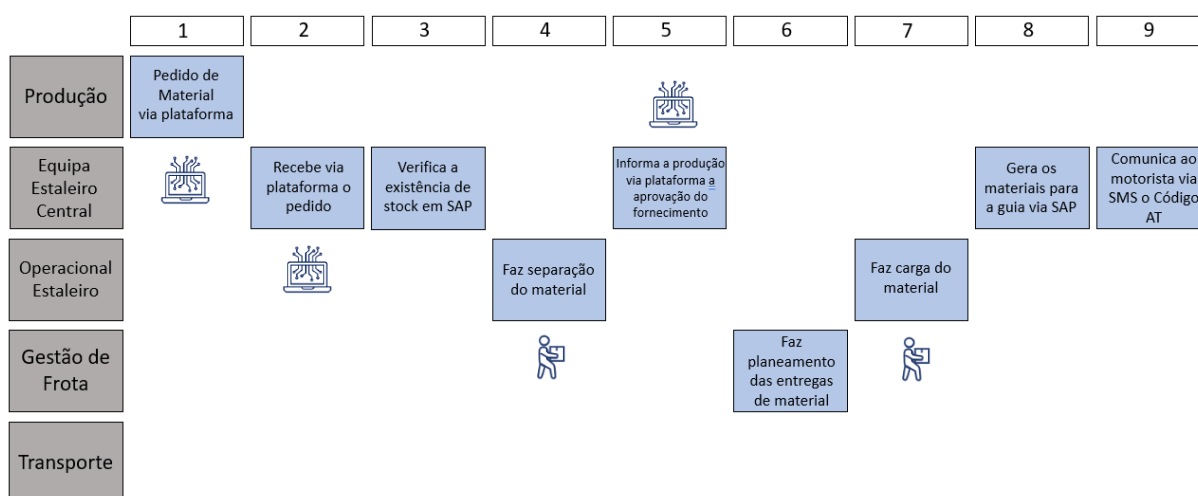
Com o objetivo de otimizar os fluxos de recursos, foram implementadas políticas de pedido e entrega, padronizando 3 opções à equipa de produção em obra, nomeadamente criando compromissos de datas de entrega tendo em conta a data de pedido. Foi então necessário dividir as produções da empresa por zonas, mais especificamente entre zona norte e zona centro e sul.

Assim, para a zona norte, pedidos feitos até as 15h na segunda-feira, quarta-feira, e sexta-feira, serão entregues impreterivelmente na quarta-feira, sexta-feira e segunda-feira da semana seguinte respetivamente.

Para a zona centro e sul, só existirá uma entrega inicial de equipamentos e materiais por parte do estaleiro central, assim, o pedido tem que ser ajustado a esta dinâmica.

4.3.2.VISÃO FUTURA DGE

O mapeamento do processo no capítulo 4.2.2 identificou algumas ineficiências, como meio de colmatar algumas destas foi desenvolvido o seguinte mapa de visão futura para o fornecimento de materiais por parte do DGE. Alguns pontos que tentaram ser melhorados incluem a gestão da equipa e monitorização do processo, a normalização do planeamento e comunicação, a otimização e digitalização do processo e o foco no cliente e no nível do serviço.



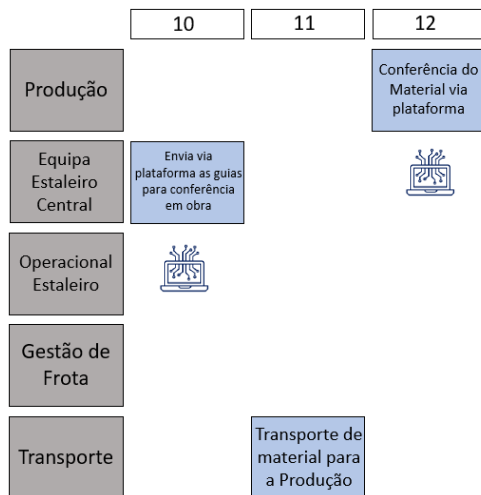


Figura 18 – Visão futura fornecimento de material (DGE)

A melhoria processual mais impactante consiste na implementação de uma plataforma digital, que insere não só uma padronização do pedido de material (reduzindo a variabilidade de meios de comunicação, de formas de pedido, e reduzindo omissões de informação na instalação de campos de preenchimento obrigatório) mas também a redução de passos e agilização do processo como um todo.

Esta melhoria também constitui um primeiro passo para uma crescente digitalização da empresa e abre possibilidades para acomodar e incorporar outros métodos digitais como iremos entrar em mais detalhe adiante.

Também foi instalado um algoritmo de gestão de stocks mais compreensivo e que notifica ou até mesmo gera requerimentos de pedido de reposição ao DAL quando o mesmo desce a um certo número.

Outra alteração foi na gestão de frota, o planeamento de entregas passa a ser feito por um elemento ou equipa do DGE, agregando todas as entregas para as diversas obras no intuito de minimizar deslocações e fazendo-o em conjunto com a restante equipa do DGE, eliminando alguns fluxos de informação.

A alteração resultou numa diminuição de passos, mais precisamente de 18 para 12, e também melhorou a facilidade e rapidez dos mesmos, resumindo-se numa redução de tempo processual significativa.

No entanto, o esforço pela redução de passos não está completamente otimizado. Ainda existem possibilidades de melhoria como a possível eliminação dos passos 3 e 5. Com uma gestão de stock mais otimizada, não é descabido pensar na possibilidade de a verificação de stock ser realizada automaticamente no pedido de material por parte da equipa de obra, sem realizar nenhum contacto com o DGE. A informação de material disponível em estaleiro central seria instantaneamente transmitida à equipa de obra e seria possível, no momento de pedido, agilizar a transferência de pedidos de material em falta ao DAL. Para esta ideia resultar seria necessário manter a informação digital de stock atualizada e real, e agregar essa informação à plataforma de pedido de material em tempo real.

O mapa é semelhante no que toca a recursos de aluguer, alterando apenas intervenientes em dois passos, mais especificamente a separação de material e a conferência de material na plataforma será

efetuado pela equipa de estaleiro central e não pelo operacional de estaleiro e produção, respetivamente.

No que toca a fornecimento de equipamentos e transporte, o seguinte mapa foi elaborado:

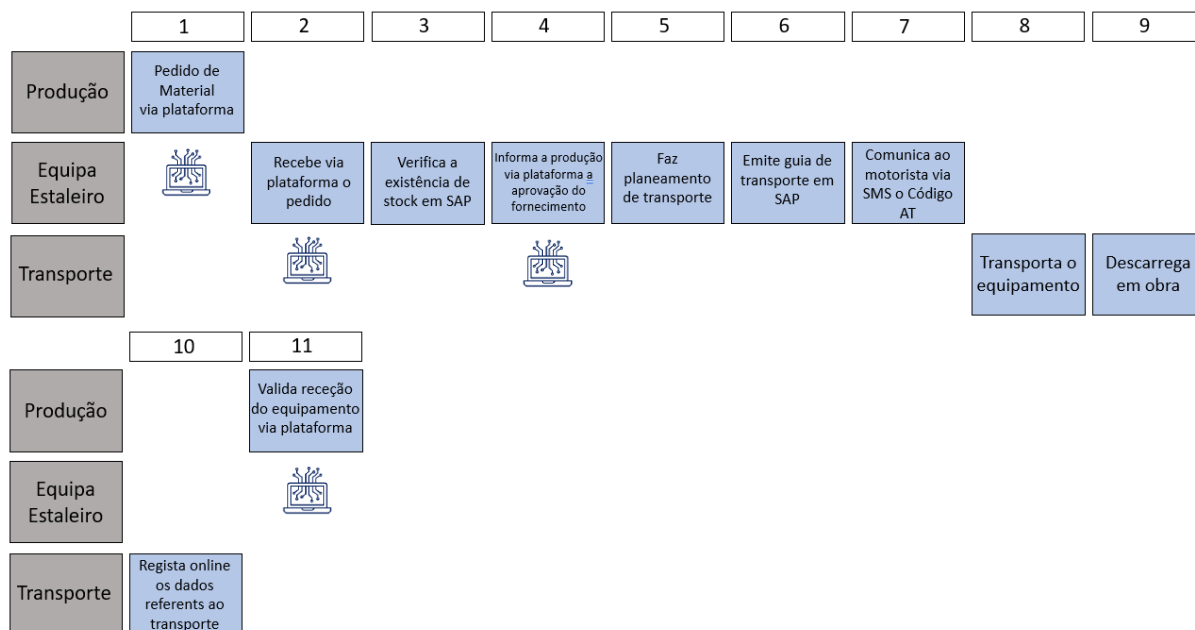


Figura 19 – Visão futura fornecimento de equipamentos (DGE)

O aluguer interno de equipamento tem a particularidade de ser necessário existir um registo de utilização do equipamento a trabalho, o registo é feito pelo manobrador, validado pela equipa de obra (com uma frequência mínima diária e máxima semanal) e por fim, validados em SAP pela equipa de estaleiro central. Este registo inclui, pelo manobrador um registo online do número da máquina, horas do contador e obra em qual está a ser utilizada (este registo tem também de ser possível efetuar offline), a validação pela equipa de obra adiciona a atividade para a qual a máquina foi utilizada e é feita em SAP, e a validação dos registos é feita pelo DGE e inclui alertas automáticos para erros comuns.

4.3.3. VISÃO FUTURA DAL

A grande alteração no processo DAL foi o desenvolvimento da estratégia diferenciada de compras com foco nas grandes rúbricas. Foi elaborada uma abordagem estratégica para as grandes categorias de materiais/equipamentos e subempreitadas, e também elaborado um processo simplificado para as categorias de materiais com baixo valor na estrutura de custos e com elevado número de processos.

