

IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS *LEAN* *CONSTRUCTION* NA DIREÇÃO DE OBRAS

Impacto no setor e nas empresas

JOÃO PEDRO ALEXANDRE PINTO

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

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

Coorientador: Professor Doutor Pedro Nuno Mêda Magalhães

JUNHO DE 2026

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2025/2026

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E GEORRECURSOS

Tel. +351-22-508 1901



m.ec@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



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 em Engenharia Civil - 2025/2026 - Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2026*.

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.

Aos meus pais, aos meus irmãos, aos meus padrinhos e especialmente à minha avó Maria

Deus quer, o homem sonha, a obra nasce

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Apresento os meus sinceros agradecimentos aos meus pais pela dedicação, apoio e esforço que colocaram para que pudesse concluir esta fase da minha vida mesmo à distância.

Aos meus irmãos e cunhados pelo exemplo que me deram e pelo acompanhamento e disponibilidade que me prestaram ao longo destes cinco anos.

Aos meus padrinhos por sempre estarem presentes e por serem como segundos pais para mim.

Ao meu primo Bruno pelas boleias nas segundas às 6h da manhã para o Porto.

Aos meus colegas e amigos de curso, Daniela, João, Diogo, Pedro, Mafalda, Edgar, Admiro, Filipe, Renato, Bessa e Beatriz por fazerem com que mesmo longe de casa me sentisse em casa.

Aos meus amigos de Resende, Rodrigo e Eduardo pelos tempos passados a jogar e pelos passeios e jantares que me permitiram abstrair muitas das vezes da pressão.

Ao Professor Rui Calejo pela disponibilidade e acompanhamento ao longo do desenvolvimento da dissertação.

Ao Professor Pedro Mêda pelas palavras sábias de acompanhamento e pela prontidão sempre demonstrada durante todo o processo de execução da dissertação.

Ao Engenheiro César, ao Engenheiro Luís e ao Sr. Macedo por facilitarem e possibilitarem o desenvolvimento da dissertação.

À Inês, minha companheira para a vida, um agradecimento muito especial por tornar tudo mais fácil e por ser casa nos momentos mais difíceis.

E em especial um agradecimento a minha avó Maria que mesmo não estando presente me ajudou a concluir esta etapa através das lembranças e das memórias de infância e pela força e motivação que, através delas, me levaram a concluir este curso por mim e por ela.

RESUMO

A indústria da Construção é um setor marcado por elevados índices de ineficiência e desperdício de recursos, que se manifestam de forma crítica não só em volume, como no próprio impacto em toda a cadeia de produção e de valor. Além dos resíduos físicos, vistos como a grande problemática do setor, surgem outros desperdícios relacionados com o tempo que não são tão facilmente quantificáveis: perdas de tempo em obra, em retrabalhos, movimentações desnecessárias, reanálises de projeto. Devido a estes factos, gera-se em todo o ambiente construído uma acumulação de derrapagens relacionadas com o planeamento e, consequentemente, ligadas ao aumento do custo da obra excedendo a mesma, em muitos casos, o orçamento inicial.

Com o objetivo de dar resposta às problemáticas referidas surge a *Lean Construction*, com base na *Lean Production* da indústria automobilística. Desta forma, surge a metodologia com origem na *Lean Production* oriunda da indústria automobilística. Esta forma de pensar apresenta várias ferramentas adaptadas às especificidades do setor da construção, que têm como principal objetivo eliminar esse desperdício aumentando a eficiência da obra e melhorando a sustentabilidade da mesma em termos de tempo e de custos.

Assim, analisando os processos e procedimentos de uma empresa sem qualquer conhecimento e práticas *Lean*, identificando quais as principais problemáticas presentes na execução de uma obra e ferramentas implementadas “ad-hoc”, consegue-se verificar a aplicabilidade de determinadas metodologias e conceitos *Lean*. Através destas e com a sua implementação num caso de estudo foi possível determinar os desperdícios, identificando soluções a problemas comuns, medir parâmetros em obra e, acima de tudo, generalizar o conhecimento do método à empresa.

Após implementação conclui-se que apesar da empresa não apresentar conhecimento da metodologia possui no seu seio já muitas ferramentas que integram as práticas *Lean*. Além disso é possível implementar novos princípios no setor os quais não acrescem em custo e cujo *know-how* é acessível aos intervenientes dos empreendimentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Lean Construction*, produtividade, desperdício, sustentabilidade, princípios *Lean*

ABSTRACT

The construction industry is a sector characterized by high levels of inefficiency and waste of resources, which are particularly evident not only in terms of volume but also in their impact on the entire production and value chain. In addition to physical waste, seen as the sector's major problem, there are other forms of time-related waste that are not as easily quantifiable: time lost on-site, in rework, unnecessary movements, and project re-evaluations. Due to these factors, an accumulation of planning-related delays occurs throughout the built environment, consequently leading to increased construction costs that, in many cases, exceed the initial budget.

To address these issues, Lean Construction has emerged, based on Lean Production from the automotive industry. Thus, the methodology, originating from Lean Production in the automotive industry, has emerged. This approach offers various tools, adapted to the specificities of the construction sector, whose primary objective is to eliminate this waste by increasing the efficiency of the project and improving its sustainability in terms of time and costs.

Thus, by analyzing the processes and procedures of a company with no prior knowledge or experience of Lean practices, identifying the main challenges involved in executing a construction project, and examining the “ad-hoc” tools implemented, it is possible to assess the applicability of certain Lean methodologies and concepts. Through these and their implementation in a case study, it was possible to identify waste, find solutions to common problems, measure on-site parameters, and, above all, disseminate knowledge of the method throughout the company.

Following implementation, it was concluded that although the company lacks formal knowledge of the methodology, it already possesses many tools that incorporate Lean practices. Furthermore, it is possible to implement new principles in the sector that do not increase costs and whose know-how is accessible to those involved in the projects.

KEYWORDS: Lean Construction, productivity, waste, sustainability, lean principles

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO E PROBLEMÁTICA	1
1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	3
1.3 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO NA SOCIEDADE	4
1.4 PROCEDIMENTO	6
1.5 MÉTODO CIENTÍFICO	7
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	7
2. ESTADO DA ARTE	9
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 PALAVRAS-CHAVE	9
2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOMETRIA	11
2.3.1 Bibliografia Líder	17
2.3.1.1 “Application of the New Production Philosophy to Construction” [2]	17
2.3.1.2 “Guia Prático – Lean na Construção” [21]	18
2.4 SÍNTESE DE CONCEITOS	18
2.4.1 Produtividade e Eficiência	18
2.4.2 Desperdício	19
2.4.3 Qualidade	19
2.4.4 Retrabalho	19
2.4.5 Fluxo	19
2.4.6 Projeto	19
2.5 OPORTUNIDADE DE INVESTIGAÇÃO	20

3. A ORIGEM DA METODOLOGIA *LEAN CONSTRUCTION* – *LEAN PRODUCTION* E A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL 21

3.1 INTRODUÇÃO..... 21

3.2 PRODUÇÃO EM MASSA – HENRY FORD NA *FORD MOTOR COMPANY*..... 22

3.3 *LEAN PRODUCTION* – TAIICHI OHNO NA *TOYOTA MOTOR COMPANY* 23

3.4 PRINCÍPIOS DA *LEAN PRODUCTION*..... 25

3.5 Os 7+1 DESPERDÍCIOS DA INDÚSTRIA 25

4. *LEAN CONSTRUCTION* – A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO LIMPA..... 27

4.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – PROBLEMAS E ESPECIFICIDADES 27

4.1.1 Caracterização do Setor da Construção..... 27

4.1.2 Especificidades do Processo Produtivo..... 29

4.1.3 Fatores de Incerteza e Variabilidade 30

4.1.4 Existência Prática dos desperdícios da indústria no setor da Construção... 32

4.2 *LEAN CONSTRUCTION* – GÉNESE E DEFINIÇÃO 33

4.2.1 Fluxos na Construção e Alteração do Modelo de Produção..... 34

4.2.2 A Mudança de Paradigma – Da Conversão ao Modelo TFV 35

4.2.3 Princípios da *Lean Construction*..... 36

4.2.4 Ferramentas *Lean* adaptadas à construção 38

4.2.4.1 *Just-In-Time*..... 39

4.2.4.2 *Total Quality Control*..... 39

4.2.4.3 *Células de Produção* 40

4.2.4.4 *Takt Time*..... 41

4.2.4.5 *Kanban* 41

4.2.4.6 *5S*..... 42

4.2.4.7 *Jidoka* 43

4.2.4.8 *Heijunka*..... 43

4.2.4.9 *Poka-Yoke*..... 44

4.2.4.10 *PDCA – Plan, Do, Check, Act (Planear, Fazer, Verificar, Atuar)* 45

4.2.4.11 *5W2H*..... 46

4.2.4.12 Last Planner System	46
4.2.4.13 Key Performance Indicators – Indicadores Chave	48
4.2.4.14 Gemba Walks.....	49
4.2.4.15 Relatórios A3.....	49
4.2.4.16 Controlo Visual.....	49
4.2.4.17 Kaizen	50
4.2.5 Lean Thinking – O pensar de forma limpa	50
4.3 FERRAMENTAS LEAN COMO COMBATE AO DESPERDÍCIO	51
4.4 LEAN CONSTRUCTION – APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	53
5. ENQUADRAMENTO DA EMPRESA E INQUÉRITO DE CONTEXTUALIZAÇÃO LEAN	55
5.1 INTRODUÇÃO.....	55
5.2 EMPRESA – ANORTE – CONSTRUÇÃO E ENGENHARIA.....	57
5.2.1 Inquérito sobre Lean Construction e Eficiência do setor da Construção	58
5.2.1.1 Índice de Perceção de Eficiência (Média Ponderada).....	63
5.2.1.2 Taxa de Sentimento Positivo vs. Negativo.....	63
5.2.1.3 Análise do departamento mais verificado – Produção e Direção de Obra	64
5.2.1.4 Conclusão da análise à amostra	64
6. PROJETO-PILOTO, IMPLEMENTAÇÃO LEAN E PROPOSTA DE NOVA FERRAMENTA	67
6.1 INTRODUÇÃO.....	67
6.1.1 Desenvolvimento dos processos de identificação e implementação da Lean Construction	69
6.1.2 Observação dos processos e identificação de ferramentas em prática	71
6.1.3 Ferramentas a implementar no projeto-piloto.....	71
6.1.3.1 5S.....	72
6.1.3.2 Gemba Walks e Identificação de problemas, Análise das Causas Raiz (5W2H) e Relatórios A3	73
6.1.3.3 KPI's (Indicadores-Chave) e LPS.....	73
6.2 CASO DE ESTUDO – PROJETO-PILOTO	74

6.2.1	Análise de ferramentas já implementadas.....	75
6.2.2	Implementação de ferramentas de identificação, quantificação e resposta a desperdícios - Resultados	79
6.2.2.1	TQC e Root Cause Analysis.....	79
6.2.2.2	KPI's e PPC.....	83
6.2.2.3	5S.....	94
6.2.2.4	Relatório A3.....	99
6.3	IMPLEMENTAÇÃO LEAN – SEGUNDA FASE.....	99
6.3.1	5S	101
6.3.2	KPI's e PPC.....	103
6.3.2.1	Retrabalho	103
6.3.2.2	Desvio do tempo de obra.....	105
6.3.2.3	PPC.....	106
6.3.3	Relatórios A3 (Otimização do Planeamento Semanal de Betão)	111
6.3.4	Kanban Adaptado – Gestão e Controlo de Estaleiro	112
6.3.5	Heijunka (Linha de Balanço).....	114
6.4	MÉTODO KANTAN – PROPOSTA DE NOVA FERRAMENTA LEAN.....	116
7.	DISCUSSÃO, DESENVOLVIMENTOS FUTUROS E CONCLUSÕES	121
7.1	DISCUSSÃO.....	121
7.2	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	123
7.3	LIMITAÇÕES	124
7.4	CONCLUSÃO	124
7.4.1	Síntese de impactos e mais valias para a empresa e reflexão para o setor	126
ANEXOS.....		133
A.1	PPC DIÁRIO – PROJETO-PILOTO.....	1
A.2	RELATÓRIO A3	2
A.3	PPC – 2ªFASE DE IMPLEMENTAÇÃO	3

A.4 PLANEAMENTO SEMANAL DE BETÃO	4
A.5 PLANEAMENTO CONVENCIONAL – DIAGRAMA DE GANTT – “ESTRUTURAS”	5
A.6 LINHA DE BALANÇO – “ESTRUTURAS”	6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Notícia acerca da influência da metodologia <i>Lean Construction</i> [3]	2
Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e a <i>Lean Construction</i> [5]	5
Figura 3 - Fluxograma do Procedimento Geral.....	6
Figura 4 - Mapa de principais palavras-chave em artigos [6]	10
Figura 5 - Evolução das publicações anuais de artigos na Scopus relacionados com " <i>Lean Construction</i> " [6].....	11
Figura 6 - Contribuição dos principais autores de artigos relacionados com a " <i>Lean Construction</i> " [6]	12
Figura 7 - Paradoxo na construção - Qualidade, Custo e Tempo [36]	20
Figura 8 - Linha de produção de Henry Ford [42]	23
Figura 9 - A " <i>Toyota House</i> " [4].....	24
Figura 10 - Probabilidade de sinistros com morte - Aviação vs Condução vs Construção ([45], [46], [47])	28
Figura 11 - Modelo de Conversão - método tradicional da Indústria da Construção [2]	29
Figura 12 - "The BIM Curve" e a perda de informação no processo [48]	31
Figura 13 - Modelo de Processo da <i>Lean Construction</i> [2].....	34
Figura 14 - Exemplo prático do <i>Kanban</i> [4].....	42
Figura 15 - Os 5S [21]	43
Figura 16 - Exemplo de aplicação da LOB [4]	44
Figura 17 - Construção de alvenaria com processo uniforme - exemplo de Poka-Yoke [4].....	45
Figura 18 - Hierarquia do planeamento segundo o LPS [50],[33].....	48
Figura 19 - Ferramentas de resposta aos desperdícios (Adaptado de: [8], gerado com auxílio de ChatGPT)	52
Figura 20 - Percentagens de desperdício na construção e na manufatura (Traduzido de: [51])	55
Figura 21 - Familiarização das empresas com práticas <i>Lean</i> (Traduzido e adaptado de: [51]).....	56
Figura 22 - Eficiência do setor por nível de familiarização <i>Lean</i> (Traduzido e adaptado de: [51]).....	56
Figura 23 - Organograma da empresa (Editada com ChatGPT)	58
Figura 24 - Nº colaboradores da empresa que responderam ao inquérito e sua função	60
Figura 25 - Conhecimento da metodologia <i>Lean Construction</i>	60
Figura 26 - Conhecimento de ferramentas <i>Lean</i>	61
Figura 27 - Eficiência do setor tendo em conta o conhecimento da metodologia <i>Lean</i>	62
Figura 28 - Fluxograma de implementação do projeto-piloto na empresa	70
Figura 29 - Uso de alcatifa para proteção de piso em betão armado à vista (TQC, <i>Seiketsu</i> e <i>Poka-Yoke</i>)	76
Figura 30 - Folha de planeamento semanal para fornecimento de betão (Relatórios A3)	76

Figura 31 - Distribuição de informação acerca de Betonagem e Restrição de circulação em Obra (Controlo Visual)	77
Figura 32 - Referência a marcação de betonagens após reunião com subempreiteiros (Planeamento Colaborativo)	78
Figura 33 - Presença de bolhas na superfície do betão.....	80
Figura 34 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> - Vazios superficiais no betão	80
Figura 35 - Resultado da betonagem após a alteração das dimensões dos agregados (D16 para D22)	81
Figura 36 - Resultado da betonagem sem óleo descofrante	82
Figura 37 - Quantidade de óleo aplicada na cofragem em obra	82
Figura 38 - Quantidades de óleo de referência a aplicar em cofragem [31]	82
Figura 39 - Superfície de pilares com betão de maior classe de abaixamento	83
Figura 40 - Retrabalho para reparação da superfície de betão à vista	85
Figura 41 - Planeamento Diário de tarefas e Desenvolvimento – Projeto-Piloto (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo 0)	90
Figura 42 - Gráfico da Evolução do PPC diário no Projeto-Piloto	92
Figura 43 – Planeamento Semanal das tarefas com base no planeamento diário – Projeto-Piloto	92
Figura 44 - Evolução do PPC Semanal - Projeto-Piloto	93
Figura 45 - Separação dos resíduos para recolha	96
Figura 46 - Organização do estaleiro sem identificação de materiais	97
Figura 47 - Limpeza das vias de circulação	97
Figura 48 - Fluxograma da segunda fase de implementação <i>Lean</i>	100
Figura 49 - Desenvolvimento do pilar <i>Seiton</i>	102
Figura 50 - Identificação de condicionante de acessos à obra	102
Figura 51 – Percentagem de retrabalho em Obra - 2ªFase de Implementação	104
Figura 52 - Desvio do tempo de obra - 2ªFase de Implementação	106
Figura 53 - Evolução do PPC diário - 2ªfase de implementação	107
Figura 54 - Evolução do PPC Semanal - 2ªFase de Implementação	110
Figura 55 - Quadro de Planeamento de Tarefas.....	110
Figura 56 - Planeamento semanal de pedidos de betão com melhorias (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.4)	111
Figura 57 - Quadro <i>Kanban</i> Adaptado	114
Figura 58 - Planeamento das tarefas - Diagrama de Gantt (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.5)....	115
Figura 59 - Linha de Balanço - Planeado vs. Efetuado (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.6)	115

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de Revisão Bibliográfica consultada	12
Quadro 2 - Existência dos 7+1 desperdícios na construção.....	32
Quadro 3 - Matriz de Desperdícios	33
Quadro 4 - Modelo de produção TFV [13][49][23]	35
Quadro 5 - Vantagens e Desvantagens da aplicação do JIT [4]	39
Quadro 6 – Algumas das metodologias e ferramentas do TQC [2]	40
Quadro 7 - 5W2H - Questões e Objetivos [4]	46
Quadro 8 - Estrutura do <i>Lean Thinking</i> [17].....	50
Quadro 9 - Âmbito das questões colocadas em inquérito	59
Quadro 10 - Ações de implementação <i>Lean</i> (Traduzido e adaptado de: [36]).....	68
Quadro 11 - Ações de implementação <i>Lean</i> específicas	69
Quadro 12 - Ferramentas a implementar no Projeto-Piloto [21]	72
Quadro 13 - Fórmulas de Cálculo dos KPI's do Projeto-Piloto [29]	74
Quadro 14 - KPI's adaptados ao Projeto-Piloto	84
Quadro 15 - Controlo diário de trabalhadores e horas de retrabalho – Projeto-Piloto	85
Quadro 16 - Contabilização do indicador - Retrabalho.....	86
Quadro 17 - Tempo gasto com fornecedores por semana	87
Quadro 18 - Quantificação do KPI “Desvio do Tempo de Obra” sem alteração do tempo.....	88
Quadro 19 - Quantificação do desvio do tempo da obra	89
Quadro 20 - PPC Diário – Projeto-Piloto.....	91
Quadro 21 - Avaliação percentual da metodologia 5S	94
Quadro 22 - Classificação global da ferramenta 5S em casos de estudo	96
Quadro 23 - Ferramentas para implementação <i>Lean</i> – Segunda Fase	101
Quadro 24 - Nova classificação <i>Lean</i> do estaleiro.....	103
Quadro 25 - Controlo diário de trabalhadores e horas de retrabalho – 2ªFase de Implementação....	104
Quadro 26 - Avaliação do KPI "Desvio do Tempo de Obra"	105
Quadro 27 - Planeamento Diário de tarefas e Desenvolvimento – 2ªFase de Implementação (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.3).....	106
Quadro 28 - PPC diário - 2ªfase de Implementação	107
Quadro 29 - Causas de tarefas "Não Executadas/Suspensas"	108
Quadro 30 - Planeamento Semanal das tarefas com base no planeamento diário - 2ªfase de Implementação	109
Quadro 31 - Definição de limites para fornecimentos	112
Quadro 32 - Fases de implementação - Método <i>Kantan</i>	116
Quadro 33 – Método <i>Kantan</i> : Comparativo entre ladrilho cerâmico e flutuante	117
Quadro 34 - Método <i>Kantan</i> : Estudo de soluções de impermeabilização para coberturas verdes....	119

Quadro 35 - Síntese da aplicação de ferramentas *Lean* e resultados obtidos com a dissertação..... 122

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo da Percentagem de Planeamento Concluída [33].....	6
Equação 2 - Cálculo da média ponderada para o Grupo S/ Conhecimento <i>Lean</i> (21 respostas)	6
Equação 3 - Cálculo da média ponderada para o Grupo C/ Conhecimento <i>Lean</i> (3 respostas)	63
Equação 4 - Percentual de tempo reativo face ao planeamento semanal	87
Equação 5 - Alteração da fórmula do KPI “Desvio Absoluto”	89
Equação 6 - Variante do KPI - Desvio Contratual.....	89
Equação 7 - Cálculo da percentagem de implementação da ferramenta 5S em obra	95

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AICCOPN	Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas
IAPMEI	Agência para a Competitividade e Inovação, I.P.
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
KPI's	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores-chave)
JIT	<i>Just-in-Time</i>
LOB	<i>Line of Balance</i> (Linha de Balanço)
LPS	<i>Last Planner System</i>
M.O.	Mão de Obra
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
PPC	Percentagem de Planeamento Concluído
PTPC	Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
TFV	Transformação, Fluxo, Valor (Transformation, Flow, Value)
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
WWP	<i>Weekly Work Plan</i>
D(16)	Dimensão máxima do agregado (16mm)
Dur_ef_obra	Duração Efetiva da Obra
Dur_est_obra	Duração Estimada da Obra
Dur_est_total	Duração Estimada Total
Eq.	Equipamento
Mat.	Material
Ref ^a	Referência
UC	Unidade(s) Curricular(es)

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO E PROBLEMÁTICA

A indústria da construção apresenta problemas crónicos, com origem na baixa produtividade em comparação com a restante indústria, que dão origem a derrapagens no custo e prazo transversais à quase totalidade dos empreendimentos. Para além disso, existe outra problemática que assenta nos desperdícios da construção que será o foco da dissertação. A indústria enfrenta na atualidade vários problemas relacionados com a sustentabilidade dos seus processos e procedimentos. Correntemente, fala-se acerca da poluição gerada com os resíduos, mas poucas vezes se referem outros desperdícios que impactam toda a sociedade.