Para colocar em prática o processo simplificado de compras, são realizados acordos com os fornecedores. São lançados concursos anuais de acordo com uma matriz de avaliação de fornecedores que analisam preço, qualidade e nível de serviço, de seguida são negociados e fechados os valores anuais limitados aos fornecedores selecionados por região geográfica, baseando-se em projeções de necessidades e nível de serviço acordado. Finalmente, é realizado o acordo com os fornecedores selecionados, resultando em materiais com preço tabelado e definição de condições de pagamento e conta corrente, bem como condições e custos logísticos.

O mapa seguinte define o processo de simplificado de compra das categorias de baixo valor após acordos.

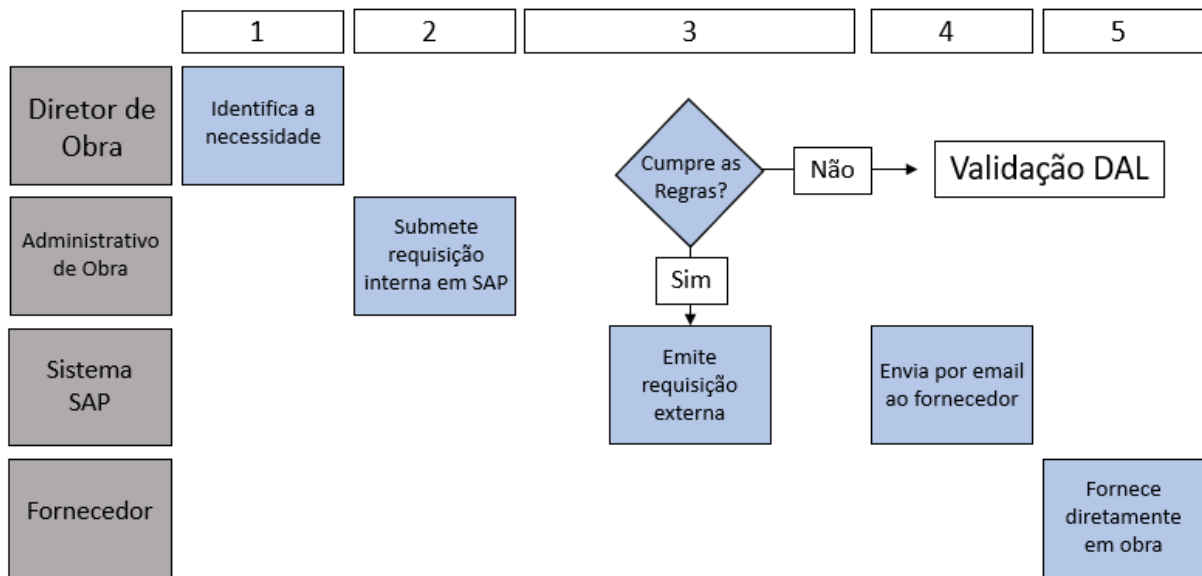


Figura 20 – Processo Simplificado de Compra, Fornecimento à Obra (DAL)

As regras mencionadas no mapa incluem a definição de limite máximo por compra e a definição de limite máximo acumulados, ambos contemplados no acordo com o fornecedor.

Este processo simplificado pode permitir ao DAL absorver o aumento do volume de negócios com os mesmos recursos.

O foco nas grandes rubricas preconiza a agregação do planeamento com o intuito de fasear as entregas, contrariando a noção de aquisição de grandes lotes de forma pouco frequente.

Como melhoria futura após a implementação desta visão deve ser considerada a realização de parcerias com fornecedores como forma de manter uma relação estável e de longo prazo, podendo levar a investimentos por ambas as partes na procura de ganhos mútuos, aumento da transparência e confiança e redução da base de fornecedores, melhorando a previsibilidade, aprendizagem recíproca e esforço conjunto na redução de desperdícios.

4.3.4. CHECKLIST DE PEDIDO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

A elaboração de uma checklist de pedido de equipamentos e materiais consiste na tentativa de obtenção de alguns benefícios que resultariam da aplicação do objetivo inicial da presente dissertação (desenvolvimento de um kit de obra físico) e na melhoria do processo de pedido de material inicial.

Como já foi referido, a maior parte dos pedidos de equipamento são realizados via telefone e/ou por email sem padronização e os seus problemas estão desenvolvidos no Mapeamento de Processos DGE. A melhoria no pedido de equipamento começa pela implementação da plataforma digital que insere normalização no processo e facilidade de registo por parte do DGE, no entanto, o próprio pedido beneficiava de uma estruturação ou ajuda para eliminar de forma mais eficiente os desperdícios, como os esquecimentos, falhas de interpretação e a dependência do nível elevado de experiência do diretor de obra. A problemática do nível de ocupação do diretor de obra no início da produção também é um fator a considerar, os problemas são então resumidos na Figura 21.

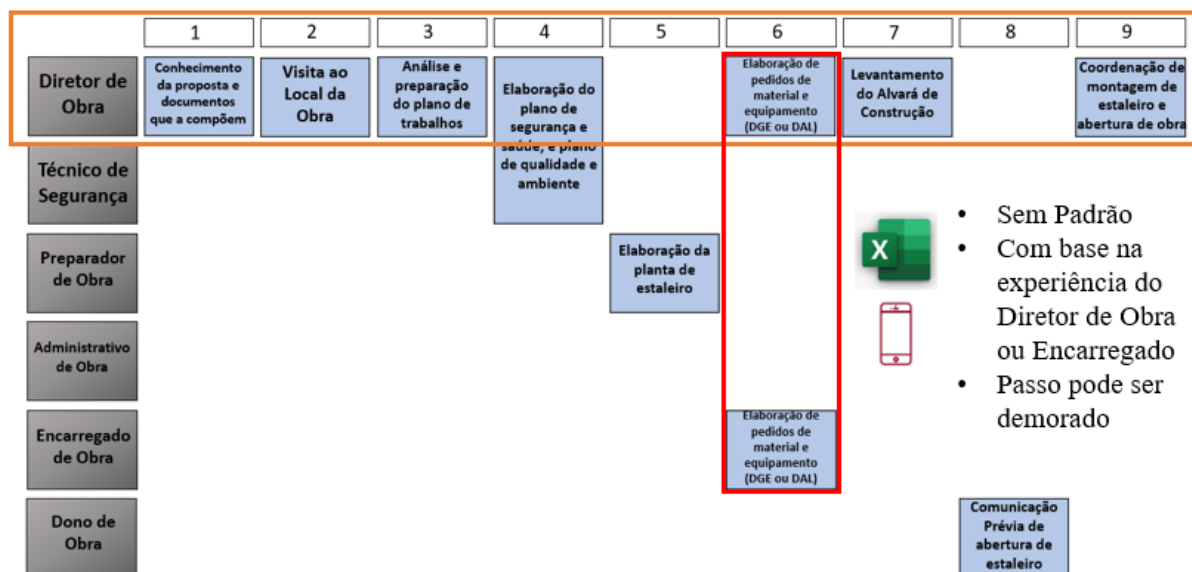


Figura 21 – Problemas do Estado atual do Pedido de Material

Estas checklists consistem numa agregação de ferramentas e materiais comuns nos pedidos iniciais das diferentes obras e podem ser incorporadas no procedimento padrão de pedido de material a ser implementado (plataforma digital).

Alguns dos benefícios da identificação de padrões e da implementação desta ferramenta incluem diminuição de erros por esquecimentos ou interpretação, facilidade de análise de frequência de pedido/utilização de material para estudos internos e a diminuição do tempo e passos de elaboração de pedido por parte da equipa de obra. Estes benefícios são conseguidos através da listagem organizada de materiais e equipamentos por categoria. Esta checklist também pode servir como base a um estudo mais aprofundado dos materiais e equipamentos mais frequentes e servir como um teste piloto para a implementação de um kit de obra físico, agregando esses elementos comuns numa só seleção e verificar se são efetivamente sempre necessários, incluindo o fator tempo de entrega relativamente ao início da produção.

O processo de desenvolvimento dos elementos a incluir na checklist está explicado em detalhe no seguinte capítulo da presente dissertação, e uma sugestão de aparência apresentada em anexo, incluindo algumas funcionalidades como uma gestão de prioridades para aumentar o controlo do diretor de obra sobre entregas consecutivas relativas a um único pedido grande, local para o fornecedor (DGE) ou equipa de obra digitar observações referentes aos materiais ou equipamentos, e local designado para validar a entrega em obra ou falta de material, sendo que com a falta, poderá ser emitido uma notificação do problema ao DGE.

4.4. CONCEITOS LEAN EM ESTALEIRO: SUGESTÕES DE APLICAÇÃO

As ferramentas lean, mais especificamente as adotadas na indústria da construção estão resumidas no capítulo 3, no entanto, será necessário agregar as metodologias e práticas das ferramentas à realidade da empresa de acolhimento, o resultado dessa reflexão de aplicabilidade bem como novas ideias de ferramentas estão especificadas no presente subcapítulo. As ferramentas *Lean* ainda não se encontram

implementadas no estado atual da empresa, assim, a sua aplicabilidade é realizada em forma de comentário.

Relativamente às “práticas de dimensionamento e engenharia”, estas não cabem apenas à empresa de acolhimento porque esta, sendo uma empresa de construção, foca-se maioritariamente na produção e ferramentas como a concurrent engineering, target value design e integrated project design focam-se maioritariamente nas ligações AEC, dando ênfase ao dimensionamento do projeto. Ora, sendo uma empresa de construção que segue as práticas correntes da indústria, a empresa maioritariamente apresenta orçamentos com base em projetos de arquitetura já definidos e prazos. Assim, a “etapa” da construção é a última a envolver-se, não estando presente em grande parte do processo em que seria vantajoso a aplicação destas ferramentas e o envolvimento da produção. No entanto, a empresa não deve mostrar a inércia habitual da indústria da construção na adoção destes novos paradigmas, e beneficia de se estabelecer como uma empresa lean, onde a consideração do seu envolvimento mais a montante no dimensionamento por parte das outras entidades pode ser incrementada.

Assim, do ponto de vista da empresa, é pertinente focar mais nas “práticas de gestão de estaleiro e construção” e nas “práticas de controlo e planeamento”.

A empresa em estudo não foge à normalidade da indústria da construção portuguesa onde grande parte da produção é feita recorrendo a subcontratações e subempreitadas, resultando num relativo baixo nível de especialização da mão de obra. Algumas “práticas de gestão de estaleiro e construção” como a elaboração de SOPD’s, aumento da visualização e até as gamba walks podem reduzir alguns desperdícios gerados por esta realidade. As restantes ferramentas como o TPM, TQM, 5S, First Run Studies, entre outros são pertinentes independentemente da recorrência a subempreitadas ou a mão de obra própria.

No entanto, é da opinião do autor que as ferramentas que merecem mais atenção e conseguem oferecer mais benefícios à empresa de acolhimento é a implementação das práticas de controlo e planeamento, principalmente o Last Planner System, Heijunka, Kanban e Just in Time.

Como parte do exercício que se pretendia fazer com a orientação da presente dissertação por parte da empresa de acolhimento, foram pensadas e apresentadas algumas ideias diferenciadas de como colocar em prática o pensamento lean. O resultado desse mesmo exercício está apresentado adiante. De notar que todas as ferramentas não mencionadas no presente capítulo devem ser analisadas e implementadas de certa forma, este capítulo apenas menciona algumas particularidades da empresa que merecem ser identificadas e/ou contornadas na aplicação das ferramentas.

4.4.1.LAST PLANNER SYSTEM

O Last Planner System é um modo de efetuar um planeamento dinâmico e tem guias específicos para uma boa aplicação, os mesmos são resumidos no 3.5.1. A grande vantagem da utilização desta prática é, na perceção do autor, o planeamento colaborativo. Este ato não só resulta num conhecimento maior das restantes atividades em curso em estaleiro, a nível de localização, tempo e constrangimentos de cada uma, mas também abre diálogo para o desenho de uma solução colaborativa onde todos os intervenientes dão o seu contributo e partilham suas reservas e dificuldades. Assim, com uma solução colaborativa, o sentido de responsabilidade de conclusão das tarefas por parte das equipas é maior, visto que foram as próprias que se propuseram a realizá-las. O uso da ferramenta soluciona os conflitos antes de surgirem.

No entanto, a realidade da empresa de acolhimento, onde a produção é realizada maioritariamente com subcontratações e regimes diferentes para as mesmas, faz com que, para grande parte das tarefas

recorre-se a subcontratações “chave na mão” onde a própria subempreitada fica responsável pelo fornecimento do seu material. A nível de gestão de produção, é apenas necessário balizar o progresso com o contrato e pressionar ou não as equipas. Resumidamente, o que essas equipas se propõem a realizar está já definido.

Assim, o autor acredita que a aplicação desta prática deva ser digital (existem softwares no mercado onde esta implementação seja possível). Criando níveis de gestão diferentes para as diferentes subcontratações. No intuito de salvaguardar a relativa independência de algumas subempreitadas, o planeamento semanal será realizado pela equipa de obra e as subempreitadas que necessitam de equipamentos e materiais da empresa construtora. No entanto, o mesmo tem de preconizar as áreas de atuação das subempreitadas não afetas a este planeamento, assim, todos os chefes de equipas subcontratadas devem manter a plataforma digital de planeamento LPS atualizada e comunicar quaisquer constrangimentos ou alterações de plano que possam surgir ao encarregado de obra.

Estas reuniões de planeamento semanal incluem as subempreitadas com necessidade de equipamento porque a pormenorização mais elevada do planeamento também permite elaborar com mais detalhe contratos de fornecimento, otimizando entregas faseadas ao longo da obra e permitindo uma melhor implementação do Just in Time e Kanban.

O planeamento semanal detalhado, resultante da aplicação desta ferramenta, também ajuda a implementação do 5S ao estaleiro, no sentido em que, identificadas as tarefas, será possível avaliar com maior detalhe os equipamentos necessários e aplicar logística inversa aos excedentes, mais especificamente nas produções da zona norte, onde a política de entregas está instaurada.

4.4.2.HEIJUNKA – NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO

A ferramenta de nivelamento de produção, seguindo as bases da ferramenta da manufatura Heijunka está desenvolvida em 3.5.5.. Todos os fatores a considerar na implementação da ferramenta estão resumidos no mesmo capítulo. No contexto da empresa, deve ser feita uma revisão do planeamento do LPS, fruto da aplicação da ferramenta digital, por parte do gestor de produção ou diretor de obra, e deve incidir sobre a Location Breakdown Structure, identificação de atividades e suas dependências, e dimensionamento de atividades baseadas na informação disponível. Esta análise, juntamente com o cuidado de visualização das tarefas ao nível correto e cálculos de produtividade devem ser arquivadas no fim de cada obra com o intuito de melhoria contínua.

4.4.3.JUST IN TIME

Para a implementação da metodologia Just in Time estão a ser realizados esforços na empresa, como já foi referido na implementação de LPS, para a realização de entregas faseadas de materiais (ao contrário de grandes lotes de forma pouco frequente) ao estaleiro de obra, agregando as necessidades de material ao planeamento principalmente no que toca a grandes rúbricas como o betão ou tijolo. A relação, contudo, ainda tem que ser cimentada. Não existem até ao momento parcerias com fornecedores e a incerteza de qualidade e confiabilidade do fornecedor que será ultimamente selecionado em alguns casos pode existir. Assim, e como desenvolvido em 3.5.4, devem ser utilizados buffers. Os buffers horários referidos na aplicação da ferramenta poderão ser assegurados pelo DGE, assim, para além do planeamento de entregas faseadas, verifica-se o stock da matéria prima em estaleiro central, se não estiver disponível, cria-se uma entrega de material ao DGE, mantendo assim o benefício de atuar em modo urgência na falha de entrega por parte do fornecedor ao estaleiro de obra ou por material defeituoso, minimizando os impactos do aumento de inventários devido à grande área

disponível em estaleiro central. Este buffer horário, tal como na metodologia apresentada em 3.5.4, pretende ser eliminado ou minimizado ao máximo, sendo apenas aplicável em primeiras relações com empresas de fornecimento, e/ou onde a incerteza seja grande. Em contrapartida, a atuação em modo urgência pode resultar num lead time de 2 dias pelo que, quando possível e pertinente, deve ser guardado um buffer de 2 dias de material em estaleiro de obra, dimensionado ou implementado novamente em função da incerteza e procurar manter tarefas trabalháveis em backlog (buffer de planeamento).

4.4.4.KANBAN

O kanban, como já foi referido no capítulo 3.5.3, sendo originária da indústria automóvel é de difícil aplicação na indústria da construção. Para que a metodologia funcione e inclua todos os benefícios para que foi desenhada, é necessário existir uma relação próxima com pelo menos um fornecedor que consiga satisfazer uma boa percentagem das necessidades variadas de uma produção como a da construção, como já foi referido na visão futura do DAL (4.3.3), essa relação pode ser formada e melhorada anualmente através do objetivo de realizar acordos com os fornecedores para facilitar a gestão de rubricas com baixo valor na estrutura de custos, os acordos preconizam logísticas de fornecimento, assim, será possível assumir a metodologia de pedido aberto apresentada no capítulo 3.5.3 e aplicar a versão da indústria da construção desta ferramenta. Estes elementos pressupõem alguns consumíveis como parafusaria e algumas ferramentas manuais e utensílios.

No entanto a ferramenta também pressupõe a existência ou aluguer de armazéns para serem utilizados como marketplaces onde são geridos os stocks e realizadas a maior parte dos pedidos de material aos fornecedores. Ora, na realidade da empresa de acolhimento, o único que se assemelha é o estaleiro central, também denominado de DGE, no entanto este situa-se geograficamente num local geralmente desfavorável para o efeito. Uma percentagem significativa de material é entregue diretamente em obra e o objetivo do DGE é a minimização de movimentações. O kanban pode ser implementado tendo apenas o DGE como Marketplace mas desta forma as milk runs não seriam diárias mas no máximo 3 vezes por semana. A implementação da ferramenta deve-se adequar às particularidades de localização, colocando em questão a localização relativa entre o fornecedor, DGE e produção e até o espaço disponível para armazenamento de material no local de produção, adequando as milk runs conforme estas localizações e conforme produções paralelas que possam partilhar fornecedores ou rotas. A gestão de stocks pode ser efetuada diretamente em estaleiro de obra pelo encarregado de obra e a mão de obra, aplicando o quadro kanban como sinalizador de necessidade.

4.4.5.ELABORAÇÃO DE BASE DE DADOS COM PROCEDIMENTOS DA EMPRESA

No contexto atual da empresa, muito tempo é despendido por parte do diretor administrativo em esclarecimentos de dúvidas ou assistência. O início de obra envolve muitos procedimentos e requerimentos, e diferentes empresas tem diferentes procedimentos padrão. Na concorrência existem bases de dados com procedimentos da empresa que ajudam os intervenientes nesta fase, libertando tempo ao diretor administrativo e tornando mais claras as expectativas da empresa no que toca a funções de cada interveniente, nível de detalhe e rigor. Embora a aplicação direta (SOPD) seja focada nos processos construtivos (e a sua utilização encorajada), estes documentos também podem ser utilizados nas chefias de produção (diretores de obra, gestores de produção, entre outros.). O seu papel no processo de produção deve ficar bem definido, e incluir padrões de qualidade, e procedimentos detalhados para a realização de um bom trabalho por parte de cada interveniente.