Dentro desses desperdícios enquadram-se questões como o retrabalho que provoca perdas tanto de materiais como de tempo e mão de obra que, consequentemente, leva à alteração dos custos e prazos das obras inicialmente definidos. Outros tipos de desperdícios focam-se essencialmente em aspetos logísticos: a gestão de inventários, o transporte desnecessário extra obra e dentro do próprio estaleiro, com a movimentação desnecessária dos operários, gera tempos de espera que acabam por ser integrados nos desperdícios a serem evitados na construção e que são dificilmente alvo de avaliação dada a dificuldade de quantificação.

Segundo um estudo elaborado no Reino Unido, tendo em conta os custos de uma obra, pode-se dividir a mesma em: cerca de 30% representa retrabalho, os acidentes apresentam uma expressividade entre 3% a 6% e 10% em materiais que são desperdiçados. Assim, o desenvolvimento da construção resulta em apenas 40% a 60% do total de custos associados a um empreendimento. Na Austrália a realidade é ainda mais preocupante na medida em que o retrabalho representa cerca de 35% dos custos. [1]

O principal problema associado à geração de desperdícios não ocorre de forma inata. Desenvolve-se em consequência de um processo de construção e de gestão antiquado, que se baseia no “modelo de conversão” no qual o foco passa apenas por completar as tarefas ignorando todos os outros fatores como os fluxos de trabalho. Geram-se, desta forma, os desperdícios apresentados anteriormente. A solução poderá estar numa metodologia designada por *Lean Construction*. [2]



Figura 1 - Notícia acerca da influência da metodologia *Lean Construction* [3]

A *Lean Construction* é uma metodologia não originária da construção que teve uma adaptação da *Lean Production* desenvolvida por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, na indústria automóvel, com a criação do *Toyota Production System*, no Japão no pós-segunda guerra mundial. Este sistema de produção, ao contrário do que se praticava nos Estados Unidos da América na *Ford Motor Company*, que apresentava um sistema de produção em massa, foca-se em técnicas como a transição de paradigma passando de um sistema *push* para um sistema *pull*, focado no cliente e em responder às necessidades do mesmo com a criação real de valor, eliminando tudo o que é desperdício. [4]

A transposição para o setor da construção iniciou-se aquando da publicação de Lauri Koskela, em 1992, que evidenciou a transição anteriormente mencionada do modelo de produção de conversão para o modelo de processo da *Lean Construction*. Para além disso e após essa publicação, em 2000 e 2002, o mesmo autor propôs ainda outra metodologia complementar baseada num ciclo tripartido da construção designado por teoria TFV que tem como cerne a transformação, o fluxo e o valor a colocar na gestão de uma obra. [2]

A motivação de desenvolvimento e proposta de solução para esta temática centra-se na convivência e observação do contexto real das obras e pela verificação que, de facto, existem problemas que podem ser evitados através da implementação de uma nova visão global do processo de produção. A exposição do processo foi feita com maior clareza em aulas de Qualidade da Construção, UC do primeiro ano do Mestrado em Engenharia Civil, nas quais houve a perceção que a *Lean Construction* pode ser uma possibilidade de resposta a estas necessidades de mudança. Essa motivação ganhou mais força quando, durante uma visita de estudo no âmbito da UC de Direção de Obras e Segurança a uma obra se verificou que a empresa apresentava no seu seio já algumas das ferramentas propostas neste modelo de pensamento. Verificou-se que esta metodologia pode ser uma realidade comum nas empresas na medida em que apresenta em vista o aumento da eficiência, organização e produtividade da empresa.

1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O presente documento constitui uma dissertação como condição para conclusão e obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ramo em Construções, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Todo o processo de desenvolvimento foi feito a par com a empresa especializada em construções civis públicas e privadas anorte – Construção e Engenharia. A integração destas ferramentas nos processos e procedimentos da empresa possibilita, não apenas verificar a aplicabilidade das mesmas na empresa, mas também assumir a sua vasta exequibilidade em todo o mercado de construção associado à produção.

O principal e central objetivo do trabalho passa por apurar, se, de facto, a *Lean Construction* poderá ser aplicada a empresas, as quais não se encontram familiarizadas com a metodologia, de que forma poderá ocorrer essa integração num caso de estudo e se existe, posteriormente, a possibilidade de transpor o conhecimento da obra à globalidade da empresa.

Para isso, é necessário definir objetivos específicos que auxiliem a realização da investigação e colocação em prática do tipo de ferramentas, que melhor se adequam à origem das problemáticas encontradas. São eles:

- Definir o caso de estudo adequado para implementação *Lean*.
- Reconhecer, tipificar e quantificar os desperdícios: diagnosticar causas-raiz dos desperdícios em obra, tais como identificação de erros, falhas na comunicação, más execuções ou materiais defeituosos.
- Identificar ferramentas propostas na metodologia *Lean* implementadas de forma empírica sem qualquer conhecimento dos métodos.
- Acompanhar a evolução da obra e avaliar a produtividade no caso de estudo com recurso a elementos de projeto e ferramentas como o LPS e PPC.
- Proposta de estratégias de mitigação: definir e aplicar práticas *Lean* ao contexto da obra e do estaleiro de modo a identificar e prevenir erros e desperdícios.
- Avaliar os resultados da implementação das ferramentas *Lean* e o maior conhecimento que as mesmas propiciam à empresa para maior conhecimento da sua obra.

Todos estes objetivos procuram responder às seguintes questões (*Research Questions*):

- De que forma é que as ferramentas *Lean* poderão atuar na prevenção da ocorrência de retrabalhos e desperdícios e quais os seus impactos na organização do estaleiro?

- Será a *Lean Construction* realmente aplicável ao contexto de médias e pequenas empresas em Portugal?

1.3 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO NA SOCIEDADE

A metodologia *Lean* não influencia apenas o setor da construção. A implementação da mesma gera resultados expressivos em todas as vertentes da sociedade. Em primeiro lugar, *Lean* é construir com menos produção de desperdícios. Desperdícios esses que integram tanto resíduos sólidos, os ditos resíduos de construção e demolição como, por exemplo, a questão dos retrabalhos. Com a diminuição da produção dos mesmos, a indústria desenvolverá padrões de sustentabilidade, afetando de forma positiva a sociedade, dado ser um dos setores onde a contribuição para a poluição é considerável.

Lean é também construir mais rápido, logo o desenvolvimento e aplicação destas ferramentas possibilita auxiliar a resposta à elevada necessidade de habitação no nosso país. Para além de construir mais rápido um dos princípios *Lean* é construir com menos erros, ou seja, gerar edifícios com uma maior qualidade e à primeira. É uma filosofia de trabalho que profissionaliza o setor e consequentemente os seus entregáveis e a sua reputação no conjunto das indústrias.

Todas estas relações influenciam nomeadamente o custo da habitação: construção mais rápida, com menos erros, mais sustentável, com maior produtividade, propicia construção mais barata e com maiores investimentos por parte das entidades públicas, nomeadamente, de governos respondendo, assim, às necessidades da sociedade em geral.

A *Lean Construction* é também uma forma da indústria da construção caminhar a par com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A integração da mesma ocorre na medida em que se garante inovação na indústria, dado ser uma prática ainda pouco considerada no meio, com resultado em cidades e comunidades mais sustentáveis, dada a redução dos desperdícios de todas as origens.



Figura 2 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e a *Lean Construction* [5]

Assim, pode-se verificar que esta forma de pensar está em linha com o ODS 9 relativo à “Indústria, Inovação e Infraestrutura” e com o ODS 11 “Cidades e Comunidades Sustentáveis”.

1.4 PROCEDIMENTO

Inicialmente e após a exploração de todos os conceitos teóricos relacionados com a metodologia proposta por Koskela, é necessário atuar no cerne da empresa através de um caso de estudo e perceber de que forma se encontra familiarizada com a metodologia *Lean*. Posteriormente, deve-se desenvolver uma implementação em obra de ferramentas *Lean* de auxílio à resolução de problemas e verificar a sua aceitação. Após a identificação dos desperdícios em obra e das condições do empreendimento, mostra-se a aplicação de novas ferramentas e indicadores, que permitam caracterizar e estudar a evolução da obra, de modo que a seleção de metodologias *Lean* se apresente como a mais correta. Por fim estas ferramentas devem ser postas em prática e avaliadas quanto ao resultado gerado, quer em termos de resolução dos problemas existentes, como também na organização do estaleiro. No final e com o objetivo de auxiliar e responder a um dos problemas transversais ao setor, desenvolve-se o princípio de uma nova ferramenta *Lean*. O procedimento mostrado anteriormente pode ser especificado e resumido no fluxograma geral de tarefas apresentado na Figura 3.

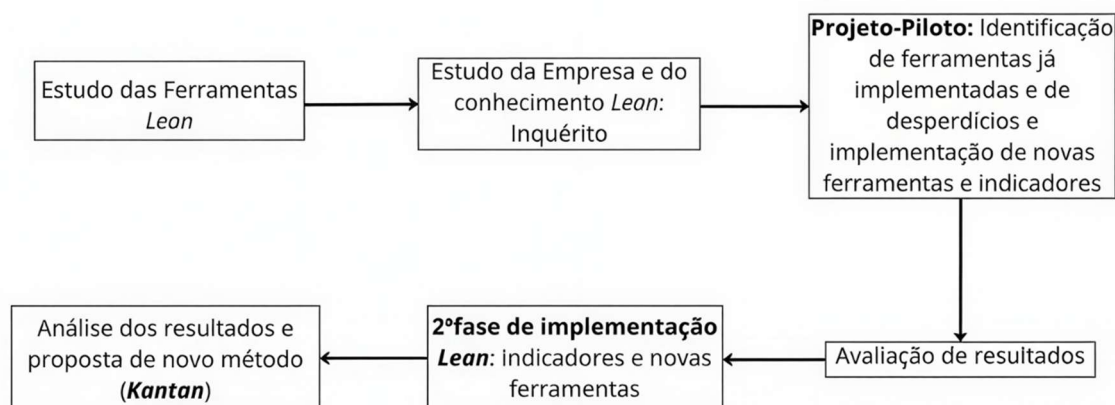


Figura 3 - Fluxograma do Procedimento Geral

1.5 MÉTODO CIENTÍFICO

A presente dissertação constitui um documento científico que tem como base o método científico. Este método apresenta várias etapas que serão também elas desenvolvidas ao longo da dissertação que se focam em: Observação e Problemática, Perguntas, Hipótese, Previsão, Aplicação Prática, Análise de Resultados e Conclusão. Transpondo estas etapas para o documento e temática em causa temos:

- **Observação:** Existência de desperdícios que influenciam o setor da construção.
- **Perguntas:** De que forma se podem evitar esses desperdícios? Quais os desperdícios que impactam mais o setor e qual a influência dos mesmos?
- **Hipótese:** *Lean Construction* como possibilidade de resposta.
- **Previsão:** Mitigação dos desperdícios e melhorias nos processos e procedimentos de uma empresa.
- **Aplicação prática:** Verificação numa empresa de construção (anorte – Construção e Engenharia) a aplicabilidade prática das ferramentas *Lean* ao longo da execução de um empreendimento.
- **Análise de Resultados:** Medição através de ferramentas e indicadores se a metodologia aplicada impacta na organização e gestão do estaleiro de obras e previne erros em casos futuros.
- **Conclusão:** Avaliação da facilidade, transversalidade da metodologia *Lean* ao restante setor da construção.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento divide-se em sete capítulos: “Introdução”, “Estado da Arte”, “A Origem da Metodologia”, “*Lean Construction*”, “Enquadramento da Empresa e Inquérito de Contextualização *Lean*”, “Projeto-Piloto, Implementação *Lean* e Proposta de Nova Ferramenta” e “Discussão, Desenvolvimentos Futuros e Conclusões” sintetizados de seguida.

- **Capítulo 1 – Introdução:** aborda o enquadramento teórico e a problemática identificando quais os desperdícios do setor, uma possibilidade de resposta que é a *Lean Construction* e um breve resumo sobre a origem desta metodologia, apresentando ainda o princípio e a motivação para o desenvolvimento desta temática. Apresentação de duas *research questions*.

- **Capítulo 2 – Estado da Arte:** pesquisa de artigos, documentos, textos e livros de apoio à elaboração da dissertação e exploração de conceitos basilares.
- **Capítulo 3 - A Origem da Metodologia *Lean Construction* – *Lean Production* e a Indústria Automóvel:** neste capítulo é abordada a origem da metodologia *Lean*, desde a Produção em Massa de Henry Ford, à *Lean Production* e o TPS explicando os princípios e o contexto de cada uma das metodologias. Abordagem aos desperdícios transversais às indústrias.
- **Capítulo 4 – *Lean Construction* – A indústria da Construção Limpa:** O surgimento da *Lean Construction*, isto é, a transposição para o setor da construção do conceito de *Lean Production* com a publicação do documento “*Application of the new production philosophy to construction*” por Koskela, em 1992. Análise dos vários modelos de produção e das ferramentas propostas na publicação.
- **Capítulo 5 – Enquadramento da Empresa e Inquérito de Contextualização *Lean*:** Caracterização da empresa de acolhimento e elaboração de um inquérito para verificação do conhecimento *Lean*.
- **Capítulo 6 – Projeto-Piloto, Implementação *Lean* e Proposta de Nova Ferramenta:** Avaliação de ferramentas *Lean* já implementadas, mesmo sem conhecimento. Aplicação de novas ferramentas e exploração e análise de resultados. Demonstração de uma nova ferramenta *Lean* como resposta a um dos problemas do setor: a falta de mão de obra qualificada.
- **Capítulo 7 – Discussão, Desenvolvimentos Futuros e Conclusões:** Análise ao contexto geral do setor observado ao longo do caso de estudo e constatação das principais conclusões quanto às práticas *Lean*. Resposta às *Research Questions* presentes na introdução e análise da aplicabilidade ao setor na sua globalidade.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 INTRODUÇÃO

O objetivo do presente capítulo está relacionado com a melhoria e necessidade de pesquisa de conhecimento relativamente à temática proposta. Os principais motores de pesquisa utilizados para efetuar a mesma focaram-se essencialmente em bases como *Scopus*, *WebOfScience*, *ResearchGate* e ainda *ScienceDirect* nas quais foram identificados os artigos e textos relevantes relacionados com a *Lean Construction* e a forma como esta metodologia poderá impactar a indústria da construção. Utilizou-se ainda, como motor de pesquisa, o Repositório Aberto da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no qual se identificaram dissertações de mestrado e de doutoramento anteriormente elaboradas por colegas da área da Engenharia Civil e de outras áreas da Engenharia.

2.2 PALAVRAS-CHAVE

Tendo como base os artigos publicados pelo *Scopus*, tendo em conta a palavra-chave “*Lean Construction*” e os artigos limitados à engenharia esta pesquisa resultou na verificação da existência de 1460 artigos. Não houve limitação no tempo dado que a origem da metodologia em causa remonta aos anos 80 com o desenvolvimento aplicado à indústria automóvel com a invenção da *Lean Production* no setor de produção da Toyota. Desta forma, com a exportação das palavras-chave presentes nos artigos, com uma correlação de presença de pelo menos 40 artigos e com a disposição das 30 palavras fornecidas pelo *VOSViewer* resulta o seguinte mapa:

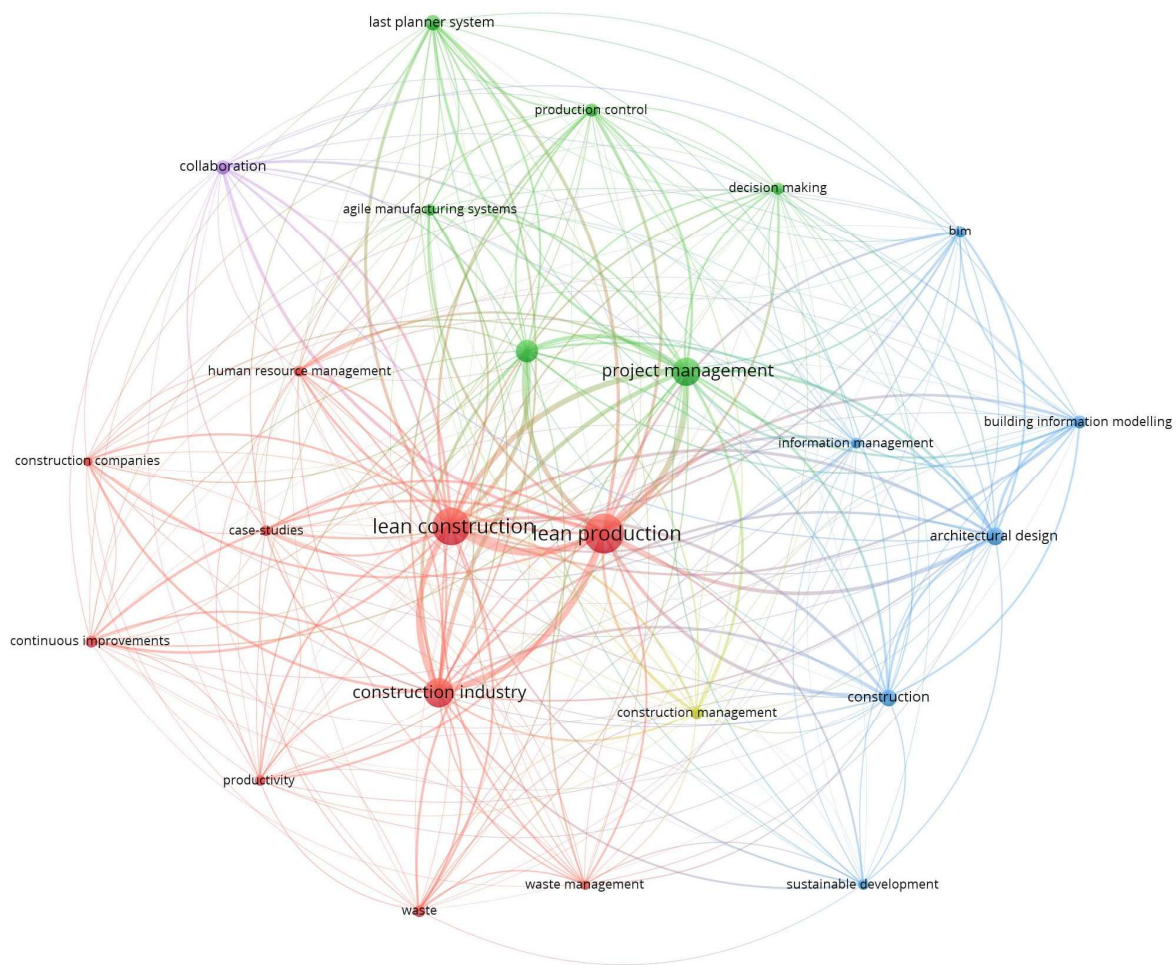


Figura 4 - Mapa de principais palavras-chave em artigos [6]

De entre as palavras-chave demonstradas no mapa destacam-se “*Lean Production*”, que ocorre em 829 artigos está na base do *Lean Thinking* e da metodologia “*Lean Construction*”, sendo esta a segunda palavra-chave mais presente, em cerca de 729 artigos e uma das características do presente documento. De seguida, com menor expressividade apresentam-se palavras como “*Project Management*” e “*Construction Industry*”, que se apresentam em cerca de 400 artigos. Outras palavras assumidas chave no início deste documento como “*lean principles*”, “*waste*”, “*sustainability*” e “*productivity*” ocorrem de forma direta também neste mapa ou poderão ser absorvidos em algum dos conceitos presentes no mesmo.