Exemplificando com as funções do diretor de obra, os documentos podem incluir o modelo organizacional da empresa, com contactos de pessoal encarregue de diferentes tarefas, a descrição de todas as suas funções na produção de obras, como elaborar propostas de alteração e a quem contactar, como bem executar a preparação de estaleiro (visita à obra, conhecimento da proposta, elaboração de planta, levantamento de alvará, seguros, horários de trabalho) bem como pontos chave a ter em conta em cada processo, que documentos precisa para o arranque de obra e como monitorizar registos diários, dossiers, reuniões entre outros, como realizar pedidos de equipamento, etc.

Essencialmente propõe-se a elaboração de uma base de dados, facilmente navegável, com memorandos de tarefas (correntes e eventuais) e como bem executá-las.

4.4.6. GEMBA WALK

O objetivo do gemba walk, como referido no capítulo 3.6.1 é a identificação de desperdícios no lugar da produção da construção e, para isso, a aplicação direta da ferramenta inclui uma observação do local de trabalho por parte de alguém conhecedor dos princípios lean, e que consiga de facto identificar os mesmos desperdícios. Estas “caminhadas” podem ser realizadas periodicamente com intervalos constantes ou quando alguma tarefa crítica esteja a ser realizada.

Esta ferramenta é aplicável à empresa de acolhimento não como solução de um desperdício já identificado mas para identificação de desperdícios que, de outra forma, não o seriam.

Ora, o envolvimento da mão de obra e operários na melhoria de processos é um conceito lean muito negligenciado. Assim, e sem desencorajar esta prática de aplicação direta, uma outra ideia para implementação é a atribuição de prémios pela descoberta de ineficiências e melhorias de produtividade. Este prémio será atribuído então a qualquer pessoa que sugira uma melhoria processual que de facto resulte na eliminação de desperdícios e pode equivaler a uma percentagem do custo monetário “poupado” calculado ou outro tipo de compensação. Para isto será necessária uma formação breve da mão de obra sobre o que é o desperdício na construção. Este será o primeiro passo para a implementação destes prémios e também para instalar um sentido crítico e de melhoria contínua à mão de obra que, ultimamente, realiza ou direciona a produção. De seguida realiza-se um estudo diagnóstico dos parâmetros onde a melhoria procura atuar, ou que influencia paralelamente. Os resultados positivos resultantes da implementação da ideia serão remunerados.

É importante lembrar que estas duas ideias não competem entre si e podem ser implementadas simultaneamente.

4.4.7. 5S

A implementação de 5S no estaleiro de obra apresenta os benefícios explicitados no 3.6.6, este esforço de organização do estaleiro apresenta algumas oportunidades de melhoria para além da simples aplicação da ferramenta.

Na situação corrente da empresa, os consumíveis não têm muita expressividade. Materiais como brocas e discos apresentam grande diversidade entre eles, isto é, existem vários tipos de brocas e vários tipos de discos. Esta variedade supõe tanto diferenças no custo como na situação ideal em que os materiais devam ser utilizados, e a realidade atual é que esse custo e utilização são por vezes negligenciados.

Exemplificando com o tema dos discos de corte, estes são ferramentas circulares que têm a função de cortar metais ou outros materiais, existem discos indicados para o corte de aço, aço inox, metais pesados, metais maleáveis, metais ferrosos, entre outros. É importante seguir as indicações do disco sobre a sua utilização porque a sua negligência pode levar à rotura da ferramenta, o que em altas rotações pode causar sérios acidentes. Outra situação possível é a utilização de discos com desempenho desnecessariamente superior ao necessário, resultando em custos superiores no seu desgaste.

Uma maneira de melhorar este aspeto, juntamente com o aumento da organização do estaleiro de obra é na implementação de um padrão de entrega para cada disco por parte do DGE, os discos podem ser entregues em obra numa caixa com várias secções onde cada uma inclua as potencialidades e limitações do equipamento lá armazenado, bem como onde a sua utilização é desejada.

Esta ideia, para além de incorporar os benefícios de um estaleiro organizado, pode reduzir os custos dos consumíveis, aumentar o conhecimento da mão de obra e melhorar condições de segurança.

Para além da organização de estaleiro, um dos princípios da ferramenta 5S é a remoção de materiais desnecessários, ora, com a implementação do LPS, o planeamento da produção acaba por ficar mais detalhado em termos de localização e tarefas a realizar. A afetação de certos materiais a essas tarefas permite identificar os materiais desnecessários e aplicar logística inversa aos mesmos e remoção de materiais desnecessários nos distintos locais de produção em obra. Os benefícios a nível de organização do estaleiro estão à vista, mas o desenvolvimento desta ideia levanta dificuldades mas também oportunidades de otimização. Hoje em dia o transporte de materiais e equipamentos nas produções da zona norte acontecem muito frequentemente, esta é uma consequência da falta de otimização de transportes, no entanto a empresa está presentemente a repensar esta logística, aí surgem estas oportunidades.

Para esta ideia funcionar corretamente, todas as obras da zona norte devem ter, em qualquer altura, duas entregas de material agendadas. Em estaleiro central deve ser definida uma área de armazenamento de material que ainda se encontra afeto às produções da zona norte e o mesmo deve ser armazenado com a informação da obra e indicações de reenvio se existentes. Os benefícios desta ferramenta incluem o uso do mesmo material em diferentes obras da zona norte, a organização do estaleiro de obra bem como o aproveitamento de deslocações que iriam acontecer independentemente.

No entanto esta logística inversa apresenta uma carga de trabalho acrescida à equipa de obra e ao DGE a nível de planeamento, com o intuito de otimizar a ideia seria proveitoso o desenvolvimento de um algoritmo que balizasse o material disponível (incluindo o intervalo de datas que se encontra disponível) e as necessidades das obras (também incluindo datas de necessidade de equipamento e movimentações agendadas). No eventual alinhamento das variáveis e existência de capacidade de transporte, o aproveitamento de material e deslocamentos seria posto em prática. Esta prática no entanto, com o atual contexto de pouca capacidade instalada da empresa ainda será apenas vista como uma ideia de otimização futura, e os benefícios são melhor notados quando um número alto de produções ocorrem em simultâneo.

Outra particularidade do 5S é a colocação de material onde ele é necessário. Em cada local de produção (piso, área, etc) sabe-se do orçamento a quantidade de material necessário, a afixação de quantidades num local visível (gestão visual) em cada área seria uma mais valia para o planeamento da logística de movimentação de materiais para essas áreas.

A prática ótima seria o posicionamento dos materiais nestes locais estratégicos na chegada dos mesmos à obra, ou seja, a existência de caminhos para os camiões ou meios de transporte despejarem os materiais necessários em cada local de trabalho, em pisos elevados o mesmo não é possível, mas

seria benéfico o posicionamento num local favorável á elevação dos mesmos e também um método eficiente de os transportar. A utilização de sinais Kanban para o posicionamento e reposição de materiais é um método de visualizar a falta de material em áreas específicas do estaleiro após a definição a priori do posicionamento ótimo das pilhas de material, tendo em conta os locais de trabalho.

5

DESENVOLVIMENTO DE CHECKLIST DE PEDIDO DE MATERIAL

5.1. INTRODUÇÃO

O intuito inicial da presente dissertação, no âmbito da implementação das metodologias lean em estaleiro, era o desenvolvimento de um kit de obra, ou seja, o desenho de uma solução física que agregasse equipamentos e materiais comuns necessários no início de obras diferentes, na esperança de reduzir os lead times de pedido e entrega de material em estaleiro. Para isso foram estudados os pedidos e movimentos de material de 4 obras de construção civil, e feito um questionário semi informal a alguns elementos da equipa de obra (produção), nomeadamente diretores de obra, administrativos de obra, encarregados, entre outros, no intuito de identificar padrões de dificuldades e definir o processo, estes questionários incluíam tópicos como a experiência do entrevistado (dentro e fora da empresa), perguntas sobre os processos (quem é responsável, como é feito, em que momento), quanto tempo demora em média o processo e a entrega de material, confiabilidade de material e informação, logística e movimentação, opiniões de como incrementar a sustentabilidade em estaleiro, principais dificuldades e satisfação com o processo. Os padrões podiam englobar elementos que são sempre necessários para o início de obra, para tarefas específicas, ou até dificuldades recorrentes. A formatação dos questionários desenvolvidos encontra-se em anexo.

O resultado dos questionários permitiu perceber o processo inicial de obra e algumas dificuldades comuns como a obtenção de energia elétrica nas fases iniciais de obra (como consequência foi analisada a viabilidade de uso de painéis solares em estaleiro e outras soluções). Pretendeu-se então mapear o processo inerente desde a elaboração das necessidades à chegada e montagem do equipamento e materiais em obra, e aplicar as metodologias lean para melhorar o fluxo de trabalho e padronizar sem comprometer a variabilidade dos projetos e dinâmica da construção.

Uma mais valia para a elaboração do kit seria estudar obras com particularidades diferentes para que seja possível identificar um padrão transversal a essas particularidades e implementar uma melhoria de processo que se aplique a grande parte das necessidades de uma empresa de construção.

Foi neste objetivo que começaram a surgir algumas dificuldades. Uma das particularidades da indústria da construção, como foram resumidas no capítulo 2.4, é a produção única. O desenho de um kit de obra físico com elementos comuns a diferentes obras supõe que os produtos, embora únicos, necessitam regularmente dos mesmos equipamentos e materiais, especialmente na montagem de estaleiro e início de obra. Esta suposição é em parte verdade, mas existem mais variáveis em jogo tanto no início de obra como na produção. Alguns exemplos incluem o espaço disponível para montagem de estaleiro e armazenamento de materiais, acessos, entre outros. As licenças de construção

e ocupamentos de via pública também podem desenvolver constrangimentos no timing de pedido e entrega de equipamento, a existência de várias soluções de contentores (como escritórios) e até equipamentos com diferentes potencialidades fazem com que seja benéfico para grande parte das empresas de construção não possuírem essa capacidade instalada, e, embora as fases de construção e métodos sejam relativamente iguais para as mais diversas obras, as particularidades do terreno, contexto em que se inserem, existência de infraestruturas nas vizinhanças, e até mesmo as diferenças entre os diretores de obra e subcontratações inserem grandes variabilidades entre obras, e naturalmente, nos pedidos de equipamento e timing de entregas.

Assim, o resultado da análise dos movimentos das 4 obras resultaram em poucos elementos comuns, onde a maior parte eram elementos básicos de contentor ferramenteiro e alguns consumíveis. Também as datas de entrega relativamente ao início de obra divergiam. A elaboração de um kit de obra mais abrangente negligenciava algumas metodologias lean, como o Just in Time e a inexistência de inventários ou equipamentos desnecessários em estaleiro.

Face a todas estas adversidades, e no objetivo de acrescentar valor à empresa no que toca ao início de obra e na implementação de metodologias lean, o âmbito da dissertação foi alterado. O foco alterou-se para os processos da empresa e oportunidades de melhoria do ponto de vista lean, como elaborados no capítulo anterior, e resultou na adaptação do kit físico a uma checklist de pedido de materiais e equipamentos, que inclui os benefícios e funcionalidades explicitadas no capítulo 4.3.4., e apresenta-se uma previsualização da sua possível aparência em anexo.

5.2. INFORMAÇÃO ANALISADA

5.2.1. CONSTRUÇÃO CIVIL

Para a elaboração da checklist de obra foram estudadas 4 obras de construção da ACA Engenharia & Construção, mais especificamente a construção de duas ERPI's (Estrutura Residencial para Pessoas Idosas), a construção de um hotel e a reabilitação de uma margem de rio.

Obra 1 – ERPI Coimbra

Esta obra trata-se de uma empreitada de reabilitação e ampliação do edifício de uma antiga fábrica situados no terreno confinado pela Rua Arnado nº1, Santa Cruz em Coimbra, para exercer o uso de ERPI.

Tem um número de quartos previstos de 100, 80 dos quais individuais e 20 duplos. Possui uma área bruta de 9500 m² e inclui também zona técnica, zona de estacionamento, cozinha e áreas de lazer. Como inclui dois tipos de empreitada, a construção está dividida em dois blocos, A e B, que se referem à empreitada de reabilitação que mantém a fachada da antiga fábrica e a ampliação do edifício (construção nova), respetivamente. O bloco A prevê-se que tenha 2 pisos, zona técnica e rés do chão, para o bloco B preveem-se 3 pisos e rés do chão.

Tem a duração prevista de 21 meses.



Figura 22 – Alçado, ERPI Coimbra

Obra 2 – ERPI Braga

Trata-se de uma empreitada de construção de dois edifícios de ERPI (ERPI I e ERPI II) situados no terreno confinado pela Rua S. Vicente, Rua Gabriel Pereira de Castro e Rua Júlio de Lima, em Braga.

Tem um número de quartos previstos de 76, possui uma área bruta de 8000 m² e inclui também zona técnica, zona de estacionamento, cozinha e áreas de lazer. A ERPI I conta com 1160 m² e a ERPI II com 505 m² e são previstos 6 pisos, dois dos quais abaixo de solo.

Tem a duração prevista de 20 meses.

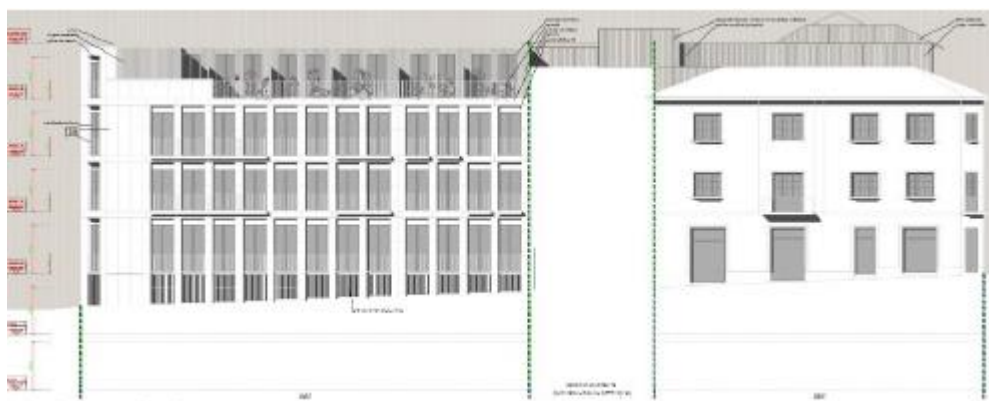


Figura 23 – Alçado Rua Júlia de Lima, ERPI Braga

Obra 3 – Hotel Aliados Plaza

Esta obra é uma empreitada de construção de um Hotel na Avenida dos Aliados, no Porto. Mantém a fachada original e adiciona um piso á mesma. Inclui duas frentes, uma na Avenida dos Aliados e outra na Rua de Rodrigues Sampaio.

Prevê a construção de 97 quartos numa área a edificar de 8450 m². Inclui a construção de 2 pisos enterrados que incluem zona técnica destinada a estacionamento, outras zonas técnicas, SPA, ginásio, piscina e sala de conferências. O piso 0 destina-se à receção, bar, sala de refeições e cozinha. Os pisos 1 a 7 são destinados aos quartos. Inclui demolição interior fazendo a contenção das fachadas.

Tem a duração prevista de 24 meses contratual e 22 meses como objetivo para a obra.



Figura 24 – Alçado Avenida dos Aliados, Hotel Aliados Plaza

Obra 4 – Estabilização da Margem Direita do Rio Mondego

Trata-se de uma estabilização de margem situada entre Ponte Santa Clara e Açude Ponte, em Coimbra. Inclui a execução de microestacas e acabamentos de pavimento. É uma obra pública, onde o Dono de obra é a Câmara Municipal de Coimbra.

Tem um troço de intervenção com pouco mais de 1 quilómetro de desenvolvimento e uma duração prevista de 540 dias.



Figura 25 – Planta, Estabilização da Margem Direita do Rio Mondego

Estas construções são essencialmente diferentes em vários aspetos. A construção das ERPIs variam no espaço disponível para a montagem de estaleiro, na ERPI de Coimbra existia, embora ligeiramente limitado, espaço para as instalações sociais e administrativo, bem como espaço de armazenamento de material, a ERPI de Braga insere-se num contexto mais urbano e para a montagem de estaleiro foi necessário ocupação parcial de via pública e aluguer de espaço para escritório provisório nas proximidades do estaleiro. A construção do hotel também estava muito limitada quanto ao espaço, insere-se num contexto urbano altamente denso (centro da Avenida dos Aliados, no Porto) e também foi necessário o aluguer de espaço para escritório na vizinhança, que contrasta com a reabilitação da

margem de rio, não só na tipologia de obra (que na margem é essencialmente geotécnico) mas também no espaço disponível para armazenamento de material e montagem de estaleiro.

Foram analisados todos os movimentos de material desde o estaleiro central ao estaleiro de obra (informação SAP disponível da movimentação de material), organizados cronologicamente e identificados os elementos que são pedidos e entregues em cada obra. O intuito era a identificação de materiais comuns a estas obras essencialmente diferentes e o resultado foi uma lista de materiais que são comuns no primeiro pedido, bem como materiais que vão eventualmente ser necessários no decorrer da produção.

O número total de entradas de material analisadas no que toca às movimentações entre o DGE e os diferentes estaleiros de obra foram 496 de um total de 599 disponíveis. Cada entrada inclui referência, designação do material, quantidade, unidade de medida, e datas de documento, lançamento da ordem e entrada.

Mais precisamente foram analisadas, na obra 1, 117 de 151; 108 de 121 na obra 2; 176 de 256 na obra 3 e 156 de 189 na obra 3. Estes números são o resultado da pesquisa de elementos comuns com a ajuda de uma folha excel onde foram agregados todos os movimentos das 4 obras e realizada uma pesquisa com a ajuda da ferramenta de “localizar e seleccionar”. Os resultados serão desenvolvidos adiante.

5.2.2.VIAS RODOVIÁRIAS

Relativamente às obras de vias rodoviárias pretendeu-se analisar obras da ACA Engenharia & Construção à semelhança das obras de construção civil, no entanto a empresa apenas realizou uma obra nos últimos anos (IP3 – Nó de Penacova), foi então necessário comparar com obras de outra empresa do grupo, a Ângulo Reto. As diferenças, no entanto, não são grandes, esta ultima apenas se foca em projetos com geralmente menor orçamento e as obras de vias são semelhantes, não impactando assim os resultados.

Foram então analisadas 3 obras:

Obra 5 – IP3 Nó de Penacova

Obra 6 – Rotunda ex-N109 Cacia

Obra 7 – Requalificação ex-N109

Pela inacessibilidade dos movimentos de mercadoria entre o DGE e a empresa Ângulo Reto, a nível de materiais não existiu um grau de comparação para encontrar padrões, sendo assim, a análise restringiu-se aos equipamentos.

5.3.MATERIAIS

A designação de materiais neste caso aplica-se a ferramentas e equipamentos correntes como vassouras e mangueiras, bem como a consumíveis desde fita cola a brocas ou discos de corte. Com as 496 entradas foi elaborada uma tabela em excel no intuito de identificar os elementos que estão presentes em todas as obras, independentemente da data de entrega.