2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E BIBLIOMETRIA

O desenvolvimento e a aplicação da metodologia *Lean* no setor da construção e nos restantes verificam-se também no número de publicações de artigos na base *Scopus* em linha cronológica. Estudando as mesmas ano a ano desde o início das publicações disponibilizadas pela base que remete a 1990 demonstra-se a seguinte evolução:

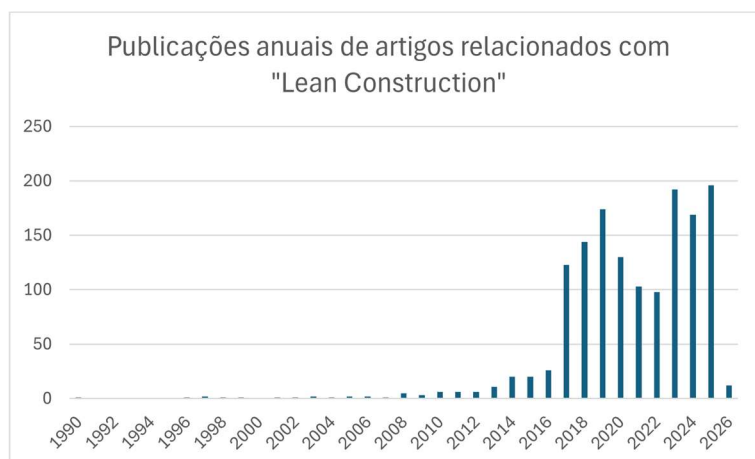


Figura 5 - Evolução das publicações anuais de artigos na Scopus relacionados com “*Lean Construction*” [6]

A maior densidade de publicações apresenta-se a partir do ano de 2017, coincidindo com a maior proliferação da metodologia na indústria da construção ao redor do mundo, nomeadamente nos Estados Unidos da América, Reino Unido e Brasil. Apesar de algumas oscilações, o volume de estudos mantém-se elevado, evidenciando a consolidação da temática como uma área relevante de investigação. O crescimento recente poderá estar relacionado com a integração da *Lean Construction* com tecnologias e abordagens emergentes, como o BIM, a digitalização e a sustentabilidade.

Para complementar a análise bibliométrica, procedeu-se à identificação dos autores com maior contribuição para o desenvolvimento da área. Esta avaliação permite compreender quais os investigadores que mais influenciaram a evolução do conhecimento associado à *Lean Construction* e que desempenharam um papel fundamental na disseminação dos seus princípios e aplicações. Destacam-se Olli Seppänen, com 66 artigos publicados, e Lauri Koskela, com 45 publicações, sendo este último amplamente reconhecido como um dos principais responsáveis pela fundamentação teórica da metodologia *Lean Construction*.

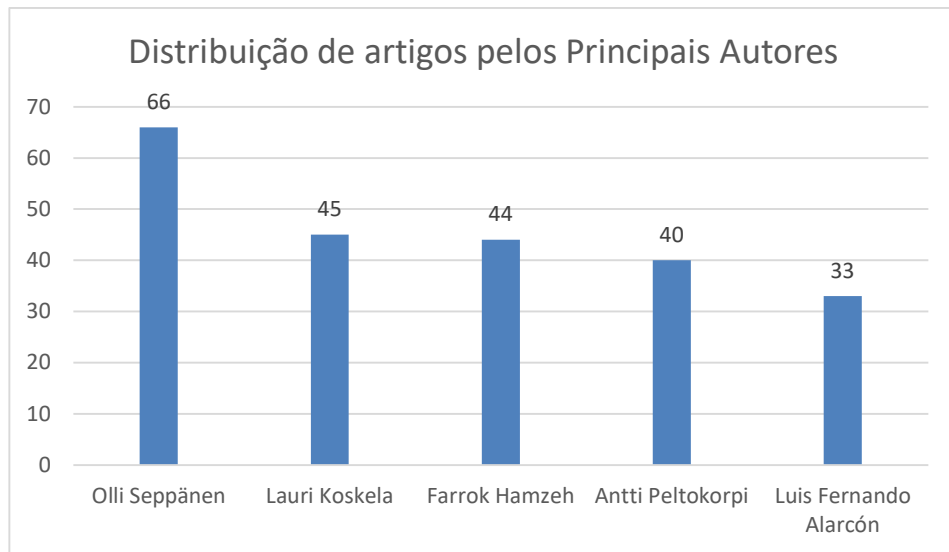


Figura 6 - Contribuição dos principais autores de artigos relacionados com a "*Lean Construction*" [6]

De referir que esta análise foi elaborada com os artigos publicados na Scopus até ao dia 19 de fevereiro de 2026.

Para o apoio literário no desenvolvimento da presente dissertação, foram consultados os artigos, textos, dissertações de mestrado, teses de doutoramento, apresentações de aulas de UCs e livros apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Lista de Revisão Bibliográfica consultada

Ref. ^a	Título	Autor(es)	Ano	Contexto
[7]	<i>Applying lean thinking in construction and performance improvement</i>	Ramon Fayek Aziz, Sherif Mohamed Hafez	2013	Demonstração de conceitos teóricos aplicados à realidade da construção Quantificação do desperdício (retrabalhos) Uso e importância da ferramenta <i>LPS</i> no planeamento 57% do tempo na construção remete-se a desperdício

[8]	<i>Application of lean techniques and tools in the precast concrete manufacturing for sustainable construction: A critical review</i>	Agana Parameswaran, Vivian Wy. Tam, Linna Geng, Khoa N. Le	2025	Associação dos desperdícios às ferramentas <i>Lean</i> de “combate” Apresentação de um quadro resumo onde se verificam os impactos da aplicação das ferramentas com base em artigos e textos de outros autores.
[9]	<i>Verification of Lean Construction Benefits through Simulation Modeling: A Case Study of Bricklaying Process</i>	S. Alireza Abbassian-Hosseini, Amin Nikakhtar, Parviz Ghoddousi	2014	Aplicação da metodologia <i>Lean</i> a um contexto micro da construção: assentamento de alvenarias Investigação feita com base em modelos computacionais e determinação do tempo desperdiçado na tarefa
[10]	<i>Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study</i>	Piotr Nowotarski, Jerzy Paslawski, Jakub Matyja	2016	Uso de ferramentas <i>Lean</i> como JIT e 5S para a organização do estaleiro. Quantificação do desperdício gerado antes da atuação.
[11]	<i>Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique</i>	Subhav Singh, Kaushal Kumar	2019	Revisão da literatura existente até 2018 Vasta aplicabilidade prática do LPS e JIT Escassez de aplicação das restantes ferramentas <i>Lean</i>
[12]	<i>Application of lean manufacturing in construction management</i>	Filipe d'S. Aureliano, Ariellen Ap. F. Costa, Ivan F. Júnior, Roger A. Rodrigues	2019	Aplicabilidade das ferramentas <i>Lean</i> em casos práticos de obras Fatores de resistência ao <i>Kaizen</i> Formas de responder a esses fatores de resistência Resultados da implementação das formas de resposta
[13]	<i>Managing The Three Aspects Of Production In Construction</i>	Sven Bertelsen, Lauri Koskela	2002	Metodologia TFM Apoio em casos de observação reais
[14]	<i>What Is Lean Construction: Another Look - 2018</i>	Alan Mossman	2018	Significado de <i>Lean</i> para a sociedade técnica Universalização do conceito <i>Lean</i>

[15]	<i>The Seven Deadly Wastes of Logistics: Applying Toyota Production System Principles to Create Logistics Value</i>	Joel Sutherland, Bob Bennett	2007	Identificação dos sete desperdícios da indústria Formas de gestão para evitar os desperdícios
[16]	<i>Gestão de obras: Lean Construction</i>	Alberto Bernardo da Silva Junior, Ivanise Franco Pereira	2022	Síntese da teoria <i>Lean</i> Aplicação direta em obras Ferramentas e modelos a aplicar para implementar a <i>Lean Construction</i>
[17]	<i>Lean Construction</i>	Paula Fonseca Arantes, Jorge Moreira da Costa	2008	Origem da <i>Lean Construction</i> : <i>Lean Production</i> , o TPS, pilares, princípios e ferramentas <i>Lean Thinking</i> Modelos de Produção: Conversão e <i>Lean Construction</i> Princípios da <i>Lean Construction</i> Aplicabilidade prática na gestão de projetos e ferramentas
[18]	<i>IMPROVING WORK FLOW RELIABILITY</i>	Glenn Ballard	1999	Uso do PPC Modelo de Definição de Atividade
[19]	<i>Shielding Production: An Essential Step in Production Control</i>	Glenn Ballard, Gregory Howell	1998	Princípios associados à qualidade do WWP
[20]	<i>Aligning Near and Long Term Planning for LPS Implementations: A Review of Existing and New Metrics</i>	Samir Emdanat, Marcelo Azambuja	2016	Limites para o PPC
[21]	<i>Guia Prático – Lean na Construção</i>	Álvaro Vale e Azevedo, Ana Paula Aguiar, António Aguiar Costa, entre outros	2016	Princípios teóricos associados à <i>Lean Construction</i> Forma de implementação e mudanças geradas Fichas técnicas
[22]	<i>Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas</i>	Eduardo Luís Isatto, Carlos Torres Formoso,	2000	Relação entre fluxo de materiais e trabalho

	para o Controle de Perdas na Construção Civil	Cláudia Monteiro de Cesare		Princípios da <i>Lean Construction</i>
[2]	<i>Application of the New Production Philosophy to Construction</i>	Lauri Koskela	1992	Transposição da <i>Lean Production</i> para a <i>Lean Construction</i> Barreiras à implementação Ferramentas para aplicar e modelos a seguir para aplicar a metodologias
[23]	<i>Lean Construction – Filosofia e Metodologias</i>	Paula Cristina Fonseca Gonçalves Arantes	2008	Conceitos associados à <i>Lean Construction</i> Estudo do caso nacional Peculiaridades da construção Modelo de “Construção Racional”
[24]	<i>Lean Construction na Norlabor – Engenharia e Construção, SA</i>	Ricardo Rafael Dinis de Sousa Ferreira	2010	Princípios para eliminação de desperdícios Otimização da realidade da construção através de ferramentas de planeamento Casos práticos e avaliação quantitativa de resultados
[25]	<i>Lean Construction: Proposta de Metodologia de Avaliação de Projetos de Construção</i>	Jorge Manuel Fonseca Pinto	2012	Forma prática de avaliar a aplicabilidade das ferramentas <i>Lean</i> : matrizes de maturidade, questionários ou grelhas de auditoria Especificação dos exemplos, formas de diagnóstico, objetivos de medição, âmbito das análises e descrição de indicadores
[26]	<i>A Lean Construction e a Gestão Económica de Empreitadas</i>	Mário Emílio Brás Babo	2017	Práticas de controlo de custos: orçamentação, reorçamentação e atualização económico mensal.
[27]	<i>Construção Lean Desenvolvimento de um Guia de Diagnóstico para Empresas Construtoras</i>	Eduardo Filipe Da Silva Campos	2017	Tradução e adaptação de conceitos em parâmetros mensuráveis Descrição do problema, da proposta de resolução <i>Lean</i> e medição do “Nível de Impacto”
[28]	<i>Aplicação de Estratégias Lean em Obra e a Resistência à Mudança – Um Caso De Estudo</i>	Francisco Xavier Mendes Cunha	2017	Resistência à mudança pelos operacionais Inquérito a profissionais após implementação <i>Lean</i> Motivos que dificultam a implementação <i>Lean</i> Avaliação do fator humano

[29]	<i>Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção</i>	João Pedro Cunha Pinheiro	2011	Principais KPI's aplicados à construção em vários países
[30]	<i>Lean Construction em Portugal</i>	Nelson Luís Sampaio Peneirol	2007	Implementação do LPS em Portugal
[31]	<i>Manual de controlo de Qualidade para Betão à Vista</i>	Álvaro Diogo da Silva Nunes	2013	Principais causas para aparecimento de vazios nas superfícies de betão à vista
[32]	<i>O Desafio Lean nas Empresas de Construção – Como Atingir a Excelência na Maturidade e na Implementação</i>	Carlos Alexandre Martiniano do Amaral Mourão	2023	Gestão do Conhecimento e aprendizagem operacional como pilares da mudança Modelo de avaliação de maturidade <i>Lean</i> Guia de implementação prática da <i>Lean Construction</i>
[33]	<i>The Last Planner System of Production Control</i>	Glenn Ballard	2000	Desenvolvimento da metodologia LPS e indicador PPC
[4]	<i>Lean Production + Lean Construction</i>	Jorge Moreira da Costa	2025	Informação teórica basilar Casos práticos que facilitam a interpretação dos conceitos teóricos
[34]	<i>Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation</i>	James P. Womack, Daniel T. Jones	2003	Cinco princípios base da <i>Lean Production</i>
[35]	<i>The Machine That Changed the World</i>	James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos	2007	Origem da <i>Lean Production</i> e do TPS Ascensão da metodologia <i>Lean</i> Processos e procedimentos associados Posição do cliente na linha de produção
[36]	<i>Lean Construction: Las 10 claves del éxito para su implementación</i>	Juan Felipe Pons, Iván Rúbio	2021	Demonstração dos desafios da <i>Lean Construction</i> Identificação das “10 chaves de êxito” para a sua implementação

[37]	<i>Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System</i>	Juan Felipe Pons, Iván Rúbio	2019	Aplicabilidade prática do LPS Associação ao Kaizen Necessidade de um ambiente de planeamento colaborativo
------	---	------------------------------	------	---

2.3.1 Bibliografia Líder

Para complementar a análise bibliográfica atrás identificada é de salientar a bibliografia que se considera ser líder neste trabalho, isto é, os documentos de maior importância para o desenvolvimento da base da presente dissertação. Da lista anterior são considerados, portanto, como bibliografia líder o artigo de Koskela designado por “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” e o texto desenvolvido no âmbito da Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção: “*Guia Prático – Lean na Construção*”.

2.3.1.1 “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” [2]

O documento pioneiro que deu origem à *Lean Construction*. Elaborado por Lauri Koskela, o “pai” da metodologia *Lean* aplicada à construção, demonstra toda a evolução desta forma de pensamento desde a sua origem, assente na *Lean Production* e no TPS (*Toyota Production System*), à necessidade e forma de transposição para o contexto da construção. Especifica as diferenças e adversidades que impossibilitam a implementação direta do modelo proposto por Taichii Ohno na indústria automóvel. Propõe uma crítica ao modelo tradicional da construção no qual ocorre apenas a otimização das atividades de transformação desconsiderando por completo as atividades de fluxo. Apresenta, em fase embrionária o que mais tarde se considerou como uma teoria (TFV) obrigatória para a implementação da metodologia *Lean* na construção.

2.3.1.2 “Guia Prático – Lean na Construção” [21]

Um documento mais recente e de cariz governamental, o “*Guia Prático – Lean na Construção*”, elaborado pela Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção apresenta uma introdução teórica onde são conhecidos os conceitos e ferramentas definidas pelo pioneiro Koskela e, posteriormente, desenvolvidas e melhoradas por outros autores. Organiza-se através de respostas a questões que representam os capítulos e que se adequam, 10 anos após a sua publicação, ao contexto do setor da construção dos dias de hoje. Respostas a questões relacionadas com os recursos necessários para a implementação desta metodologia, tipologia de recursos a utilizar, a forma de aplicação e como alterar a cultura organizacional são algumas das utilidades apresentadas ao longo do desenvolvimento do documento.

Uma ferramenta explorada e demonstrada neste texto e que será alvo de investigação e colocação em prática numa fase posterior da presente dissertação são as fichas técnicas que demonstram a implementação das ferramentas *Lean* ao setor.

2.4 SÍNTESE DE CONCEITOS

Para se perceber o desenvolvimento da dissertação, é importante realçar os conceitos basilares que estão na base da temática proposta. É assumido que o leitor conhece os conceitos mais básicos (como obra, indústria, entre outros), pelo que apenas irão ser explorados os de facto relevantes e que possam apresentar disparidades de significado para vários autores. Dar nota que a revisão de conhecimento será alvo de exposição no Capítulo 3, Capítulo 4, Capítulo 5 e Capítulo 6.

2.4.1 Produtividade e Eficiência

Com base na dissertação [23] da autoria de Paula Arantes, o significado de **produtividade** teve origem no setor económico com o emprego de “capacidade de produzir”. Em 1950, também com origem económica, mais propriamente na Comissão Económica Europeia, o conceito de produtividade obteve uma definição formal: “quociente produzido pela divisão do produzido (output) por um dos fatores de produção”.

Eficiência, por outro lado, relaciona-se com a facilidade de alcançar melhorias e com a capacidade de se conseguir produtos através de uma execução elaborada da melhor maneira possível, com o menor desperdício de tempo, esforço e recursos. [38]

2.4.2 Desperdício

O **desperdício** é o ato de gastar de modo inútil, ou usar em excesso algo. No setor da construção, o desperdício está relacionado com os resíduos, mas também com o desaproveitamento de mão de obra, processos e procedimentos pouco otimizados que resultam em tempos de concretização superiores aos necessários. [39]

2.4.3 Qualidade

O significado de **qualidade** relaciona-se com a satisfação de requisitos inerentes à gênese de produtos. No setor da construção a qualidade de um empreendimento é a resposta em obra aos objetivos apresentados em projeto e definidos pelo cliente.

2.4.4 Retrabalho

Para vários autores contemplados em [40], o **retrabalho** está relacionado com a necessidade de elaborar tarefas extra por forma a responder aos requisitos estipulados inicialmente para atingir a qualidade desejada.

2.4.5 Fluxo

Fluxo, neste caso, **fluxo de trabalho**, é uma sequência estruturada de processos. Apresenta as etapas a executar de maneira a serem cumpridos os requisitos estabelecidos no projeto. O fluxo, de maneira geral, acaba por ser a forma de transformação de processos em produtos. [41]

2.4.6 Projeto

O **projeto** para efetuar uma obra é o materializar dos requisitos do cliente. É o documento guia para a elaboração de uma obra, que se divide em várias partes e especialidades. Para se atingir a satisfação máxima do cliente é necessário concretizar o projeto integralmente, a menos de erros que podem ocorrer aquando da sua conceção e que devem ser previamente esclarecidos e apontados pela entidade executante ao cliente. Só assim, dentro de prazos estipulados e custos previstos, é possível atingir a **qualidade** máxima, com o mínimo **desperdício** e **retrabalho** e com a maior **eficiência** e **produtividade**.

2.5 OPORTUNIDADE DE INVESTIGAÇÃO

Tendo em conta os aspetos referidos nos pontos anteriores, a origem, os princípios e a evolução da aplicabilidade da temática ao setor da construção há, desta forma, espaço para a desenvolver numa empresa a qual não apresenta no seu seio esta forma de pensar relacionada com a *Lean Construction*. Esta implementação passará por uma aplicação mais transversal à metodologia e não apenas focada numa das suas ferramentas, como já foi elaborado anteriormente por outros colegas nomeadamente em [24] e [30]. Além da implementação, é ainda possível, no contexto de uma empresa com processos tradicionais verificar qual a representatividade de desperdícios como os retrabalhos e de que forma alguns dos seus procedimentos poderão já apresentar, apesar de sem consciência, práticas *Lean*. Há ainda espaço, tendo em conta as fragilidades do setor da construção, nomeadamente, no que diz respeito à falta de mão de obra, para estabelecer uma análise de indicadores e proceder à proposta de novas ferramentas *Lean*, as quais poderão correlacionar as opções construtivas e a sua influência neste recurso.



Figura 7 - Paradoxo na construção - Qualidade, Custo e Tempo [36]

Muitas das vezes num empreendimento só são verificadas duas das três condições. Quando é rápido e barato, por norma não apresenta boa qualidade; quando é rápido e bom e custo não é o mais competitivo ou quando é barato e bom a velocidade de elaboração não é a desejada.

Para promover a compatibilização destas dimensões, é possível, numa fase mais prematura, avaliar de que forma o uso de ferramentas simples associadas à metodologia poderão impactar o processo de produção atingindo, possivelmente, o trio incomum na indústria da construção: fabricar com melhor qualidade, mais rápido e mais barato. [36]

3.

A ORIGEM DA METODOLOGIA *LEAN CONSTRUCTION* – *LEAN PRODUCTION* E A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

3.1 INTRODUÇÃO

Antes de referir a *Lean Construction* e a sua evolução é importante explicar qual o significado da palavra *Lean*. De uma forma exata não existe uma tradução direta para português deste conceito, mas é possível identificar que o mesmo se encontra intrinsecamente conectado com a eficiência, maior produtividade e menores desperdícios. Ser *Lean* em qualquer área e campo de aplicação envolve: [4]

- Otimização do fluxo de trabalhos
- Produção como uma sequência de processos
- Redução dos desperdícios, quaisquer que sejam
- Evolução contínua
- Ouvir e dar voz aos operários
- Ouvir e dar voz ao consumidor

Assim sendo, *Lean* implica envolver todos os intervenientes no processo e olhar para o mesmo como um todo, garantindo a sua qualidade e não apenas a das suas subtarefas. Esta filosofia centra-se na criação de valor para o cliente através da eliminação de atividades que não acrescentam valor ao processo. Assente numa cultura de melhoria contínua, o *Lean* promove a identificação de ineficiências e a otimização dos recursos disponíveis.

Para além da redução de desperdícios, procura melhorar a colaboração entre os intervenientes e aumentar a qualidade e a competitividade dos processos.

3.2 PRODUÇÃO EM MASSA – HENRY FORD NA *FORD MOTOR COMPANY*

No início do séc. XX, em 1913, nos Estados Unidos da América, Henry Ford melhorou uma metodologia de produção em massa já existente originária de Frederick Taylor que se adequava ao desenvolvimento e à dispersão cada vez maior da indústria automóvel no contexto americano. A produção em massa de Henry Ford assentava essencialmente nas seguintes características: [4]

- Produção sequencial em linha
- Posição de trabalhadores fixa em monotarefas
- Grandes stocks e inventários
- Mão de Obra não especializada
- Contratos temporários (mão de obra e fornecedores)

Assim sendo, a produção do automóvel dividia-se em várias tarefas simples e que acabavam por ser repetitivas de tal modo que, qualquer pessoa, mesmo sem especialização na área da indústria, poderia desempenhar estas funções. A simplicidade do processo e o desenvolvimento do mesmo caracterizam um sistema *Push* (empurrado) no qual o principal objetivo é manter sempre a linha em constante produção sendo que o *output* de uma estação a montante corresponde ao *input* da estação seguinte.

A principal desvantagem da produção em linha acabaria por estar relacionada com a verificação da conformidade e presença de defeitos ser apenas efetuada na fase final, muito devido à ausência de mão de obra qualificada ao longo da linha. Todo este procedimento e análise dos defeitos dos produtos gera, neste modelo, uma elevada dificuldade de os resolver devido à necessidade de retrabalhos e, conseqüentemente, ao elevado acréscimo nos custos de produção que daí resultariam. Desta forma, e por esses factos, a metodologia da “Produção em Massa” assumiu no seu processo os erros e defeitos nos seus produtos. Os objetivos centrais que assentavam em responder à procura do cliente e ao menor custo possível, não alterariam mesmo com a variabilidade dos seus produtos devido aos defeitos. [4]

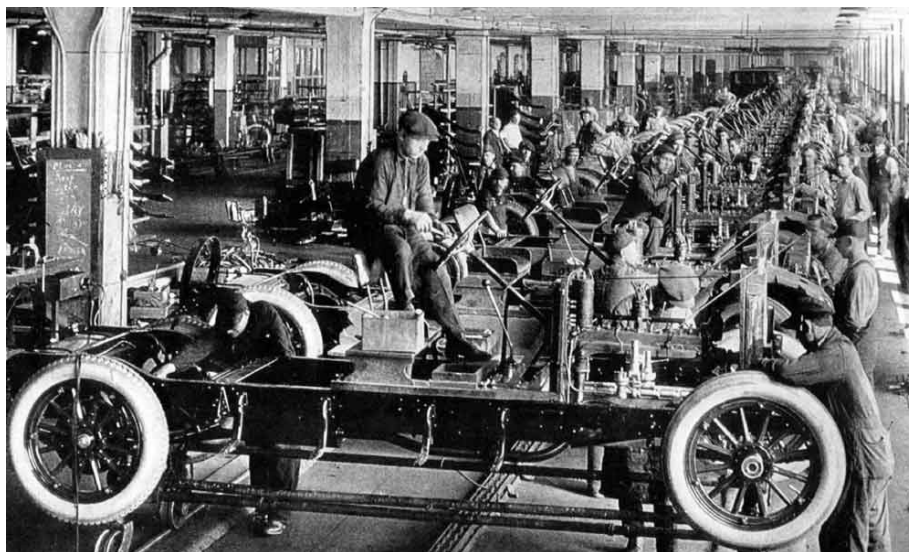


Figura 8 - Linha de produção de Henry Ford [42]

3.3 LEAN PRODUCTION – TAIICHI OHNO NA TOYOTA MOTOR COMPANY

Após a segunda guerra mundial, no final do séc. XX, Taiichi Ohno, na visita à *Ford Motor Company*, verificou a possibilidade de criar no seu país (Japão) um sistema com base na produção em massa de Henry Ford. Apesar de se inspirar neste modelo, Ohno, com auxílio de um colega e engenheiro Shigeo Shingo, verificou que, dado o contexto em que se encontrava inserido o Japão no pós-guerra, isto é, dada a falta de materiais, mão de obra, equipamentos e mercado, e ainda a questão de se encontrar isolado do restante mundo, a aplicação do mesmo não poderia passar por uma réplica da “Produção em Massa”. Ao contrário do que ocorria na Europa e nos Estados Unidos, onde a abundância dos *inputs* para o desenvolvimento de automóveis ocorriam em larga escala, o contexto do Japão apresentava-se com indisponibilidades, outras necessidades e requisitos. Assim, Ohno, decidiu criar uma linha de produção automóvel, mas que dadas as dificuldades, não apresentava espaço para erros nem desperdícios, quer de materiais, quer de mão de obra. Possibilitava uma produção, apesar de não ser em massa, até porque as necessidades não o exigiam, que respondesse, de facto, às expectativas e requisitos dos vários clientes para o seu produto. [4]

Assim surgiu o Sistema de Produção da Toyota (*Toyota Production System*) com os seguintes princípios:

- Recursos escassos
- *Lean Production*

- Sistema *Pull* (puxado)
- Condições de operação:
 - Produção em linha
 - Trabalhadores *multitasking* – sem posição fixa
 - Inventários residuais
 - Produto variável
- Condições de trabalho:
 - Mão de obra especializada
 - Contrato de longo prazo (fornecedores e trabalhadores)
 - Verificação do *input* em cada estação.

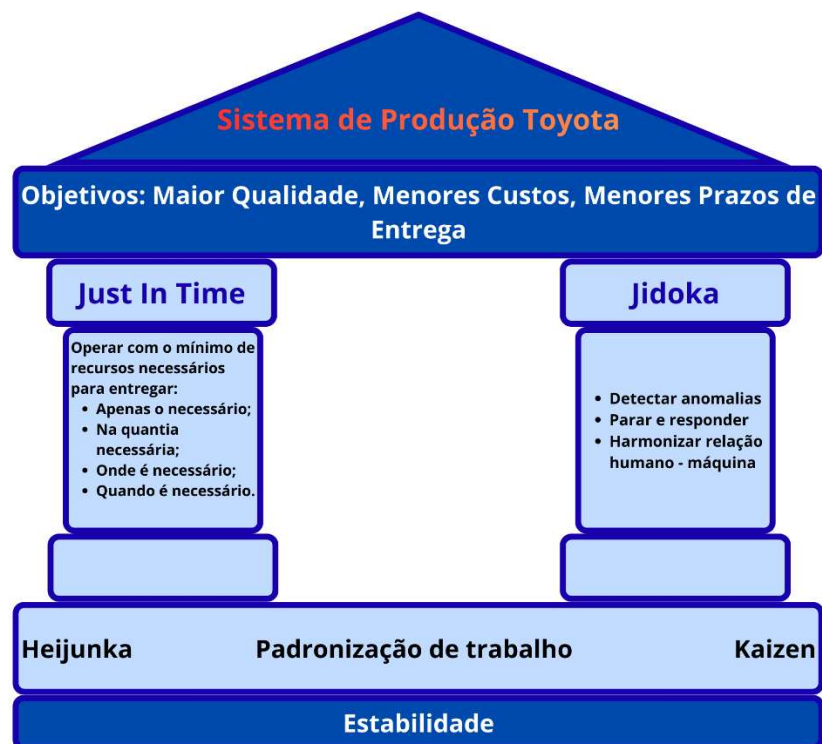


Figura 9 - A "Toyota House" [4]

A base da “Toyota House” apresenta a evidência de vários conceitos *Lean*, como o *Just in Time*, *Jidoka*, etc., que serão abordados com maior detalhe no seguimento do documento.

3.4 PRINCÍPIOS DA *LEAN PRODUCTION*

Após verificar a repercussão da metodologia implementada no TPS, Womack e Jones em 1990, na publicação “*The Machine that Changed the World*” complementaram a análise de todo o sistema produzido por Ohno e pela sua equipa, com a apresentação dos princípios orientadores do *Lean Thinking* que permitiram o alargamento do processo à restante indústria.

- Especificar o **Valor** para cada produto
- Identificar **Cadeia de Valor** para cada produto
- Fazer o **Fluxo de Valor** acontecer sem interrupções
- Deixar o **Cliente Puxar** o valor do produto
- Perseguir a **Perfeição**

Womack e Jones em [35], estruturam a filosofia *Lean Production* em cinco princípios fundamentais, que visam a eficiência máxima. O processo inicia-se com a definição de **Valor**, sob a ótica do cliente, rompendo com a tradição de impor produtos ao mercado. Segue-se a conceção da **Cadeia de Valor**, permitindo distinguir etapas que geram valor, daquelas que constituem desperdício a eliminar. Estabelece-se, então, um **Fluxo** de produção, sem interrupções ou stocks intermédios, garantindo qualidade sem necessidade de retrabalhos. A produção passa a operar numa lógica **Puxada (Pull)**, respondendo apenas à procura real do cliente e com o ritmo de vendas. Por fim, o sistema orienta-se para a busca da **Perfeição** através da melhoria contínua (**Kaizen**), adaptando a empresa constantemente às dinâmicas do mercado.

3.5 Os 7+1 DESPERDÍCIOS DA INDÚSTRIA

Ohno, identificou, em [43], os “*The Seven Deadly Wastes of Logistics*”, isto é, os sete desperdícios “mortais” verificados na indústria, “*muda*”, termo em japonês atribuído pelo autor.

- **Excesso de produção:** Produzir mais do que o necessário acaba por se tornar um desperdício na medida em que são usados recursos antes do tempo exigindo maior espaço para armazenamento.
- **Excesso de inventário:** Contrariando o Fordismo, Ohno, admite que um inventário excessivo proporciona desperdício de tempo e custos na medida em que é necessário espaço para armazenamento, transportes e mobilização de operários, sendo capital que se encontra “congelado” nesses recursos.

- **Tempos de espera:** Todo o tipo de espera que ocorra entre o fim de uma atividade e o começo entre outra. Esperas por materiais, equipamentos, informação, etc.
- **Defeitos:** Defeitos obrigam a retrabalho e, conseqüentemente, a perda de tempo e aumentos de custos com mão de obra e desperdícios de materiais.
- **Transporte:** O transporte desnecessário é também um desperdício presente na indústria. Paragens fora do percurso e inventário de alta rotatividade são exemplos deste desperdício.
- **Movimentação desnecessária:** Toda a movimentação que vai além da necessária. A níveis individuais apresenta pouca expressão, mas no contexto de uma indústria e de todos os seus operadores possui uma elevada representatividade.
- **Processamento inadequado:** Toda a tipologia de trabalho que vai além do necessário, isto é, num elevado grau de especificidade.

Com o passar do tempo surgiu outro desperdício associado à indústria e que foi posteriormente identificado por outros autores: [21]

- **Subaproveitamento humano:** Desconsideração das capacidades dos recursos humanos à disposição no processo produtivo.

4. **LEAN CONSTRUCTION – A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO LIMPA**

4.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – PROBLEMAS E ESPECIFICIDADES

Derivada da *Lean Production*, a metodologia *Lean Construction*, ou para tradução de Português do Brasil “Construção Seca” ou “Enxuta”, está associada ao conceito de *Lean Thinking*. [23]. O principal objetivo desta ferramenta passa pela redução máxima de todo o tipo de desperdício produzido no contexto das obras, quer em fase de preparação, quer na execução e até mesmo na fase de entrega das mesmas. Esta metodologia subdivide-se em várias ferramentas as quais intervêm nas diferentes fases, necessidades e contextos das empresas, desde o planeamento, à execução e na organização do estaleiro.

Ao contrário da maior parte das restantes indústrias a construção apresenta especificidades as quais provocam, muitas das vezes, condicionamentos no que diz respeito à produtividade e eficiência do setor.

4.1.1 Caracterização do Setor da Construção

A indústria da Construção assume um papel importante no desenvolvimento socioeconómico da sociedade. Apesar dessa importância, esta indústria apresenta, desde os seus primórdios, problemas que a distinguem das restantes. Um desses problemas está relacionado com a inércia à evolução no que diz respeito aos processos de produção que influenciam diretamente os níveis de produtividade. [44]

Esta estagnação está muito relacionada com a elevada fragmentação da indústria. A coexistência de múltiplos intervenientes como projetistas das várias especialidades, empreiteiros, subempreiteiros, entidades licenciadoras e fornecedoras, que comumente apresentam interesses e pontos de vista completamente distintos, dificultam essa evolução. Para além disso, um outro aspeto, que se alia ao anterior, é a falha de comunicação que muitas das vezes ocorre entre eles, o retrabalho que daí advém criando-se então impedimentos à contínua produção e desenvolvimento do projeto. [2]

Por fim, a construção enfrenta um modelo tradicional de produção, representado na Figura 11, como uma lógica sequencial muitas das vezes sem qualquer presença de industrialização. O setor encontra-se ainda dependente de processos empíricos e resistentes à inovação e mudança tecnológica. Isto resulta em incertezas relacionadas com derrapagens económicas, de qualidade do produto, aliado ainda ao elevado impacto ambiental do mesmo na sociedade e aos contínuos e elevados índices de sinistralidade. Em termos comparativos, estar em obra representa, face a efetuar um voo, uma exposição a acidentes mortais 5400 vezes superior, sendo a mesma equiparável a conduzir um carro.

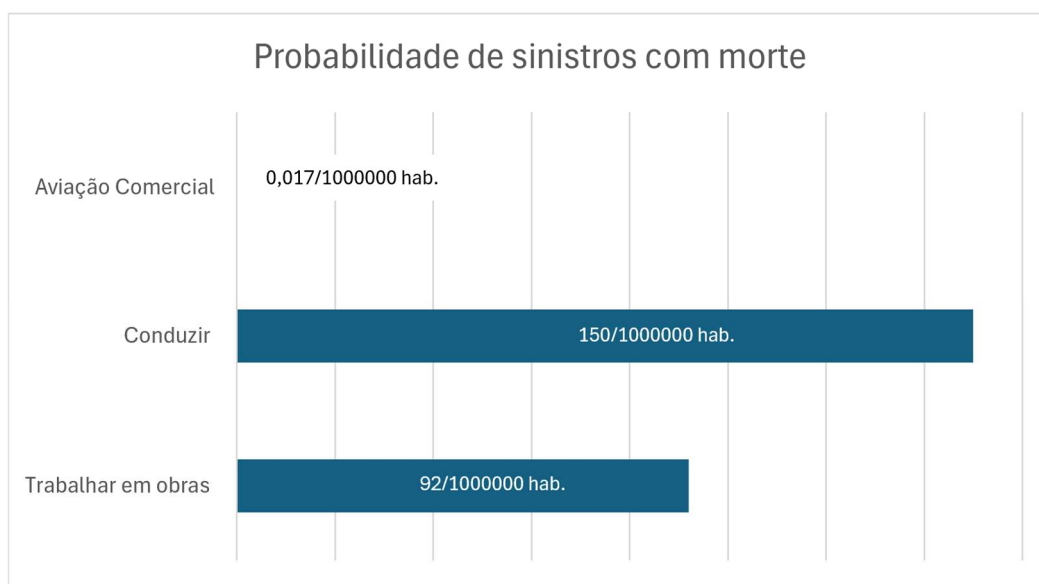


Figura 10 - Probabilidade de sinistros com morte - Aviação vs Condução vs Construção ([45], [46], [47])

O modelo conceptual da construção tradicional baseia-se, então, na divisão do processo global em vários subprocessos como é demonstrando por Koskela na sua ideia de Modelo de Conversão. [2]

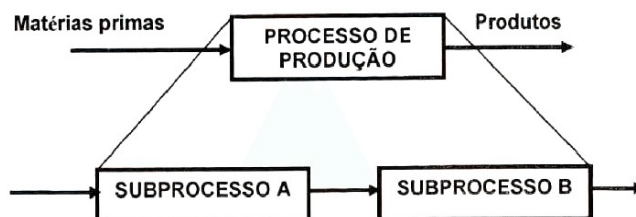


Figura 11 - Modelo de Conversão - método tradicional da Indústria da Construção [2]

As principais lacunas admitidas pelos autores (em [2] e [17]) neste modelo são as seguintes:

- Nos processos produtivos, os fluxos de materiais e mão-de-obra, que interligam as atividades de conversão, são, frequentemente, desprezados. Em contextos complexos como as empreitadas, a ineficiência representa uma origem de custos. A título de exemplo, uma parcela significativa do tempo em estaleiro é consumida por operações sem valor acrescentado (*waste*), tais como transporte excessivo, tempos de espera por recursos e a execução de retrabalhos.
- O controlo da produção tende, tradicionalmente, a privilegiar a otimização de subprocessos em detrimento de uma visão geral. Esta abordagem deteriora a eficiência dos fluxos e limita o desempenho global do sistema.
- A dissociação entre a eficiência produtiva e a geração de valor pode resultar na execução otimizada de produtos inadequados. É imperativo alinhar a produção com os requisitos, tanto do cliente final, como do cliente interno (operários responsáveis por tarefas seguintes).

4.1.2 Especificidades do Processo Produtivo

A passagem e adaptação do modelo industrial para o setor da construção acaba por não ser direta. As peculiaridades deste setor provocam algumas contrariedades à aplicação do mesmo. Ao contrário da maioria das indústrias, onde todo o processo se desenvolve em ambiente controlado e o fluxo de produção é linear e repetitivo, a construção opera diariamente com um cenário de elevada complexidade e dinamismo.

Enquanto na indústria automóvel, o produto desloca-se ao longo de uma linha de montagem, passando pelas várias estações nas quais lhe é acrescentado valor, na construção o produto, que é o edifício, é estático. Depende muito da disponibilidade de recursos como mão de obra, equipamentos, materiais e da facilidade de mobilização dos mesmos em torno e no próprio edifício em construção. Esta característica obriga à apresentação de um estaleiro como uma espécie de “fábrica nómada” cuja evolução acompanha as fases de construção do edifício. [2]

Em complemento, a indústria da construção lida ainda com uma outra especificidade: a singularidade de cada produto. Cada projeto é concebido para atender a requisitos específicos de um cliente, que em poucas situações se encontram totalmente especificados dado o custo residual do projeto quando comparado com o custo global da obra. Necessita de adaptação ao local em que é inserido, dadas as condicionantes geológicas e geotécnicas, topográficas e atmosféricas. Desta forma, o conceito de modelo base na indústria da manufatura acaba por não ser aplicável à construção. Cada obra é um protótipo em escala real, residindo, neste facto, a maior dificuldade de aplicação da standardização.

Uma outra característica da construção assenta na necessidade de criação de coligações “virgens” a cada empreendimento. É necessário formar equipas constituídas pelos vários intervenientes que, em muitos dos casos, nunca trabalharam juntos. Esta descontinuidade de conservação de equipas dificulta o processo de aprendizagem contínua tornando o sistema altamente suscetível à variabilidade e ao erro humano.

4.1.3 Fatores de Incerteza e Variabilidade

Para além dos fatores evidenciados anteriormente, uma das principais diferenças entre a construção e as restantes indústrias, apresenta-se na vulnerabilidade já referida aos agentes externos e à descontinuidade interna dos fluxos de informação.

A variabilidade decorrente de fatores externos liga-se evidentemente à exposição direta da “fábrica”, isto é, o estaleiro e o próprio edifício em construção às mudanças climáticas e comportamento geológico variável, podendo, portanto, a produtividade e eficiência de todo o processo construtivo ser afetada. Simultaneamente, a existência de trabalhos que ponham expostos os operários ao risco como trabalhos em altura, eleva a suscetibilidade ao surgimento de acidentes o que transforma a segurança numa variável também crítica na fase de produção.

Relativamente à variabilidade interna, a mesma está relacionada com a fragmentação do processo construtivo como um todo nas suas várias fases. Entre as mesmas, e dadas as tarefas das diferentes fases serem desempenhadas por diferentes intervenientes, há a perda de conhecimento. Este facto é evidenciado na “*The BIM curve*”.