Segue-se uma lista dos elementos comuns às 4 obras de construção civil identificados:

- Picareta e cabo
- Enxada e cabo

- Marreta e cabo (5kg, 2kg ou 1kg)
- Carro de mão
- Baldes normais
- Colher de pedreiro
- Pé de cabra
- Martelo carpinteiro
- Ponteiros
- Pincel de caiar
- Pimenteiro
- Alicate
- Mala de ferramentas (vazia)
- Escadote
- Vassoura (doméstica e de estrada)
- Manga plástica preta
- Mangueira
- Fita métrica (5m, 8m, 30m ou 50m)
- Fita cola larga
- Fio nylon (alinhamento)
- Prego meia galeota (25kg)
- Barrotes de eucalipto
- Fita sinalizadora zebrada
- Rede sinalização laranja
- Sprays
- Folhas de serra para madeira
- Big bags
- Abraçadeiras plásticas
- Barrotes de eucalipto
- Sacos de plástico para lixo
- Projetores LED
- Meia areia
- Cimento (25kg)
- Bucha química
- Cola e veda
- Jogo Bits
- Jogo de brocas 1 a 13 com 25 peças
- Brocas distintas
- Discos de corte distintos
- Chaves distintas
- Extensão monofásica
- Fichas macho e fêmea
- Cabos FVV

Os elementos incluídos na lista acima são comuns a todas as obras analisadas mas nesta fase ainda não foram analisados as datas em que as mesmas foram adicionadas. Ora, na análise de material, se incluirmos um grande intervalo de tempo é naturalmente que muitos dos mesmos se repitam e se incluam nesta lista, será necessário analisar a o tempo decorrido entre o início da produção e o pedido e entrega destes para limitar a checklist às necessidades de início de obra. Estes materiais apresentam algumas particularidades, existem elementos que foram incluídos mas que diferem de obra para obra,

como os alicates que embora estejam presentes em todas as obras, tratam-se de alicates diferentes para propósitos diferentes (Alicates de pressão, de corte normal, universais e de rebitar), bem como outras ferramentas como as marretas de pesos diferentes, divergências no tipo de brocas, discos, chaves, ponteiros, fitas métricas, sprays, abraçadeiras, fichas macho e fêmea, cabos FVV, entre outros.

Na seguinte lista, incluem-se os elementos comuns a 3 das 4 obras analisadas.

- Nível
- Pá de bico
- Gamela para pedreiro
- Talocha
- Serra manual de corte de madeira
- Serra manual de corte de ferro
- Aluquete
- Torneira de esfera
- Cogumelos para proteção de varão
- Pistola de silicone manual
- Jogo de chaves sextavada 2-10 mm
- Madeira de cofragem de pinho
- Contraplacado marítimo (2500x1250x21mm)
- Espuma poliuretano
- Eléctrodo terra e abraçadeira de eléctrodo

Esta lista também inclui algumas das particularidades da primeira. Face a estas particularidades, seria benéfico analisar com mais detalhe alguns elementos chave que apresentam grande variabilidade como os discos, brocas e chaves, no intuito de identificar os mais usuais da categoria e ajustar a necessidade de stocks consoante. Durante a análise de elementos comuns estas divergências foram analisadas, no entanto o autor considera que a amostra não é suficiente para juízos de valor, para além das diferenças do período de análise. Para além disso estes elementos querem-se numa base just in time, e as checklists apenas auxiliam o pedido inicial, tornando o estudo pouco pertinente.

Estes elementos devem ser agregados por categoria e inseridos na plataforma digital de pedido de material DGE, um exemplo de aplicação apresenta-se em anexo.

5.4.EQUIPAMENTOS

Os equipamentos têm um método diferente dos materiais no que toca a afetação à obra. Os equipamentos do DGE são alugados internamente às diferentes obras e existem equipamentos que são alugados à hora e ao trabalho, com ou sem manobrador. As entradas disponíveis são atualizadas mensalmente ou diariamente dependendo da metodologia do aluguer e do equipamento e o custo do mesmo é assim afeto à obra.

5.4.1.CONSTRUÇÃO CIVIL

Da análise dos equipamentos alugados internamente é possível encontrar padrões nas necessidades, mas diferem muitas vezes nas datas relativamente ao início de obra devido a todos os constrangimentos de início de obra elaborados no capítulo **Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

Os equipamentos do DGE usualmente alugados no arranque das obras de construção civil incluem:

- Aparafusadora
- Rebarbadora
- Máquina de furar
- Serra circular
- Martelo elétrico
- Eletrobombas

Estes equipamentos geralmente ficam afetos à produção durante tempo indeterminado e são pedidos no início da produção, portanto são imprescindíveis na checklist de pedido inicial. No entanto, como a empresa de acolhimento possui relativamente pouca capacidade instalada, o autor reconhece que os restantes equipamentos disponíveis no DGE devem ser incluídos na checklist como forma de facilitar à equipa de obra a análise de equipamentos onde existe a possibilidade de alugar internamente, para além disso devem ser divididos entre pequeno e grande porte, e incluir a possibilidade de alugar com ou sem manobrador.

5.4.2. VIAS RODOVIÁRIAS

Os equipamentos nas vias rodoviárias apresentam menos variações que na construção civil, as tarefas a realizar são mais consistentes, no entanto não deixam de existir equipamentos divergentes. Como foram analisadas 2 construções e uma requalificação, alguns equipamentos divergem na última.

Os equipamentos comuns à construção da IP3 e da Rotunda Ex-N109 Cacia incluem:

- Fresadora
- Máquina de furar
- Máquina de pintar asfalto
- Cortadora de asfalto
- Rebarbadora
- Cilindro de rolos
- Placa compactadora
- Gerador
- Vassoura mecânica ou hidráulica metalomecânica
- Pavimentadora

Conforme as diferenças de enquadramento e necessidades, surgiram alguns equipamentos divergentes nas mesmas, como:

- Conjunto de semáforos
- Cilindro de solos
- Cilindro de pneus
- Escavadoras ou mini retroescavadoras
- Betoneiras
- Entre outros

À semelhança dos equipamentos da construção civil, estes devem ser destacados na plataforma, mas devem também os restantes equipamentos disponíveis e/ou que já foram usados em obras de vias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os benefícios do paradigma de produção que nasceu pós Segunda Guerra Mundial no Japão aplicam-se perfeitamente aos problemas da indústria da construção. No entanto, a própria produção (construção) é muito diferente da produção de origem do paradigma (manufatura), isso gerou uma grande inércia na criação e adoção de técnicas com as bases de redução de desperdícios, que se sobrepõe à natureza tradicional e fragmentada da indústria de construção dificultando mudanças radicais. A influência dos congressos e conferências do *International Group for Lean Construction* (IGLC) e o *Lean Construction Institute* (LCI) e o trabalho de investigação de vários autores tem vindo a motivar uma crescente implementação de técnicas de redução de desperdício nas empresas de construção a nível internacional mas a filosofia ainda está muito aquém do ótimo nível de maturidade.

Para que a *Lean Construction* evolua, é necessária uma consciencialização de todas as entidades envolvidas na indústria desde gestores aos trabalhadores, arquitetos a engenheiros, empreiteiros a fornecedores, etc. dos conceitos associados ao pensamento *Lean*. Também é necessário desafiar as barreiras hierárquicas e aumentar a comunicação entre as mesmas, todos os elementos devem manter um estado de espírito crítico para a identificação e eliminação de ineficiências.

A implementação de novas técnicas beneficia geralmente do envolvimento das pessoas que o vão efetivamente pôr em prática, assim, um ênfase maior aos conceitos pertinentes ao nível de atuação da técnica deve ser dado. Relativamente à “linha da frente” da produção na construção deve-se dar a conhecer quais são os desperdícios de produção e os conceitos associados à sua minimização, como a redução de atividades que não adicionam valor (transporte, espera, inspeção, etc.) a simplificação pela redução do número de passos, aumento da organização e limpeza, entre outros. Relativamente a gestores de projeto deve-se dar a conhecer a importância da satisfação das necessidades dos clientes, o aumento da flexibilidade de saída, entre outros. No que toca à gestão da empresa deve-se focar no processo global e até no desafio às barreiras hierárquicas, aumentando a transparência, permitindo o envolvimento dos trabalhadores, e incentivando a autonomia e descentralização de alguns processos de decisão, fomentar a comunicação dentro e fora da empresa e dentro e fora das barreiras hierárquicas.