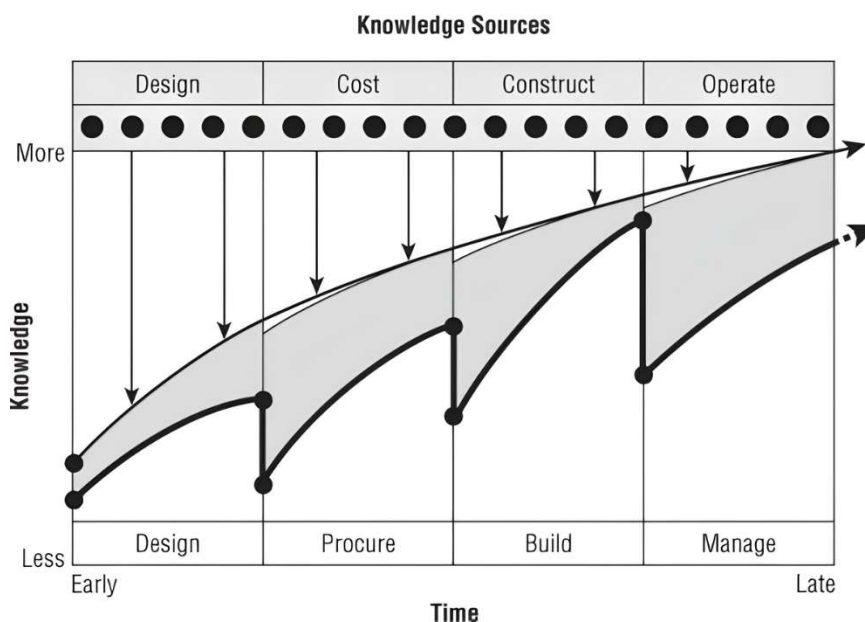


Figura 12 - "The BIM Curve" e a perda de informação no processo [48]

A Figura 12 ilustra a forma como o conhecimento é progressivamente desenvolvido ao longo do ciclo de vida do empreendimento, mas também como parte desse conhecimento se perde nas transições entre fases. Em modelos tradicionais de gestão de projetos, a informação produzida numa determinada etapa nem sempre é transferida de forma completa, estruturada ou acessível para os intervenientes da fase seguinte. Consequentemente as decisões tendem a não ser integralmente preservadas, originando que cada fase tenha de reconstruir parte do conhecimento já anteriormente produzido.

4.1.4 Existência Prática dos desperdícios da indústria no setor da Construção

Quadro 2 - Existência dos 7+1 desperdícios na construção

Desperdício	Exemplo na Construção
Excesso de Produção	Produção de elevadas quantidades de argamassa para assentamentos de paredes de alvenaria e que passado algum tempo perdem a sua trabalhabilidade.
Excesso de Inventário	<i>Stocks</i> excessivos de materiais como cimento, tijolos, etc.
Tempo de Espera	Equipa de betonagem à espera da autobetoneira.
Defeitos	Necessidade de demolir uma parede por erro de implantação.
Transporte	Descarregar tijolos num local provisório para depois ter de os mover para o local de aplicação.
Movimentação desnecessária	Caminhadas longas para ir buscar ferramentas ou materiais ao estaleiro.
Processamento inadequado	Realização de acabamentos finos numa parede que será coberta por gesso cartonado.
Subaproveitamento humano	Não ouvir a opinião de colaboradores face à resolução de um problema.

Com o desenvolvimento do Quadro 2 proposto pelo autor pode-se verificar que, de facto, os erros apresentados em [43] são também demonstrados na indústria da construção sendo, portanto, necessário implementar metodologias de resposta.

Uma outra forma de abordar os desperdícios na construção passa pela identificação, através de uma matriz de correlação entre mão de obra, materiais e equipamentos com matéria-prima, prazo e preço. Assim, é possível obter uma materialização original dessa matriz no Quadro 3, onde se verificam exemplos práticos de cada tipo desperdício correlativo.

Quadro 3 - Matriz de Desperdícios

Desperdícios	Mão de Obra	Materiais	Equipamentos
Matéria-Prima	Erros de execução que exigem demolição/retrabalho; má utilização	Quebras nos transportes; Armazenamento; Sobras por cortes incorretos	Danos causados por incorreto manuseio do equipamento; Falhas de precisão em máquinas
Prazo	Falta de mão de obra; Baixa produtividade; Tempo de espera por instruções	Atrasos na entrega de fornecedores; Tempo de procura em estaleiro; Material insuficiente	Avarias e Paragens; Subutilização; Falta de manutenção
Preço	Pagamentos de horas extra sem produtividade	Compras com urgência; Excesso de <i>stock</i> (mobilização de capital)	Custos de aluguer em equipamentos com baixa utilização; Custos de combustível em máquinas produtivamente inativas

4.2 LEAN CONSTRUCTION – GÉNESE E DEFINIÇÃO

A metodologia *Lean* associada à construção iniciou-se com a publicação do documento “*Application of the new production philosophy to construction*” de Koskela em setembro de 1992. Com o mesmo, o autor efetuou a transposição dos processos aplicados por Ohno na indústria automóvel para a indústria da construção. Complementou-a com outras ferramentas e formas de ver todos os problemas do processo construtivo, propondo soluções para os mesmos.

Apesar da transposição dos conceitos propostos por Ohno, Koskela e outros autores, verificaram que antes dessa transposição seria obrigatoriamente necessário, para a implementação “*Lean*” na construção, efetuar uma clara distinção entre as indústrias e a indústria da construção, dadas todas as peculiaridades e singularidades referidas anteriormente. Seria necessário adaptar as metodologias de Ohno de acordo com às necessidades e contextos de um setor que pouco tem em comum com a indústria automóvel.

4.2.1 Fluxos na Construção e Alteração do Modelo de Produção

Koskela admitiu a passagem de um modelo de *input* e *output* característicos da conversão tradicional para um modelo de fluxos. Estes devem ser a unidade de análise da construção permitindo gerar evidentes diferenças nos conceitos para gerar a mudança. Refere ainda a existência de dois processos principais: a fase de projeto e a fase de construção. [2]

Em linha com a metodologia dos fluxos, Koskela evidenciou também a necessidade de alteração do Modelo de Produção de Conversão tradicional, Figura 11, no qual o processo de produção global se subdivide somente em subprocessos. Como referido previamente no texto, o autor identifica algumas lacunas neste processo propondo, portanto, uma possibilidade de alteração do mesmo: o “Modelo de Processo da *Lean Construction*”. [2]

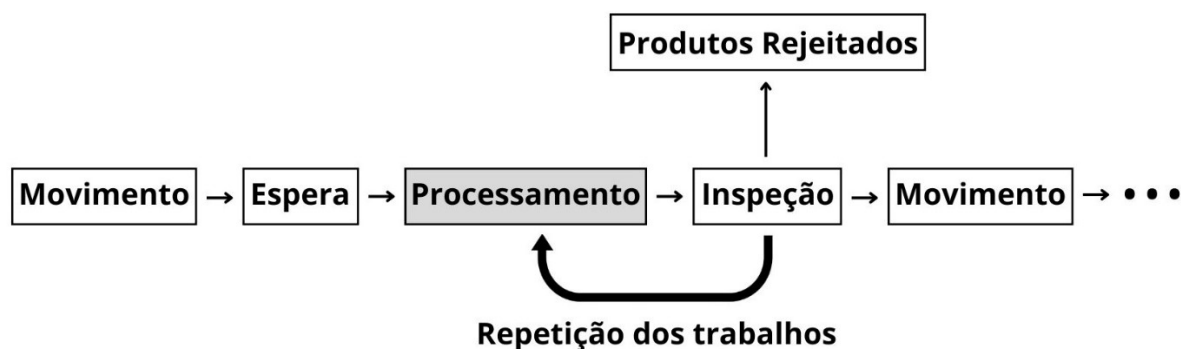


Figura 13 - Modelo de Processo da *Lean Construction* [2]

Em contraste com o modelo tradicional de conversão, o modelo proposto por Koskela conceptualiza o processo produtivo como um fluxo contínuo de materiais. Este fluxo decompõe-se em quatro etapas elementares: movimento (transporte), espera, processamento e inspeção. Nesta abordagem é estabelecida uma distinção entre as etapas: as que são categorizadas como etapas de fluxo, ou seja, que não acrescentam valor, dado que não alteram fisicamente o produto consumindo apenas tempo e recursos (movimento, espera e inspeção) e a atividade de processamento que é considerada produtiva dada a geração de valor. Apesar de não acrescentarem valor imediato ao produto, as mesmas etapas de fluxo apresentam uma elevada importância na globalidade do processo na medida em que, quando otimizadas, promovem produtos com uma maior qualidade e com menores desperdícios. [2]

Em [22], os autores especificaram para além da visão geral do “Modelo de Processo da *Lean Construction*” a relação existente entre o fluxo de materiais e o fluxo de trabalho. O fluxo de trabalho nada mais é do que o conjunto de operações realizadas pelas várias equipas em obra. Vale realçar que algumas das tarefas incluídas no fluxo de trabalhos poderão não estar presentes no fluxo de materiais, como por exemplo manutenções de máquinas e equipamentos. Em ordem inversa, tarefas como a espera ou reposição de *stock* de materiais integram o fluxo de materiais e não o fluxo de trabalhos.

A fim de análise, os autores consideram ainda que o Modelo de Conversão Tradicional não se encontra de todo equivocado e a sua aplicação pode ser verificada para contextos de empreendimentos simples e pequenos, contudo com o aumento da complexidade dos mesmos, este modelo acaba por não representar de forma adequada os sistemas de produção.

4.2.2 A Mudança de Paradigma – Da Conversão ao Modelo TFV

Após verificadas todas as condicionantes que são apresentadas na construção, nomeadamente a obra como fábrica, a singularidade de cada produto e de cada local de implementação, a dependência permanente de recursos como mão de obra, materiais e equipamentos, entre outros, Koskela, propôs uma nova teoria de produção: o modelo TFV – Transformação – Fluxo – Valor o qual é sintetizado no Quadro 4.

Quadro 4 - Modelo de produção TFV [13][49][23]

	Transformação	Fluxo	Valor
Conceptualização da produção	Como transformação de <i>inputs</i> em <i>outputs</i>	Como fluxo de material, composto da transformação, inspeção, movimento e espera	Como um processo onde o valor para o cliente é criado através do cumprimento dos seus requisitos
Princípio central	Produção realizada eficientemente	Eliminação de desperdício (atividades de fluxo)	Eliminação de perda de valor (alcançar o valor mais alto possível)

Princípios secundários	Decompor a tarefa de produção Minimizar os custos de todas as subtarefas	Reduzir o tempo de entrega Reduzir a variabilidade Simplificar Aumentar a transparência Aumentar a flexibilidade	Garantir que todos os requisitos são captados Garantir o desdobramento dos requisitos dos clientes Considerar os requisitos para todas as entregas Garantir a capacidade do sistema de produção Medir o valor
Metodologias e práticas (exemplos)	Estrutura de Decomposição do Trabalho (WBS) Organograma de Responsabilidades (MRP)	Fluxo contínuo Controlo de produção pull Melhoria Contínua (<i>kaizen</i>)	Métodos para captura de requisitos Desdobramento da Função Qualidade (QFD)
Contribuição prática	Cuidar daquilo que tem de ser feito	Cuidar para que o desnecessário seja feito o menos possível	Cuidar para que os requisitos do cliente sejam cumpridos da melhor forma possível
Nome sugerido para a aplicação prática da metodologia	Gestão de tarefas	Gestão de fluxos	Gestão de valor

Todos estes princípios abordados na proposta do método de produção TFCV devem ser integrados, simultaneamente, aquando de uma construção com vista ao seu desenvolvimento, melhoria contínua e valorização do cliente.

4.2.3 Princípios da *Lean Construction*

Tendo em conta todos os conceitos, metodologias, análises e pontos de vista associados à *Lean Construction* Koskela ([2]) apontou para a aplicação destes procedimentos baseada, essencialmente, em onze princípios, os quais foram abordados posteriormente em artigos e textos. [17], [22]

1. Reduzir a proporção de atividades que não acrescentam valor (*waste*): Este é o princípio fundamental. A maioria dos processos é dominada por atividades que consomem tempo, recursos e espaço, mas não acrescentam valor ao cliente (como esperas, inspeções e transporte). A eliminação ao necessário destas atividades é a forma mais direta de aumentar a eficiência, devendo distinguir-se claramente entre atividades de valor acrescentado e atividades sem valor (fluxo).

2. Aumentar o valor do *output* através da consideração sistemática dos requisitos do cliente: O valor é gerado pela satisfação das necessidades do cliente, não apenas pela execução de uma tarefa. É necessário identificar quem são os clientes de cada atividade, tanto o cliente final, como o cliente interno. A gestão tradicional tende a minimizar custos por tarefa, ignorando, frequentemente, se o resultado satisfaz efetivamente os requisitos do processo seguinte.

3. Reduzir a variabilidade: A variabilidade aumenta o volume de atividades que não acrescentam valor e o tempo de ciclo. Koskela cita Schonberger afirmando que "*a variabilidade é o inimigo universal*". A sua redução consegue-se através da estandardização de procedimentos e da implementação de mecanismos à prova de erro (*poka-yoke*).

4. Reduzir o tempo de ciclo: O tempo é uma métrica universal. A compressão do tempo de ciclo força a redução de inspeções, esperas e movimentos. Ciclos mais curtos trazem benefícios como entregas mais rápidas, menor necessidade de previsões futuras e gestão facilitada. Além disso, acelera a deteção de erros, isto é, quanto mais rápido o ciclo, mais cedo se deteta um defeito.

5. Simplificar através da minimização do número de passos, partes e ligações: A complexidade aumenta os custos e diminui a fiabilidade do sistema. A simplificação pode ser atingida eliminando atividades que não agregam valor, consolidando tarefas, reduzindo o número de componentes de um produto ou utilizando equipas multidisciplinares para reduzir a divisão do trabalho.

6. Aumentar a flexibilidade do *output*: Apesar de parecer contraditório com o princípio anterior, é possível aumentar a flexibilidade (capacidade de produzir diferentes produtos ou adaptar-se a alterações) sem aumentar custos. As abordagens incluem a redução de zonas de produção e o treino de equipas de trabalho polivalentes.

7. Aumentar a transparência do processo: A falta de transparência esconde erros e diminui a motivação para a melhoria. O objetivo é tornar o fluxo de trabalho visível e compreensível para todos os colaboradores. Isto consegue-se através de organização visual (5S), sinalética, medições visíveis e tornar os desvios imediatamente reconhecíveis.

8. Focar o controlo no processo completo: A gestão tradicional foca-se no controlo de subprocessos individuais, o que leva à subotimização. O controlo deve atravessar as fronteiras departamentais, focando-se na globalidade do processo. Isto exige medir o processo completo e atribuir autoridade sobre o mesmo.

9. Introduzir a melhoria contínua no processo: A redução do desperdício é uma atividade interna e iterativa. Para tal, é necessário medir, estabelecer metas, envolver todos os colaboradores e ver os padrões atuais apenas como hipóteses a serem desafiadas por novas e melhores formas de fazer.

10. Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão: Na melhoria da produção, tanto a conversão como o fluxo devem ser abordados. Contudo, em processos complexos, o potencial de melhoria do fluxo é geralmente superior e requer menos investimento inicial do que a nova tecnologia. Koskela sugere que se deve "aperfeiçoar os processos existentes antes de desenhar novos", ou seja, melhorar o fluxo antes de investir em automação ou tecnologia de conversão.

11. Comparar com referências (*Benchmarking*): A evolução de uma empresa só é possível se existir a comparação com empresas de referência. Perceber o que desenvolvem e daí retirar o que se pode implementar por forma a melhorar os processos e procedimentos da empresa.

4.2.4 Ferramentas *Lean* adaptadas à construção

No documento publicado por Koskela em 1992, surgem adaptações de técnicas e métodos basilares da *Lean Production*: o *Just-In-Time* (JIT) e o *Total Quality Control* (TQC). São estas ferramentas que poderão, de facto, dar respostas diretas aos problemas comuns da construção e tratar das suas peculiaridades tais como a singularidade de produtos, a produção em estaleiro e as organizações entre equipas comumente temporárias.

4.2.4.1 Just-In-Time

Uma das principais ferramentas centrais da metodologia *Lean* aplicada à manufatura, sendo um dos pilares da “*The Toyota House*”, é o *Just-In-Time*. Uma estratégia de fornecimento e de planeamento que procura assegurar que os recursos são entregues em estaleiro quando são apenas necessários e na quantidade certa. [4]

Quadro 5 - Vantagens e Desvantagens da aplicação do JIT [4]

Vantagens	Desvantagens
Redução de custos de armazenamento – menos <i>stock</i> , menos espaço, menor custo	Margem de Erro Reduzida – <i>stock</i> mínimo exige pouca margem de erro
Libertação de Capital – menos materiais parados	Dependência da Cadeia de Abastecimento – produção altamente dependente de fornecedores
Menor Risco de Obsolescência – menor probabilidade de deterioração	Incapacidade de Resposta a Picos – produção realizada por encomenda pode comprometer o mercado em caso de necessidades de emergência
Foco na Qualidade – menor tempo despendido em retrabalhos; ênfase em executar o trabalho corretamente à primeira	Complexidade de Gestão – gestão de stocks complexa necessária para controlar fluxos contínuos

4.2.4.2 Total Quality Control

Por sua vez, o TQC é uma ferramenta, ao contrário do JIT que encontrou vários entraves, que acaba por ser uma “porta de entrada” da nova filosofia *Lean* no setor da construção dadas as suas metodologias práticas passíveis serem facilmente aplicáveis. O TQC veio alterar e modificar a perspetiva de inspeção complementando-a com a perspetiva da prevenção. Isto é, controlar todo o processo estabelecendo uma melhoria contínua com o principal objetivo de verificar a qualidade dentro do produto e ao longo do processo desde a sua fase inicial. Esta abordagem promove o envolvimento de todos os intervenientes na identificação e eliminação das causas dos problemas, em vez da simples deteção dos seus efeitos. Consequentemente, contribui para a redução de desperdícios, para o aumento da eficiência dos processos e para uma maior satisfação do cliente final. Dentro desta ferramenta são apontadas várias metodologias tais como:

Quadro 6 – Algumas das metodologias e ferramentas do TQC [2]

Metodologia	Conceito	Aplicabilidade
Folha de Check-List	Formulário simples para recolha de dados em tempo real no local de execução.	Controlo de Betonagem: Uma lista para o encarregado verificar antes da chegada da autobetoneira: cofragem limpa? armadura posicionada? vibradores a funcionar? acesso desimpedido? Evita que a betonagem comece sem as condições ideais.
Diagrama de Ishikawa (diagrama de espinha de peixe)	Identifica a causa raiz de um problema, analisando fatores como Mão-de-obra, Material, Método, Máquina, Meio Ambiente.	Atraso na Laje: Porque é que a betonagem da laje atrasou 3 horas? Método: Má sequência de betonagem? Material: O betão chegou tarde? Máquina: A bomba avariou? Mão-de-obra: Equipa insuficiente? Meio: Começou a chover?
Histograma	Gráfico que mostra a distribuição de frequência de um conjunto de dados (variação).	Resistência do Betão: Analisar os resultados dos provetes (cubos) de betão aos 28 dias. O histograma permite ver se a resistência está centrada no valor alvo (ex: C25/30) ou se existe uma dispersão muito grande (o que indicaria um processo de fabrico do betão instável e perigoso).

Com recurso a estas metodologias é então possível identificar as problemáticas e ainda as razões que estiveram na sua origem, isto é, as causas-raiz.

4.2.4.3 Células de Produção

Uma célula de produção é definida como um arranjo integrado de recursos humanos, materiais e técnicos, organizados sequencialmente para garantir um fluxo contínuo de processamento. No contexto da *Lean Construction*, este conceito traduz-se na constituição de equipas polivalentes ou multifuncionais, que trabalham conectadas no tempo e no espaço. [17]

Ao contrário do modelo tradicional, onde as tarefas fragmentadas são executadas por equipas distintas com frequentes perdas de informação nas transições, a metodologia de célula propõe que o mesmo grupo de operários assuma a responsabilidade integral por um "pacote de trabalho" do início ao fim (ex: execução de uma parede desde a alvenaria até à pintura).

Esta abordagem de responsabilidade "fim-a-fim" traz três vantagens fundamentais:

- Eliminação de ruído na comunicação: Remove os problemas de transmissão de informação entre equipas sucessivas.

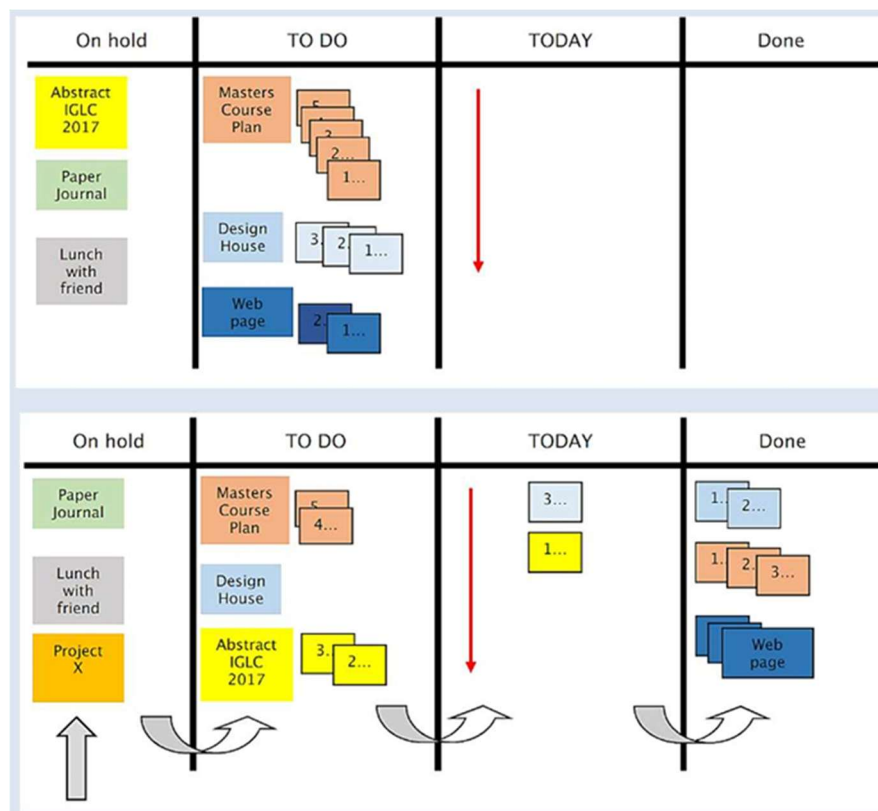
- Centralização da Responsabilidade: Evita a diluição de culpas por defeitos, garantindo uma execução correta desde a base.
- Fator Motivacional: Aumenta a autonomia e a satisfação da equipa ao visualizar o produto acabado, promovendo a eficiência através do sentido de "propriedade" sobre o trabalho realizado.

4.2.4.4 *Takt Time*

O *Takt Time* define-se como o ritmo de produção estritamente necessário para satisfazer a procura do mercado. Matematicamente, é calculado pela razão entre o tempo líquido disponível para a produção e o número de unidades requeridas pelo cliente num determinado período. Este indicador não reflete a capacidade instalada da empresa, mas sim a cadência a que o processo deve operar para evitar a sobreprodução e os tempos de espera. A adoção do *Takt Time* permite alinhar a produção com as necessidades do cliente, eliminando a produção "empurrada" (*Push*) que gera *stocks* excessivos. Ao produzir apenas o necessário no tempo disponível, a empresa otimiza recursos e estabelece um fluxo contínuo e estável. [4]

4.2.4.5 *Kanban*

Com origem no Japão, no seio do TPS, o termo Kanban (traduzido literalmente como "cartão" ou "etiqueta") designa a ferramenta operacional que viabiliza a estratégia Just-in-Time. Este método fundamenta-se na lógica de produção "puxada" (Pull System), invertendo o paradigma tradicional onde o ritmo de produção deixa de ser determinado por previsões centrais para ser ditado pelo consumo real. Na prática, a circulação dos cartões Kanban estabelece uma forma de comunicação visual entre o cliente e o fornecedor, autorizando a produção ou movimentação de materiais apenas quando necessário. Deste modo, promove-se uma maior sincronização entre as diferentes etapas do processo produtivo, reduzindo a acumulação de inventário e os desperdícios associados à sobreprodução. Adicionalmente, a simplicidade e clareza do sistema permitem uma rápida identificação de constrangimentos e desvios, facilitando a implementação de ações corretivas e a melhoria contínua dos processos. [4]

Figura 14 - Exemplo prático do *Kanban* [4]

No exemplo da Figura 14, verifica-se a existência de um mapa onde são contempladas tarefas em espera, a elaborar, em execução no dia e terminadas. Assim, consegue-se perceber o fluxo e evolução existente das mesmas ao longo do tempo e se ocorreu algum problema que atrasou a tarefa que possa ter estagnado esse progresso.

O *Kanban* pode ainda ser utilizado na gestão de *stocks* em estaleiro na medida em que se controla diariamente o material existente sendo estabelecidos limites superiores (*stock* em excesso) ou inferiores (*stock* reduzido com perigos de rutura para execução das tarefas). Além disso, é comumente verificado um valor a partir do qual se deve estabelecer um novo pedido de fornecimento desse material.

4.2.4.6 5S

Conjunto de cinco palavras cujo princípio é muito simples e está relacionado com a organização do estaleiro, nomeadamente, ao nível dos equipamentos e materiais. É um princípio indispensável à implementação da metodologia *Lean* no setor da construção.



<i>Seiri</i> – Triar	Ordenar e selecionar itens e materiais e segregar do espaço o que não é necessário
<i>Seiton</i> – Arrumar	Arrumar no espaço os itens e materiais devidamente identificados visualmente e de acordo com a sua maior utilização
<i>Seiso</i> – Limpar	Limpar o espaço mantendo visíveis as identificações e possibilitando o fácil acesso. Limpar os equipamentos e testá-los
<i>Seiketsu</i> – Normalizar	Estabelecer regras de organização de limpeza e afixá-las de forma visível no espaço
<i>Shitsuke</i> – Manter	Garantir a permanência e aplicação dessas regras pelos colaboradores

Figura 15 - Os 5S [21]

4.2.4.7 Jidoka

Mais um dos pilares da “*The Toyota House*”, o *Jidoka* corresponde ao princípio relacionado com a autonomia estendida aos intervenientes e operadores. Deste modo, com autonomia, conseguem verificar e parar, sempre que necessário, a tarefa aquando do surgimento de algum tipo de anomalia que possa comprometer a qualidade e o desenvolvimento de todo o processo. [4]

4.2.4.8 Heijunka

Na base da “*The Toyota House*” encontra-se o princípio do *Heijunka* ou Linha de Balanço (LOB). Esta metodologia remete para uma outra forma de desempenhar o planeamento das tarefas além da tradicional, através dos diagramas de Gantt. [4]

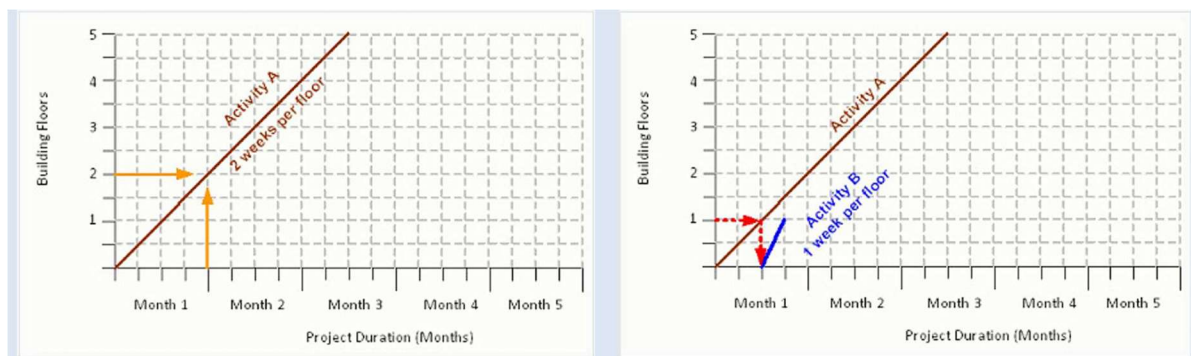


Figura 16 - Exemplo de aplicação da LOB [4]

O planeamento elaborado através das ferramentas tradicionais apresenta, por norma uma extensão elevada, o que consequentemente dificulta a sua análise. A Linha de Balanço, para além de diminuir as dimensões dos documentos, possibilita associar uma análise a três dimensões. Permite verificar a relação entre o tempo, a localização e ainda a produtividade no desenvolvimento da tarefa (quanto maior o declive da reta, maior a produtividade desempenhada na tarefa como é observável na Figura 16: a Atividade A apresenta metade da produtividade da Atividade B). Permite, desta forma, assegurar uma maior eficiência e garantir o controlo no uso de recursos e fluxos constantes.

4.2.4.9 Poka-Yoke

O conceito descrito corresponde à metodologia "à prova de erros", desenvolvida por Shigeo Shingo no âmbito do TPS. Segundo Koskela [2], a implementação de dispositivos ou processos *poka-yoke* é uma das estratégias fundamentais para a redução da variabilidade na produção. Ao contrário do controlo de qualidade tradicional, que se foca na inspeção *a posteriori*, o *poka-yoke* foca-se na prevenção. A premissa é que é impossível para um ser humano manter 100% de atenção durante todo o tempo, portanto, o erro humano é inevitável, mas o defeito no produto pode ser evitado se o processo for desenhado para impedir que esse erro se concretize. [4]



Figura 17 - Construção de alvenaria com processo uniforme - exemplo de Poka-Yoke [4]

4.2.4.10 PDCA – *Plan, Do, Check, Act (Planejar, Fazer, Verificar, Atuar)*

A operacionalização da melhoria contínua (*Kaizen*) sustenta-se na aplicação iterativa do ciclo *PDCA (Plan-Do-Check-Act)*. Esta metodologia fornece uma estrutura lógica para a resolução de problemas e para a gestão de processos, garantindo que as melhorias não são aleatórias, mas sim baseadas na relação entre o planejamento e a execução. O ciclo desenvolve-se em quatro etapas: [25]

- *Plan* (Planejar): Esta é a fase crítica onde se define o problema e se estabelecem os objetivos. Envolve a análise da situação atual, a identificação das causas raiz das anomalias e a elaboração de um plano de ação. Na construção, isto traduz-se na preparação detalhada da obra, definição de métodos construtivos e calendarização de recursos.
- *Do* (Executar): Corresponde à implementação do plano definido. É a fase onde as soluções são colocadas em prática. É fundamental que a execução siga rigorosamente o planejado para que os resultados possam ser avaliados com precisão.
- *Check* (Verificar): Nesta etapa, monitorizam-se os resultados obtidos durante a execução, comparando-os com os objetivos definidos na fase de planejamento.
- *Act* (Atuar/Agir): Com base na verificação, tomam-se decisões. Se os resultados forem positivos, a nova metodologia é padronizada e expandida para outros processos. Se os resultados não forem satisfatórios, reinicia-se o ciclo com novos dados para ajustar o plano e corrigir as falhas.

4.2.4.11 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta de gestão, apresentada sob a forma de *checklist* ou plano de ação, utilizada para garantir que não restam dúvidas sobre a execução de uma determinada tarefa. O seu nome deriva das iniciais em inglês de sete perguntas fundamentais que, quando respondidas, definem integralmente o âmbito de uma atividade. Na filosofia *Lean*, onde a transparência do processo e a redução da variabilidade são princípios chave, o 5W2H atua como um mecanismo de controlo que impede que a informação se perca ou seja mal interpretada entre o planeamento e a execução. É frequentemente utilizada na fase “*Plan*” do ciclo PDCA. [4]

Quadro 7 - 5W2H - Questões e Objetivos [4]

“What?” O quê?	alcançar?	Objetivo
“Who?” Quem?	é o responsável?	Equipa
“When?” Quando?	necessita de estar terminado?	Data, Planeamento
“Where?” Onde?	é produzido?	Localização
“Why?” Porquê?	é produzido?	Benefício, Razão
“How?” Como?	é feito?	Atividade, Processo
“How much?” Quanto?	foi gasto?	Custo, Quantidade

4.2.4.12 Last Planner System

O *Last Planner System* (LPS) define uma metodologia de controlo de produção desenhada especificamente para gerir a complexidade e a variabilidade dos estaleiros de construção. Ao contrário dos modelos tradicionais baseados em previsões, o LPS centraliza a tomada de decisão, transferindo-a para o “Último Planeador” (*Last Planner*) o responsável de linha de frente (ex: encarregado ou chefe de equipa) que detém a autoridade final para alocar recursos e decidir o início das tarefas a elaborar a curto prazo.

O objetivo do sistema é promover a estabilidade do fluxo de trabalho. Para tal, o *Last Planner* não se limita a monitorizar o progresso, mas atua na gestão de restrições, assegurando que todos os pré-requisitos (materiais, informações, acesso, equipamento) estão garantidos antes de uma atividade ser autorizada.

Para complementar esta ferramenta o sistema introduz uma métrica fundamental de desempenho: a PPC (Percentagem de Planeamento Concluído). Semanalmente, compara-se o trabalho efetivamente realizado com o que foi estabelecido no plano semanal. [23]

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

O cálculo da PPC permite medir a fiabilidade do planeamento. Mais do que um indicador estatístico, a análise das problemáticas permite investigar as causas-raiz, promovendo um ciclo de aprendizagem e prevenção de erros futuros.

O *Last Planner* estrutura-se em diferentes níveis de planeamento, segundo Ballard [33], nos quais vão aumentando o detalhe à medida que a execução se aproxima, funcionando por um princípio de cascata.

1. Planeamento a Longo Prazo (*Master Scheduling*): Corresponde à calendarização global do empreendimento. Definido com base nos requisitos contratuais do cliente, o seu foco reside na identificação dos marcos chave e na definição das estratégias macro de execução para garantir o cumprimento dos prazos globais.
2. Planeamento de Fases (*Pull/Phase Scheduling*): Situado no nível de médio prazo, este planeamento é desenvolvido colaborativamente pela equipa responsável por uma fase específica da obra (ex: fundações, estrutura, acabamentos). Utiliza a técnica *Pull* sendo planeado do final para o início para garantir que apenas se produz o necessário para libertar a etapa seguinte, otimizando o tempo disponível.
3. Planeamento de Antevisão (*Lookahead Planning*): Este nível atua como um filtro entre o planeamento global e a execução semanal. O *Lookahead Plan* sequencia o fluxo de trabalho para as próximas semanas (habitualmente 4 a 6 semanas), com o objetivo principal de identificar e remover restrições. É nesta fase que se analisam as interdependências e se assegura que a mão-de-obra e os recursos estão disponíveis e correspondem à carga de trabalho prevista.

4. Planeamento de trabalho semanal (*Weekly Work Plan*): Situado no nível de curto prazo (execução imediata), representa a fase de maior detalhe. Selecciona, a partir do *Lookahead Plan*, as atividades que estão efetivamente livres de todas as restrições e possuem os recursos assegurados. O seu foco reside na transição do "o que pode ser feito" para "o que vai ser feito", estabelecendo metas de produção entre as equipas para a semana seguinte. É com base neste plano que, posteriormente, se mede o cumprimento dos prazos através do indicador PPC (Percentagem de Planeamento Concluído).

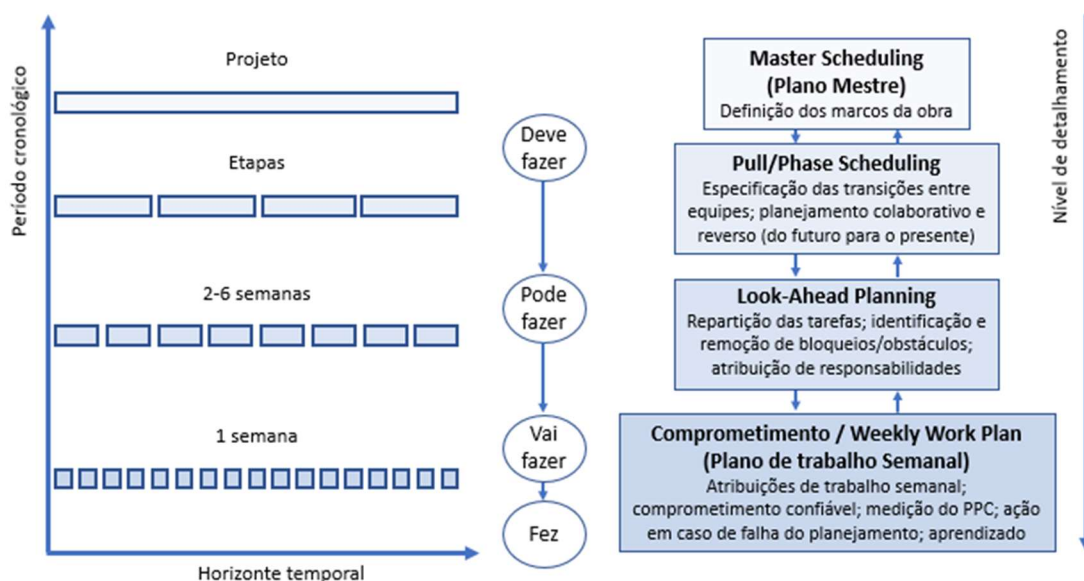


Figura 18 - Hierarquia do planeamento segundo o LPS [50],[33]

4.2.4.13 Key Performance Indicators – Indicadores Chave

Um KPI é uma forma de medir uma atividade ou parâmetro que tenha influência no resultado da empreitada. Dependem das políticas da empresa, do método de organização e dos processos de produção. De forma geral os KPI's apresentam, os seguintes critérios: [36]

- Definidos pela Direção
- Devem ser alvos de revisão diária, semanal, mensal ou trimestral dependendo do indicador.
- Avaliados através de rotinas de inspeção
- Dados devem ser apontados em folhas, por exemplo, Excel, nas quais seja possível a verificação da evolução dos mesmos ao longo do empreendimento
- Permitem um seguimento constante das operações.

4.2.4.14 *Gemba Walks*

Esta ferramenta consiste na realização de uma observação da empreitada e a todos os processos. A mesma ocorre para a verificação de eventuais desperdícios que ocorrem nos fluxos produtivos. Assim, é possível identificar quais atividades não acrescentam valor final ao resultado do processo em desenvolvimento permitindo atuar nas mesmas de modo a eliminar esses desperdícios. [21]

4.2.4.15 *Relatórios A3*

Os relatórios A3 são um princípio *Lean* relacionado com a standardização do processo construtivo. Os mesmos devem ser elaborados aquando da constatação de um problema ou desperdício numa tipologia de atividade. Dá origem a uma forma de realização padronizada e, segundo a qual, esses erros ou problemáticas não voltem a ocorrer. É, portanto, uma ferramenta na qual se dá um a implementação de um processo de melhoria, resumida numa folha A3 na qual são abordados os campos: [21]

- Contexto – Propósito e necessidade
- Situação atual – O que está a acontecer agora? Problema?
- Objetivos e metas
- Análise da situação e identificação das causas – Quais os pontos de melhoria?
- Situação futura e contramedidas – Possibilidades de eliminar as causas?
- Plano de implementação – Principais ações?
- Monitorização da implementação do plano de ação – Ações resultaram em impacto?

4.2.4.16 *Controlo Visual*

A ferramenta do Controlo ou Gestão Visual remete para uma técnica simples de comunicar e partilhar a informação por todos os intervenientes da obra acerca das tarefas em elaboração, planeadas permitindo identificar anomalias, desvios ou não-conformidades. O afixar de folhas que identifiquem o planeamento de algumas atividades, a restrição das passagens e caminhos a percorrer em obra, a avaliação do desempenho dos subempreiteiros e a partilha do mesmo através de cores, apresentam-se como formas de aplicação prática desta ferramenta que possibilita de forma simples e eficaz apoiar as outras técnicas *Lean* a maximizar o desempenho. [21]

4.2.4.17 Kaizen

O *Kaizen* não é propriamente uma ferramenta, mas sim um princípio que se encontra também na base da “*The Toyota House*”. É o conceito basilar para todas as outras ferramentas e relaciona-se com “Melhoria Contínua”. Os problemas devem ser encarados como um sistema evolutivo sendo que as várias equipas devem apresentar-se capazes de os identificar e os resolver. [4]

4.2.5 Lean Thinking – O pensar de forma limpa

Tendo todos princípios, ferramentas, condicionantes e a verificação que, de facto, a metodologia *Lean* é uma realidade na indústria da manufatura e poderá vir a ser uma realidade na indústria da construção. Desta forma, é importante sintetizar os conceitos numa tabela referente à forma de pensamento *Lean*, a estrutura do *Lean Thinking*. Através da mesma podem verificar-se os objetivos da metodologia, os princípios, os elementos fundamentais e os exemplos de ferramentas que já foram anteriormente abordados, mas agora relacionados com os princípios aos quais pretendem responder. [17]

Quadro 8 - Estrutura do *Lean Thinking* [17]

Objetivos	Princípios	Elementos Fundamentais	Exemplos de ferramentas
Melhorar continuamente a competitividade da empresa através de: - Eliminação de desperdícios; - Atender aos requisitos dos clientes em variedade, qualidade, quantidade, tempo e preço	Valor	Pacote produto/serviço de valor ampliado	-Variedade de produtos planeada
		Redução de tempos de entrega (<i>lead times</i>)	-Engenharia simultânea
	Cadeira de Valor	Alta e estendida agregação de valor na empresa	-Mapeamento do fluxo de valor -Parcerias com fornecedores
	Fluxo de Valor	Produção em fluxo	-Células de produção -Pequenos lotes -TPM (Total Productivity Maintenance) -Jidoka (qualidade na fonte) -Poka-yoke (dispositivos à prova de erro)

<i>Pull</i> ("Puxar")	Trabalho padronizado	-Controlo visual
	Produção e entrega JIT	-Kanban
	- Gráfico de operador	-Nivelamento da produção
	Recursos flexíveis	- <i>Set-up</i> rápido
		-Equipamentos flexíveis
		-Multifuncionalidade de operadores
Perfeição	Aprendizagem rápida e sistematizada	-Equipas autogerenciáveis
		- 5W 2H
		- Programa de sugestões
		- 5S
	Foco comum	- Compromisso da direção da empresa com os funcionários
		-Treino de todos na empresa e fornecedores nos princípios e ferramentas <i>Lean</i>
		-Simplicidade na comunicação

4.3 FERRAMENTAS *LEAN* COMO COMBATE AO DESPERDÍCIO

Depois de abordadas as ferramentas *Lean* e os desperdícios associados ao contexto do setor da construção é necessário verificar qual a correlação entre os mesmos: quais as ferramentas mais indicadas ao “combate” dos desperdícios? A resposta a esta questão, verifica-se na seguinte imagem:



Figura 19 - Ferramentas de resposta aos desperdícios (Adaptado de: [8], gerado com auxílio de ChatGPT)

Nesta imagem estão apenas contempladas as ferramentas abordadas anteriormente e que poderão ser alvo de aplicação no caso de estudo. Assim deve-se referir que as ferramentas como resposta aos oitos desperdícios vão além das apresentadas.