Na perspetiva do autor, o bom funcionamento deste método de trabalho é regido pela cooperação e partilha de conhecimento. Só assim se consegue atingir a melhoria contínua e agregar todos os benefícios económicos, sociais e até ambientais que a *Lean Construction* tem vindo a provar que oferece às empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon, Luis F - Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. *Lean construction*. Vol. 5. (1997). p. 365-377. ISSN:
- Alarcon, Luis; Mesa, Harrison; Howell, Gregory - Characterization of lean project delivery. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*. (2013). p. 31-39. ISSN:
- Alves, Thais da C. L.; Neto, Jose de P. Barros; Heineck, Luis F. M.; Kemmer, Sergio L.; Pereira, Pedro E. - Incentives and Innovation to Sustain Lean Construction Implementation. Taipei, Taiwan: 2009. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/622>>. ISBN/ISSN:
- Arantes, Paula Cristina Fonseca Gonçalves - Lean Construction - Filosofia e Metodologias. (2008). ISSN:
- Arbulu, Roberto; Ballard, Glenn; Harper, Nigel - Kanban in Construction. Virginia, USA: 2003. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/225>>. ISBN/ISSN:
- Arleroth, Jens; Kristensson, Henrik - Waste in Lean Construction@ A case study of a PEAB construction site and the development of a Lean Construction Tool. 2011. ISBN/ISSN:
- Aziz, Remon Fayek; Hafez, Sherif Mohamed - Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*. Vol. 52. n.º 4 (2013). p. 679-695. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001681300046X>>. ISSN: 1110-0168
- Babalola, Oluwatosin; Ibem, Eziyi O.; Ezema, Isidore C. - Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and Environment*. Vol. 148. (2019). p. 34-43. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318306760>>. ISSN: 0360-1323
- Ballard, G.; Howell, G. - What Kind of Production Is Construction. 1998. ISBN/ISSN:
- Ballard, Glenn - The Last Planner System of Production Control. (2000a). ISSN:
- Ballard, Glenn - LEAN PROJECT DELIVERY SYSTEM. (2000b). ISSN:
- Ballard, Glenn - The lean project delivery system: An update. *Lean Construction Journal*. Vol. 2008. (2008). ISSN:
- Ballard, Glenn; Howell, Gregory - TOWARD CONSTRUCTION JIT by. (1995). ISSN:
- Burati, James L.; Matthews, Michael F.; Kalidindi, Satyanarayana N. - Quality Management Organizations and Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 118. n.º 1 (1992). p. 112-128. Disponível em WWW: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281992%29118%3A1%28112%29>>. ISSN:
- Chan, Albert P. C.; Chan, Daniel W. M.; Chiang, Y. H.; Tang, B. S.; Chan, Edwin H. W.; Ho, Kathy S. K. - Exploring Critical Success Factors for Partnering in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 130. n.º 2 (2004). p. 188-198. Disponível em WWW: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282004%29130%3A2%28188%29>>. ISSN:
- Corfe, Claire; Clip, Bre - Implementing Lean in construction Lean and the sustainability agenda. 2013. ISBN/ISSN:
- Cruz, Carlos Oliveira; Gaspar, Patrícia; de Brito, Jorge - On the concept of sustainable sustainability: An application to the Portuguese construction sector. *Journal of Building Engineering*. Vol. 25. (2019). p. 100836. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219303262>>. ISSN: 2352-7102
- Cruz, Carlos Oliveira; Sarmiento, Joaquim Miranda - The price of project finance loans for highways. *Research in Transportation Economics*. Vol. 70. (2018). p. 161-172. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739885916301846>>. ISSN: 0739-8859
- Dave, Bhargav; Hämläinen, Juho-Pekka; Kemmer, Sergio; Koskela, Lauri; Koskenvesa, Anssi - Suggestions to Improve Lean Construction Planning. Perth, Australia: 2015. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/1225>>. ISBN/ISSN:
- de Castro e Silva Neto, Dimas; Cruz, Carlos Oliveira; Rodrigues, Fernanda; Silva, Paulo - Bibliometric analysis of PPP and PFI literature: Overview of 25 years of research. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 142. n.º 10 (2016). p. 06016002. ISSN: 0733-9364

- Degani, Clarice Menezes; Cardoso, Francisco Ferreira - Environmental Performance and Lean Construction Concepts - Can We Talk About a Clean Construction. Gramado, Brazil: 2002. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/180>>. ISBN/ISSN:
- Deloitte - European Construction Monitor: 2017-2018: A looming new construction crisis? (2018). ISSN:
- Dubois, Anna; Gadde, Lars-Erik - The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation. *Construction Management and Economics*. Vol. 20. n.º 7 (2002). p. 621-631. Disponível em WWW: <<https://doi.org/10.1080/01446190210163543>>. ISSN: 0144-6193
- ECSSO - Country File Portugal. 2019. ISBN/ISSN:
- Etges, Bernardo - Value-Adding Activities Level in Brazilian Infrastructure Construction Companies - 9 Cases Study. 2018. ISBN:
- Formoso, Carlos; Isatto, Eduardo; Hirota, Ercilia - Method for Waste Control in the Building Industry. 1999. ISBN:
- Francis, Ann; Thomas, Albert - Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 252. (2020). p. 119913. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619347833>>. ISSN: 0959-6526
- Groak, Steven - Is construction an industry? *Construction Management and Economics*. Vol. 12. n.º 4 (1994). p. 287-293. Disponível em WWW: <<https://doi.org/10.1080/01446199400000038>>. ISSN: 0144-6193
- Hamzeh, Farook; Ballard, Glenn; Tommelein, Iris - Improving construction work flow—The connective role of look ahead planning. 2008. ISBN:
- Horvath, Arpad - CONSTRUCTION MATERIALS AND THE ENVIRONMENT. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol. 29. n.º 1 (2004). p. 181-204. Disponível em WWW: <<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>>. ISSN: <<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.energy.29.062403.102215>>. ISSN:
- Huovila, Pekka; Koskela, Lauri - Contribution of the Principles of Lean Construction to Meet the Challenges of Sustainable Development. Guarujá, Brazil: 1998. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/47>>. ISBN/ISSN:
- Hussin, Jamilus; Abdul Rahman, Ismail; Memon, Aftab - The Way Forward in Sustainable Construction: Issues and Challenges. *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*. Vol. 2. (2013). p. 31-42. ISSN:
- Hyer, Nancy Lea; Brown, Karen A. - The discipline of real cells. *Journal of Operations Management*. Vol. 17. n.º 5 (1999). p. 557-574. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272696399000030>>. ISSN: 0272-6963
- Institute, Lean Enterprise -. Disponível em WWW: <<https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>>. ISBN/ISSN:
- Josephson, P. E.; Hammarlund, Y. - The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects. *Automation in Construction*. Vol. 8. n.º 6 (1999). p. 681-687. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580598001149>>. ISSN: 0926-5805
- Kerem, C.; Barak, Ronen; Sacks, Rafael; Priven, V. - Learning to see - Managers working in the gemba as part of the tidhar way training program. *21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013*. (2013). p. 206-215. ISSN:
- Koskela, L. - Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992. ISBN/ISSN:
- Koskela, Lauri - An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction. VTT Publications. (2000). ISSN:
- Lapinski, Anthony; Horman, Michael; Riley, David - Lean Processes for Sustainable Project Delivery. *Journal of Construction Engineering and Management-asce - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE*. Vol. 132. (2006). ISSN:
- Lee, Hyun Woo; Tommelein, Iris D.; Ballard, Glenn - Lean Design Management in an Infrastructure Design-Build Project: A Case Study. Haifa, Israel: 2010. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/691>>. ISBN/ISSN:
- Li, Shuquan; Wu, Xiuyu; Zhou, Yuan; Liu, Xin - A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 71. (2017). p. 846-851. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311650>>. ISSN: 1364-0321

- Lichtig, William - Construction Lawyer. 2006. - The Integrated Agreement for Lean Project Delivery. ISBN: 9781444319675
- Mariz, Renato N.; Picchi, Flavio A.; Granja, Ariovaldo D.; Melo, Reymard S. S. - Broader Implementations of Production Cells in Construction Considering Time, Space and Information Linkages. Lima, Peru: 2011. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/1111>>. ISBN/ISSN:
- Mills, Anthony; Love Peter, E.; Williams, Peter - Defect Costs in Residential Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 135. n.º 1 (2009). p. 12-16. Consult. em 2021/06/14. Disponível em WWW: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:1\(12\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:1(12))>. ISSN:
- Miron, Luciana; Kaushik, Amit; Koskela, Lauri - Target Value Design: The Challenge of Value Generation. 2015. ISBN:
- Mossman, Alan; Ballard, Glenn; Pasquire, Christine - 2013. - Lean Project Delivery — innovation in integrated design & delivery. ISBN: 978-0-4706-7402-4
- Nakagawa, Yoshitaka - Importance of Standard Operating Procedure Documents and Visualization to Implement Lean Construction. Sydney, Australia: 2005. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/366>>. ISBN/ISSN:
- Nakagawa, Yoshitaka; Shimizuz, Yoshitugu - Toyota Production System Adopted by Building Construction in Japan. Helsingør, Denmark: 2004. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/317>>. ISBN/ISSN:
- Nikakhtar, Amin; Abbasian-Hosseini, Ali; Wong, Kuan; Zavichi, Amir - Application of lean construction principles to reduce construction process waste using computer simulation: A case study. *International Journal of Services and Operations Management*. Vol. 20. (2015). p. 461. ISSN:
- Observatory, European Construction Sector - Stimulating Favourable Investment Conditions Vol. 2018. (2018). ISSN:
- Ogunbiyi, Oyedolapo Ekundayo - Implementation of the lean approach in sustainable construction: a conceptual framework. University of Central Lancashire, 2014. ISBN/ISSN:
- Picchi, Flavio - Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. (2003). ISSN:
- Raisbeck, P.; Millie, R.; Maher, A. - Assessing integrated project delivery: A comparative analysis of ipd and alliance contracting procurement routes. 2010. ISBN/ISSN:
- Rolstadås, Asbjørn - Planning and control of concurrent engineering projects. *International Journal of Production Economics*. Vol. 38. n.º 1 (1995). p. 3-13. Disponível em WWW: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0925527395990619>>. ISSN: 0925-5273
- Rother, M.; Harris, R.; Institute, Lean Enterprise - Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. Lean Institute Brasil, 2002. Disponível em WWW: <<https://books.google.pt/books?id=GcyRAAAACAAJ>>. ISBN: 9788588874015
- Rother, Mirian Stella; Shook, John - Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and. 1998. ISBN/ISSN:
- Salem, O.; Solomon, J.; Genaidy, A.; Luegring, M. - Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques. 2005. ISBN/ISSN:
- Samudio, M.; Alves, Thais; Chambers, D. - Employing the Principle Of "Going and Seeing" to Construction. 2011. ISBN/ISSN:
- Schroeder, Roger G.; Linderman, Kevin; Liedtke, Charles; Choo, Adrian S. - Six Sigma: Definition and underlying theory*. *Journal of Operations Management*. Vol. 26. n.º 4 (2008). p. 536-554. Disponível em WWW: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2007.06.007>>. ISSN: 0272-6963
- Shingo, S. - Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Bookman, 1996. Disponível em WWW: <<https://books.google.pt/books?id=L5C5kQEACAAJ>>. ISBN:
- Tommelein, I.; Ballard, G. - Look-ahead Planning: Screening and Pulling. 1997. ISBN/ISSN:
- Tommelein, Iris D. - 'Poka Yoke' or Quality by Mistake Proofing Design and Construction Systems. Manchester, UK: 2008. Disponível em WWW: <<http://iglc.net/Papers/Details/614>>. ISBN/ISSN:
- Vieira, A. R.; Cachadinha, N. - Lean construction and sustainability - Complementary paradigms? A case study. 2011. Disponível em WWW: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84876762886&partnerID=40&md5=b17a5c4026edb39ce5c02e876314cdb5>>. ISBN/ISSN:
- Vrijhoef, Ruben; Koskela, Lauri - Revisiting the Three Peculiarities of Production in Construction. (2005). ISSN:

Wiki, Designing Building -. Disponível em WWW:

<[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Line_of_balance_\(LOB\)](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Line_of_balance_(LOB))>. ISBN/ISSN:

ANEXO A:
SUGESTÃO DE APARÊNCIA E FUNCIONALIDADES DA CHECKLIST DE PEDIDO DE MATERIAL

ACA GRUPO		PEDIDO DE EQUIPAMENTO MATERIAIS / EQUIPAMENTOS											
Designação da Obra:		ERPI BRAGA		Tipologia:		Construções Cíveis		Data Consignação:		(previsão)		Direção Obra / Direção Depart.:	
Centro de Custo:		P.1000.0244		Arranque de Obra				Data Conclusão:		(Previsão)		Filipe Azevedo / Eng.ª Maria	
DGE		Quantidade	Unidade Medida	Prioridade			OBSERVAÇÕES		Equipa de Obra				
				1	2	3	Requerente	Fornecedor	Entregue	Em falta			
CONTENTOR FERRAMENTEIRO													
Picareta	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Cabo para picareta	—		UN	✓	—	—			✓	✓			
Carro de mão	—		UN	✓	—	—			✓	✓			
Baldes Normais	—		UN	✓	—	—			✓	✓			
Marreta 5kg	—		UN	✓	—	—			✓	✓			
Marreta 2kg	—		UN	✓	—	—			✓	✓			
Marreta 1kg	—		UN	—	—	—			✓	✓			
Enxada	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Cabo para enxada	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Pá de Bico	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Colher de Pedreiro	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Gamela de pedreiro	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Pé de cabra	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Martelo carpinteiro	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Ponteiros	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Serra de madeira	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Folhas de serra de madeira	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Extensão Monofásica	7		UN	—	✓	—			✓	✓			
Cola e Veda	7		UN	—	✓	—			✓	✓			
Mangueira	7		50m	—	✓	—			✓	✓			
Manga Plástica	7		UN	—	✓	—			✓	✓			
Cabos FVV	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Fichas Fêmea	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Fichas Macho	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Pincel caiar	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Vassoura doméstica	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Vassoura de estrada	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Fita cola larga	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Fio nylon	—		UN	—	—	7			✓	✓			
Pregos 1/2 galeota	7		UN	—	7	—			✓	✓			
	—		—	—	—	7			✓	✓			
ELETRICIDADE													
Extensão Monofásica	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Cabos FVV	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Fichas Fêmea	7		UN	✓	—	—			✓	✓			
Fichas Macho	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
	—		—	—	—	7			✓	✓			
MATERIAIS													
Meia areia	7		TO	—	✓	—			✓	✓			
Cimento	7		SAC	—	✓	—			✓	✓			
Cola e Veda	—		UN	—	—	✓			✓	✓			
Bucha química	—		UN	—	—	7			✓	✓			
Pregos 1/2 Galeota	—		25kg	—	—	7			✓	✓			
	—		—	—	—	7			✓	✓			
BROCAS													
Jogo Brocas Ferro HSS 1 a 13 c/ 25 peças	7		—	—	—	✓			✓	✓			
	—		—	—	—	7			✓	✓			
SDS	Quantidade	SDS PLUS	Quantidade	SDS MAX	Quantidade								
6x210 mm	—	10x210 mm	7	14x540 mm	7								
20x520 mm	—	12x160 mm	7	16x540 mm	7								
Outros		14x210 mm	—	22x520 mm	7								
Pedra 8mm	—	16x210 mm	—	25x520 mm	7								
	—	18x210 mm	—	4P 32	7								
DISCOS DE CORTE													
INOX 115x1	7	Madeira S. Elet. Circular	—	FERRO 230	✓								
INOX 230	7	Rebarbar 115	—	DIAMANTE 115	—								
Corte Aço 125	7		—	DIAMANTE 230	7								
QUALIDADE, AMBIENTE E SEGURANÇA													
Rede de sinalização	7		UN	—	—	—			✓	✓			
Fita sinalizadora	7		UN	—	—	—			✓	✓			
Sprays sinalizadores	—		UN	—	—	—			✓	✓			
Projetor LED	—		UN	—	—	—			✓	✓			
Barrotes Eucalipto	—		UN	—	—	—			✓	✓			
Sacos de plástico Lixo	—		UN	—	—	—			✓	✓			
Big Bag	—		UN	—	—	—			✓	✓			
MOBILIÁRIO ESCRITÓRIO													

ANEXO B: QUESTIONÁRIOS ÀS EQUIPAS DE OBRA

IDENTIFICAÇÃO

EXPERIÊNCIA

Há quanto tempo trabalha na empresa?

Quantos anos tem de experiência em Direção de obra?

A Mão de obra envolvida nesta obra é essencialmente Subcontratada?

SIM / NÃO

Para que trabalhos é que temos mais mão-de-obra própria (da empresa)?

Tem conhecimento da existência de procedimentos de Gestão de Projetos da empresa?

LEAD TIMES E PROCESSO

Na equipa de obra, por quem e como é feito o mapa de quantidades para estaleiro e quando é feita a análise de equipamento necessário?

Responsável:

Processo:

Momento:

Quantos passos ou contactos tem de fazer para completar o pedido de equipamento? Quem é responsável por essa tarefa?

Número de passos:

Responsável:

Quanto tempo (em média) decorre entre o momento em que o mapa de quantidades é enviado e terem os primeiros equipamentos e materiais em obra?

Quais os procedimentos para arranque e fecho de obra, que a equipa de obra têm de realizar?

Quais são os equipamentos, subcontractações e materiais, geralmente necessários para a montagem do estaleiro? E para o arranque da obra?

Equipamentos:

Subcontractações:

Materiais:

Considera que existe uma parcela significativa de atraso que pode ser amenizada com uma melhoria de processo na elaboração do pedido e receção dos equipamentos? SIM / NÃO

Relativamente a esta obra em concreto:

Quando foi feito o pedido de equipamento de estaleiro (Data)? A quem o foi feito? Que dificuldades teve?

Data:

Interveniente:

Dificuldades:

Quando recebeu em obra o equipamento (Data)? Entrega única ou mais que uma entrega? Que dificuldades teve quando o equipamento chegou?

Data:

Número de Entregas:

Dificuldades:

Quanto tempo demorou a montagem do estaleiro?

Este estaleiro tem alguma restrição que tenha condicionado a sua montagem?

De onde partiram os equipamentos? Que custos foram debitados à obra para a entrega?

Origem:

Custos:

CONFIABILIDADE DE MATERIAL E INFORMAÇÃO

Quando o carregamento chega, é feita uma verificação dos seus conteúdos? Como? E por quem?

Método:

Responsável:

Houve algum atraso no arranque por falta de material?

LOGISTICA E MOVIMENTAÇÃO – E.O.

Existem tempos de decisão ou de espera depois do carregamento chegar? Por exemplo por outro carregamento que complemente o primeiro? SIM / NÃO

Exemplo:

Os escritórios de obra costumam ser movimentados dentro do estaleiro ao longo da obra? Se sim, porque é que isso geralmente acontece? Nesta obra aconteceu?

Qual o tempo médio de montagem dos diferentes equipamentos?

SUSTENTABILIDADE

Que gastos de eletricidade o estaleiro produz?

Gastos de água?

Gastos materiais?

Já existe um uso significativo de máquinas elétricas no estaleiro? Quais?

SIM / NÃO

Possibilidade de uso de materiais reciclados?

SIM / NÃO

Considera importante e viável a utilização de painéis solares para produção de energia de autoconsumo para os escritórios em estaleiro de obra? SIM / NÃO

Considera importante e viável a reutilização de águas pluviais para a realização de trabalhos em obra, como argamassas, betão e lavagens de superfícies e equipamentos? SIM / NÃO

De que forma é que considera que a sustentabilidade em estaleiro pode ser incrementada?

EXPERIÊNCIA				
D.O.	Na empresa	No cargo		
M.O.	Na empresa	No cargo		
E.O.	Na empresa	No cargo		
A.O.	Na empresa	No cargo		
SATISFAÇÃO COM O PROCESSO				
Simplicidade	Não Satisfaz	Satisfaz	Satisfaz Bastante	
Nível de otimização	Não Satisfaz	Satisfaz	Satisfaz Bastante	
CONFIABILIDADE DO MATERIAL QUE CHEGA				
Qualidade 1 – Sempre em mau estado 5 – 50% do material não satisfaz 10 – Sempre bom e operacional	(1 a 10) D.O.	M.O.	E.O.	A.O.
Quantidade 1 – Nunca na quantidade certa 5 – 50% das vezes enganam-se na quantidade 10 – Vem sempre a quantidade pedida	(1 a 10) D.O.	M.O.	E.O.	A.O.
Probabilidade de ausência de material 1 – Nunca vem tudo o que é pedido 10 – Vem sempre o que é pedido	(1 a 10) D.O.	M.O.	E.O.	A.O.
Probabilidade de atrasos 1 – Sempre atrasado 10 – Sempre atempadamente	(1 a 10) D.O.	M.O.	E.O.	A.O.

Sugestões de melhoria