4.4 LEAN CONSTRUCTION – APLICAÇÕES PRÁTICAS

Na última década a proliferação da metodologia *Lean* aplicada à construção tem vindo a ser cada vez mais evidente. Em países como Estados Unidos e vários ao longo da Europa, esta forma de pensar o processo construtivo apresenta-se como ponto essencial para desenvolver o setor da construção em todas as fases: na construção, no projeto e nos próprios departamentos das empresas. Na Europa esta técnica é demonstrada em empresas de topo como a VINCI, Strabag, Skanska, Hochtief, entre outras, as quais se reúnem de forma periódica para a troca de informações acerca das evoluções da implementação do processo. Estas experiências são trocadas no seio de um grupo de trabalho designado por ENCORD – *Lean Construction* no qual todas as empresas referidas estão inseridas [21].

Em Portugal, foi também já aplicada esta metodologia numa empresa aquando do desenvolvimento de uma dissertação de mestrado de Ricardo Ferreira ([24]), a qual demonstrou a eficiência de uma das ferramentas propostas por este modelo. Num prazo de 14 semanas com a aplicação do LPS, o autor refere que o PPC da empresa numa obra subiu de 56% para 77%. Esta evolução demonstra, de facto, uma evidência da aplicabilidade da *Lean Construction* em Portugal com a qual é possível aumentar a produtividade do setor e reduzir a imprevisibilidade característica de todos os processos construtivos.

5. ENQUADRAMENTO DA EMPRESA E INQUÉRITO DE CONTEXTUALIZAÇÃO LEAN

5.1 INTRODUÇÃO

Como referido anteriormente, a indústria da construção caracteriza-se pela presença constante de desperdícios e esse fator acaba por ser encarado com normalidade e como um resultado garantido nos processos construtivos. Um estudo presente no artigo elaborado pela McGraw Hill Construction, [51], aponta para tempos associados ao desperdício na construção em valores em torno dos 60%. Já as restantes indústrias, por outro lado e já com ferramentas *Lean* implementadas, possuem valores abaixo dos 15%.

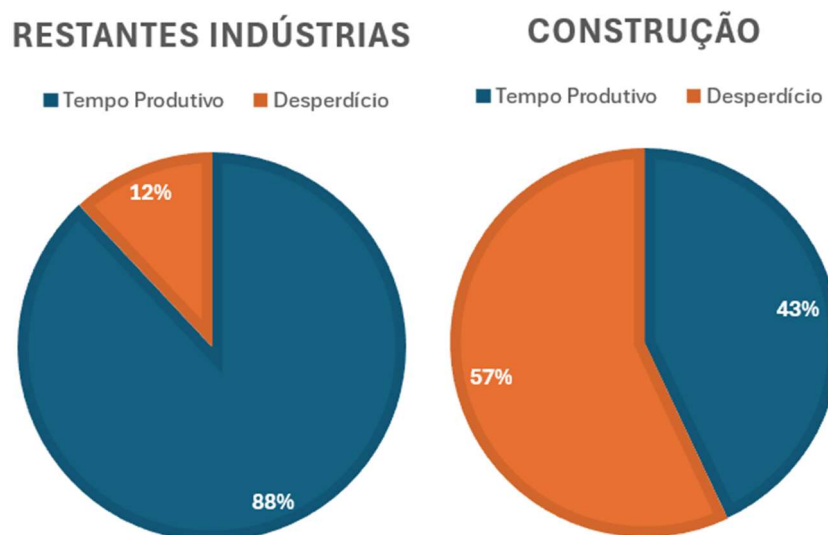


Figura 20 - Percentagens de desperdício na construção e na manufatura (Traduzido de: [51])

Um outro estudo elaborado pela McGraw Hill Construction a empresas do setor da construção evidenciou outra problemática: a falta de noção da ineficiência do setor.

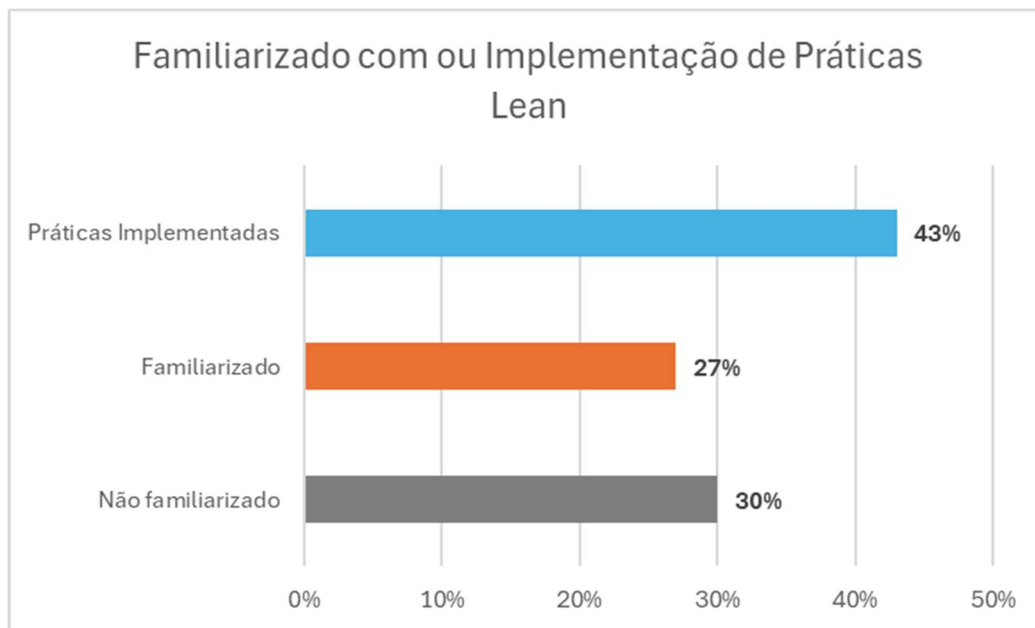


Figura 21 - Familiarização das empresas com práticas *Lean* (Traduzido e adaptado de: [51])

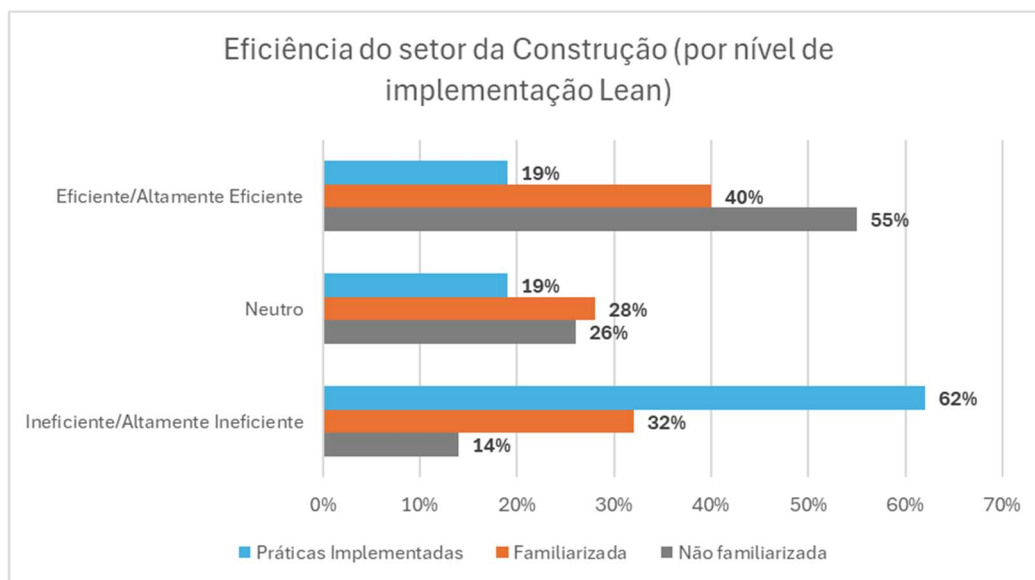


Figura 22 - Eficiência do setor por nível de familiarização *Lean* (Traduzido e adaptado de: [51])

Na globalidade do estudo desenvolvido em 2013, [51], 30% das empresas não se encontravam familiarizadas com a metodologia *Lean* ou qualquer das suas ferramentas. Além disso, 55% dessas empresas consideravam que a indústria da construção é eficiente ou muito eficiente. Ou seja, o problema da indústria, como referido por Iván Rúbio e Juan Pons em [36], é, para além da falta de produtividade e eficiência, a falta de reconhecimento dessa ineficiência.

5.2 EMPRESA – ANORTE – CONSTRUÇÃO E ENGENHARIA

A empresa anorte – Construção e Engenharia, fundada em 2004 por um grupo de quatro engenheiros com vasta experiência, e sediada em Gandra, na Avenida Joaquim Ribeiro da Mota, apresenta um vasto portfólio no âmbito hospitalar, escolar, urbanístico, recuperação de património, social e industrial e habitacional de cariz público e privado. Com um alvará de classe 8 para estruturas, alvenarias e estuques e de classe 5 para vias de circulação, a empresa, ao longo de duas décadas, consolidou a sua posição no mercado, o que é verificado pelos diversos reconhecimentos obtidos quer a nível técnico, quer a nível financeiro. Nestes incluem-se, por exemplo, o estatuto de PME Líder (IAPMEI) e a qualificação em Reabilitação Urbana Inteligente e Sustentável atribuída pela AICCOPN. Para responder às necessidades e exigências do contexto do setor da construção e atender às crescentes necessidades de desenvolvimento sustentável, a organização adotou os princípios de gestão estabelecidos internacionalmente pela NP EN ISO 9001 relativa à qualidade, NP EN ISO 14001 para o ambiente e NP EN ISO 45001 face à segurança e saúde no trabalho.

A empresa apresenta uma organização tradicional dividida em setores de produção os quais se interligam para a execução das empreitadas. Essa divisão encontra-se evidenciada no organograma abaixo representado:



Organograma

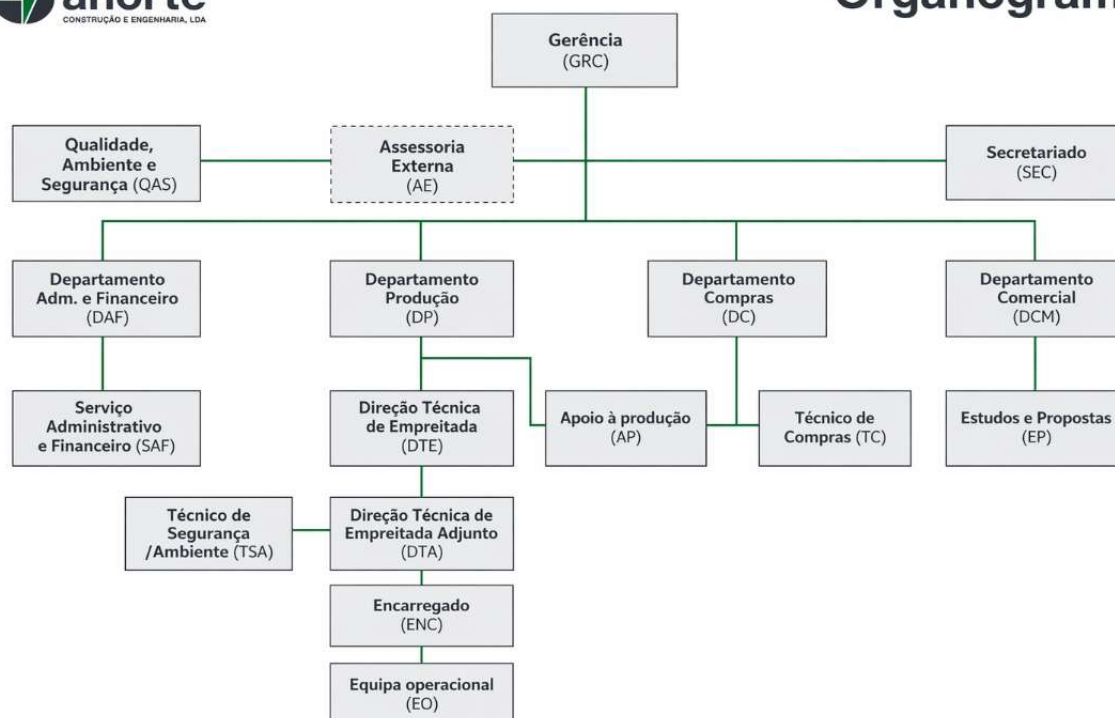


Figura 23 - Organograma da empresa (Editada com ChatGPT)

5.2.1 Inquérito sobre *Lean Construction* e Eficiência do setor da Construção

Com base no estudo desenvolvido pela McGraw Hill Construction em [51], procedeu-se à adaptação da sua estrutura à realidade da empresa em estudo, tendo sido elaborado, no âmbito da presente dissertação, um inquérito aos colaboradores através da plataforma *Google Forms*. O objetivo deste instrumento consistiu em caracterizar o contexto organizacional relativamente ao conhecimento da metodologia *Lean Construction* e à perceção dos colaboradores sobre a eficiência do setor da construção.

Numa primeira fase, procurou-se identificar a função desempenhada por cada respondente, de forma a garantir a representatividade dos diferentes departamentos da empresa na amostra considerada. Posteriormente, foi avaliado o grau de conhecimento dos colaboradores relativamente à metodologia *Lean Construction* e às suas ferramentas, permitindo enquadrar a empresa quanto ao nível de disseminação destes conceitos.

Para os colaboradores que demonstraram possuir conhecimento prévio da metodologia, foram incluídas questões adicionais com o intuito de identificar as ferramentas *Lean* mais conhecidas e recolher a sua percepção acerca da influência desta filosofia na eficiência e produtividade do setor da construção. Por outro lado, para os colaboradores sem conhecimento da metodologia, procurou-se analisar a sua percepção da eficiência do setor sem a influência de conceitos *Lean*, permitindo estabelecer uma comparação entre diferentes perspetivas.

As questões que compõem o inquérito, bem como os respetivos objetivos, encontram-se sintetizados no Quadro 9.

Quadro 9 - Âmbito das questões colocadas em inquérito

Questão	Âmbito
“Qual a função/cargo que desempenha na empresa?”	Conhecer a origem das respostas e a representatividade dos departamentos da empresa na amostra.
“Conhece ou já ouviu falar da metodologia <i>Lean Construction</i> ou em alguma das suas ferramentas?”	Verificar o contexto da empresa face à metodologia <i>Lean Construction</i> .
Se “Sim”:	“Com quais ferramentas ou princípios está familiarizado?”
	“Qual a sua opinião sobre a eficiência do setor da construção?”
Se “Não”:	“Qual a sua opinião sobre a eficiência do setor da construção?”

Das respostas dos vários colaboradores obteve-se os seguintes resultados:

A distribuição obtida pelas várias funções da empresa evidencia-se na Figura 24, demonstrando uma forte presença de colaboradores associados ao departamento de Produção, nomeadamente na Direção de Obra e nos Encarregados de Obra (quatro em cada função).



Figura 24 - Nº colaboradores da empresa que responderam ao inquérito e sua função



Figura 25 - Conhecimento da metodologia *Lean Construction*

Das respostas à segunda questão verificou-se que apenas uma pequena fração (três em 24) de colaboradores já ouviu falar desta metodologia ao contrário dos restantes que não conhecem o termo ou as suas ferramentas.

Acerca das ferramentas entre os que apresentam conhecimento da *Lean Construction* evidenciou-se o seguinte resultado:

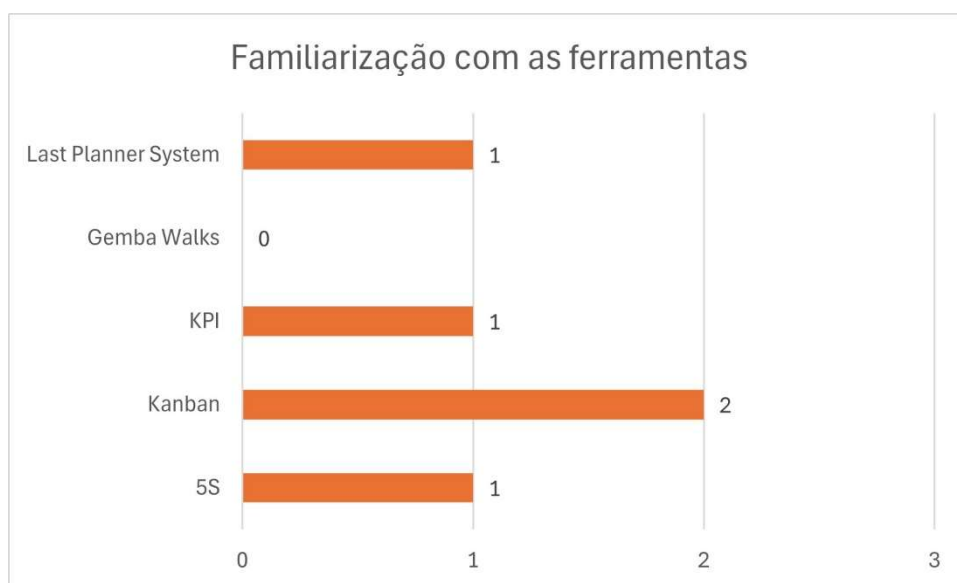


Figura 26 - Conhecimento de ferramentas *Lean*

De notar que das três pessoas que responderam afirmativamente verifica-se a perceção de ferramentas como o LPS, os KPI's, *Kanban* e os 5S.

Por fim, relacionado com a autoavaliação da eficiência do setor e com a coincidência ou não do conhecimento *Lean* obtiveram-se os gráficos presentes na Figura 27. A análise dos resultados sugere que os colaboradores com conhecimento da metodologia *Lean* tendem a apresentar uma perceção mais positiva da eficiência do setor, concentrando as suas respostas entre os níveis "Eficiente" e "Neutro". Em contraste, entre os colaboradores sem conhecimento *Lean* verifica-se uma maior dispersão das respostas, existindo classificações que variam entre "Muito Ineficiente" e "Muito Eficiente", embora predominem igualmente as avaliações intermédias. Estes resultados poderão indicar que o conhecimento dos princípios *Lean* contribui para uma visão mais estruturada dos processos e do potencial de melhoria do setor, ainda que a reduzida dimensão da amostra não permita estabelecer conclusões generalizáveis da empresa quanto à influência do conhecimento *Lean* face à perceção do setor da construção.

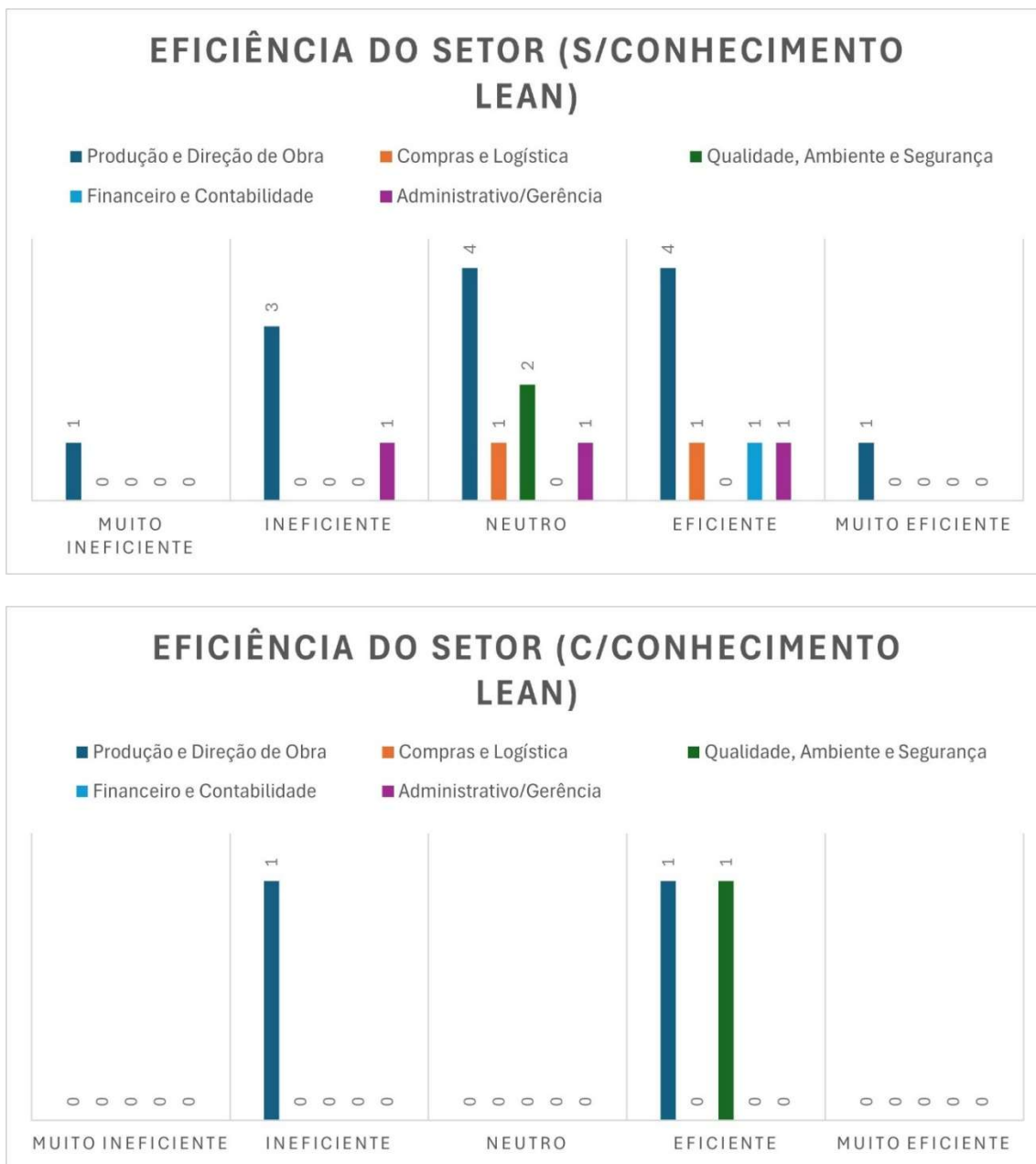


Figura 27 - Eficiência do setor tendo em conta o conhecimento da metodologia *Lean*

Com esta distribuição é possível verificar que o setor da empresa que forneceu mais respostas foi a “Produção e Direção de Obra” totalizando 13 respostas à eficiência do setor sem conhecimento *Lean* e duas respostas com conhecimento *Lean*. Por outro lado, o setor que menos respondeu ao inquérito foi o “Financeiro e Contabilidade” representado apenas por uma resposta enquadrada na eficiência do setor sem conhecimento *Lean*. Com os resultados do inquérito propõe-se várias métricas de análise.

5.2.1.1 Índice de Percepção de Eficiência (Média Ponderada)

Atribuindo um valor numérico a cada nível da escala (de 1 a 5), obtém-se um valor médio de eficiência a cada grupo.

- Muito ineficiente = 1
- Ineficiente = 2
- Neutro = 3
- Eficiente = 4
- Muito eficiente = 5

Desta forma, pode-se proceder ao cálculo de uma média ponderada para o grupo “S/Conhecimento *Lean*” e para o grupo “C/Conhecimento *Lean*”:

$$(1 \times 1) + (4 \times 2) + (8 \times 3) + (7 \times 4) + (1 \times 5) = 1 + 8 + 24 + 28 + 5 = 66 \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{66}{21} \approx 3.14 \text{ (Ligeiramente acima da classificação Neutro)}$$

$$(0 \times 1) + (1 \times 2) + (0 \times 3) + (2 \times 4) + (0 \times 5) = 0 + 2 + 0 + 8 + 0 = 10 \quad (3)$$

$$\bar{x} = \frac{10}{3} \approx 3.33 \text{ (Entre Neutro e Eficiente)}$$

Assim, pode-se afirmar que o grupo com conhecimento acerca de *Lean Construction* tem uma percepção média de eficiência ligeiramente superior (3.33 vs 3.14). De referir que este processo linear de análise esbate, muitas vezes, as elevadas variações apresentadas numa amostra. Contudo, considerando que a dimensão da mesma é pequena manteve-se esta análise.

5.2.1.2 Taxa de Sentimento Positivo vs. Negativo

Outra métrica útil passa por agrupar as respostas em blocos (Negativo, Neutro, Positivo) para ver a distribuição percentuais nos quais são integrados. No bloco “Negativo” as respostas “Muito ineficiente” e “Ineficiente”, no “Neutro” os colaboradores que apontaram a eficiência do setor como sendo “Neutra” e no “Positivo” o feedback relativo ao setor “Eficiente” ou “Muito Eficiente”.

Grupo S/ Conhecimento *Lean*:

- Visão Negativa (Muito Ineficiente + Ineficiente): 5 em 21 (23,8%)
- Visão Neutra (Neutro): 8 em 21 (38,1%)
- Visão Positiva (Eficiente + Muito Eficiente): 8 em 21 (38,1%)

Grupo C/ Conhecimento *Lean*:

- Visão Negativa: 1 em 3 (33,3%)
- Visão Neutra: 0 em 3 (0%)
- Visão Positiva: 2 em 3 (66,7%)

O grupo sem conhecimento *Lean* está bastante dividido, com uma forte concentração na neutralidade e positividade. O grupo com conhecimento *Lean* é mais polarizado: não há respostas neutras. A maioria (66,7%) considera o setor eficiente, mas a percentagem de quem o considera ineficiente (33,3%) é maior do que no grupo sem conhecimento.

5.2.1.3 *Análise do departamento mais verificado – Produção e Direção de Obra*

Em ambos os gráficos, o departamento de "Produção e Direção de Obra" é o que tem mais peso.

- Sem *Lean* (13 pessoas): As respostas estão espalhadas por toda a escala (desde Muito Ineficiente a Muito Eficiente), com um pico no Neutro e Eficiente. Isto demonstra uma falta de consenso no terreno.
- Com *Lean* (2 pessoas): As respostas estão em extremos opostos (1 Ineficiente, 1 Eficiente). Isto pode sugerir que quem conhece a metodologia *Lean*, ao olhar para a realidade da sua obra, ou vê as práticas a serem bem aplicadas (Eficiente) ou tem um olhar muito mais crítico sobre os desperdícios atuais por saber como as coisas poderiam ser feitas (Ineficiente).

5.2.1.4 *Conclusão da análise à amostra*

Embora os dados apontem para uma perceção de eficiência ligeiramente superior por parte de quem conhece a metodologia *Lean* (3.33 vs 3.14 e 67% de aprovação), a amostra de pessoas com este conhecimento é demasiado pequena (N=3) para tirar conclusões. O estudo revela sobretudo que o conhecimento *Lean* não se encontra de todo presente na empresa.

Fazendo uma correlação com a análise elaborada em [51], demonstra-se uma grande disparidade nos resultados na medida em que as respostas atribuídas à eficiência do setor tendo o conhecimento das ferramentas *Lean*, na empresa se demonstraram positivas face ao inquérito realizado na McGraw Hill Construction. Esta evidência poderá resultar do conhecimento *Lean* na empresa ser superficial ou teórico, isto é, sem que seja posto em prática, não existindo, portanto, uma perceção dos seus benefícios.

Estas diferenças demonstram ainda que, de facto, a proliferação desta metodologia em Portugal, em comparação com o panorama europeu, ainda se encontra em fase muito residual, uma vez que a maior parte dos colaboradores desconhecem os métodos. Por forma a contrariar este panorama de indecisão quanto às ferramentas *Lean* e à eficiência do setor, propõe-se formação aos intervenientes da empresa de maneira a uniformizar a avaliação do contexto em que se encontra o setor da construção.

6. PROJETO-PILOTO, IMPLEMENTAÇÃO *LEAN* E PROPOSTA DE NOVA FERRAMENTA

6.1 INTRODUÇÃO

Dado tratar-se de uma empresa que não apresenta utilização da metodologia *Lean*, o primeiro passo a desenvolver deve passar pela elaboração de um projeto-piloto. Isto é, verificar, num contexto de obra e tendo em consideração ferramentas de fácil aplicação e compreensão, qual a resposta a estas alterações. Para além disso, dado o mesmo ser de teor relativamente rápido é possível avaliar a possibilidade de integração de outras ferramentas e qual o feedback da empresa no que diz respeito à possibilidade de avanço de implementação desta metodologia.

Assim, o projeto-piloto deve-se focar nos seguintes princípios [36]:

- Gerar convicção entre aqueles que ainda não estão convencidos
- Identificar possíveis problemas e evitar frustrações e fracassos futuros
- Identificar os aspetos da estratégia definida que melhor funcionam
- Identificar os aspetos que precisam de ser ajustados ou até eliminados
- Analisar como as pessoas entendem e se relacionam com o sistema
- Analisar como as pessoas enfrentam a mudança de cultura
- Obter os primeiros benefícios que justifiquem a implementação a nível geral

Como síntese das ações para iniciar o processo de transformação *Lean*, e num âmbito de implementação geral, apresenta-se o Quadro 10 analisado em [36].

Quadro 10 - Ações de implementação *Lean* (Traduzido e adaptado de: [36])

Ação	Desenvolvimento
Definição de estratégia e plano de implementação	Em primeiro lugar, é necessário definir a estratégia de trabalho para a implementação do projeto-piloto. Esta exigirá intensidade inicial, de modo a gerar rotinas de trabalho, novos hábitos de comportamento e implementar rapidamente as novas ferramentas e metodologias de trabalho.
Escolha do Projeto-Piloto e da equipa de implementação	Para a escolha do projeto-piloto, recomenda-se definir um projeto ou área de interesse para a empresa. Um dos objetivos do projeto-piloto no âmbito de uma transformação <i>Lean</i> é identificar que aspetos da estratégia devem ser ajustados ou melhorados. Outro aspeto a considerar é a escolha e formação da equipa, à qual se deve transmitir confiança para comunicar tanto os acertos como os erros, para que se possa fazer os ajustes adequados.
Implementação e identificação de lições aprendidas	A implementação da <i>Lean Construction</i> é um processo que admite acertos e erros. Durante esta fase, deve-se verificar a melhor forma de executar o plano de implementação e é possível que nem tudo corra como esperado à primeira. Isto não deve gerar frustração, pois precisamente parte da estratégia piloto baseia-se em identificar lições aprendidas que facilitem o caminho para a implementação a nível global de toda a empresa.
Padronização e ajustes sobre a estratégia original	As lições aprendidas serão documentadas e, ao finalizar o projeto-piloto, serão analisados e feitos os ajustes necessários para melhorar a implementação <i>Lean</i> em futuros projetos ou áreas da empresa. Esta informação será muito útil para que a equipa de direção possa definir melhores estratégias. Os ajustes decididos ficarão registados num novo plano de ação.
Mobilização da estratégia a nível da empresa	Além de obter aprendizagem, outro dos objetivos do projeto piloto é obter resultados positivos de forma rápida, para que sejam capazes de gerar convicção dentro da organização. Assim, uma vez implementado o projeto-piloto e tidas em conta as lições aprendidas, há condições de expandir o <i>Lean</i> para todas as áreas da empresa. Deve-se ter presente que uma transformação <i>Lean</i> requer uma visão a longo prazo, pelo que, certamente, o plano terá de ser ajustado várias vezes ao longo do caminho.

No âmbito mais específico de todo o processo da dissertação, as respostas a estas ações transformam-se ligeiramente na fase da “Definição da estratégia e plano de implementação” e “Escolha do Projeto-Piloto e da equipa de implementação”:

Quadro 11 - Ações de implementação *Lean* específicas

Ação	Desenvolvimento
Definição da estratégia e plano de implementação	Dado ser uma empresa na qual o contacto com a metodologia <i>Lean</i> é pouco representativo é necessária uma apresentação da mesma e seleção de ferramentas de simples interpretação e implementação em obra. Antes de iniciar a implementação e seleção das ferramentas deve-se recorrer a uma análise prévia dos processos e procedimentos da empresa no que diz respeito à implementação <i>Lean</i> de forma inconsciente.
Escolha do Projeto-Piloto e da equipa de implementação	Após a seleção das ferramentas é feita uma análise por parte da empresa da possibilidade de aplicação das mesmas e, posteriormente, em qual das obras as mesmas poderão ocorrer. Desta forma, seleciona-se, em fase prévia, a equipa de implementação a qual potenciará a aplicação destas ferramentas.

6.1.1 Desenvolvimento dos processos de identificação e implementação da *Lean Construction*

A forma de identificação e implementação da metodologia *Lean* na empresa desenvolveu-se tendo em conta o fluxograma da Figura 28. Numa fase inicial é proposto no fluxograma a apresentação das ferramentas na empresa e a seleção da obra. Após esta seleção, a apresentação da metodologia *Lean* deve também ela ocorrer na obra, na presença do Encarregado e Diretor de Obra.

Além disso, o fluxograma aborda os principais processos nos quais são integrados a verificação de ferramentas já implementadas “ad-hoc”, seleção de novas ferramentas *Lean* e implementação das mesmas, contemplando, como conclusão a análise de resultados tendo em conta as ferramentas propostas através de inquéritos aos operadores e pela evolução dos indicadores.

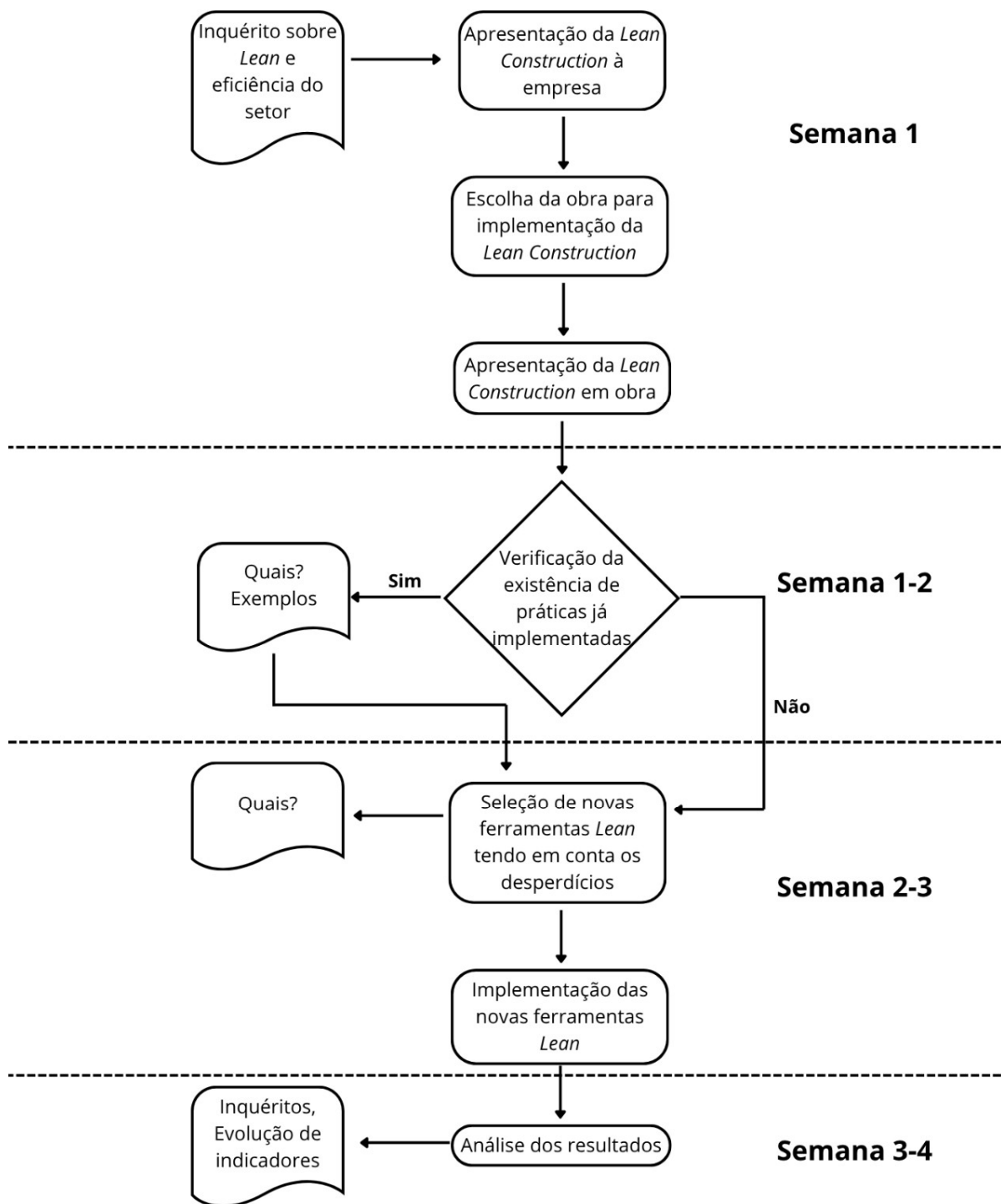


Figura 28 - Fluxograma de implementação do projeto-piloto na empresa

6.1.2 Observação dos processos e identificação de ferramentas em prática

A prática *Lean* no contexto do setor da construção pode apresentar-se segundo diversas formas. A empresa tem conhecimento da metodologia e coloca-a em prática tomando partido dos seus resultados, ou a empresa, que apesar de não conhecer as ferramentas e a *Lean Construction*, desenvolve, de forma empírica processos que representam a aplicação de algumas das ferramentas associadas ao *Lean*. Isto acontece devido à aplicação inata e ao contexto de mercado que assim o obrigam.

Um exemplo dessa aplicação reside no JIT e *Takt Time* aquando de tarefas de betonagem através de autobetoneiras. A fábrica de onde provém o betão promove uma entrega JIT e focada no princípio do *Takt Time*. Caso a produção seja acima do ritmo apresentado na betonagem em obra, o resultado são tempos de espera das autobetoneiras em obra até serem descarregadas, de maneira que os requisitos e características do betão poderão ficar comprometidos.

A encomenda por parte do Encarregado de Obra de gesso cartonado a ser entregue em dias anteriores ao início da tarefa ou no próprio dia de início da tarefa representa um outro exemplo da aplicabilidade prática da metodologia JIT.

Assim, antes de aplicar qualquer tipo de ferramenta é necessário identificar, no seio da empresa e do caso prático, qual o contexto do mesmo e em que medida é que existem ferramentas e processos já implementados em obra, apesar de sem conhecimento que as mesmas seguem princípios *Lean*. Só após esta análise se poderá conscientizar a empresa relativamente à sua prática inconsciente da metodologia *Lean* e indicar a implementação de ferramentas novas.

6.1.3 Ferramentas a implementar no projeto-piloto

Nesta fase primordial, as ferramentas selecionadas para apresentação e possível implementação no projeto-piloto, são, no ponto de vista do autor da dissertação, as que apresentam maior facilidade de implementação e interpretação por parte dos colaboradores na empresa. De nada serve aplicar ferramentas que possuam um elevado impacto na mudança se as mesmas acarretarem um elevado *know-how* incaracterístico de pessoas que nunca sequer ouviram falar na metodologia. Assim, e tendo como base o documento elaborado pela Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção (PTPC) em [21], e considerando as fichas técnicas explicativas das ferramentas e implementação prática das mesmas, selecionou-se, seguindo o critério de simplicidade e facilidade de interpretação, as que estão contempladas no Quadro 12:

Quadro 12 - Ferramentas a implementar no Projeto-Piloto [21]

Ferramenta	Princípio	Fase
5S	Organizar os espaços de trabalho, tornando-os mais seguros e produtivos.	Construção
Gemba Walks	Busca de ineficiências, percorrendo o espaço de trabalho (<i>gemba</i>) por observação dos processos de logística e produção "in loco".	Construção
KPI's (Indicadores Chave)	Promover uma gestão objetiva, através de utilização de indicadores de desempenho (KPI) KPI's a implementar: • Retrabalho • Tempo médio de atraso nos fornecimentos • Erros de projeto • Desvio do tempo da Obra	Construção
Relatório A3	Identificar o problema, analisar, planejar medidas de ação e acompanhar a obtenção de resultados pretendidos.	Construção
Identificação de problemas e Análise das Causas Raiz	Verificação dos principais problemas e metodologia (questões e esquemas) para identificar as causas e sistematizar a correção.	Construção
Last Planner System (LPS) Básico	Determinação do PPC antes da aplicação da metodologia <i>Lean</i> - estudo da evolução diária e ao fim de uma semana	Construção

É importante realçar que, em ferramentas como o LPS, a sua integração não será elaborada de forma singular no projeto-piloto. Esta implementação inicial será efetuada essencialmente para medir os índices da empresa, por exemplo através dos KPI's apresentados retirados de [29] e do PPC, e verificar a forma como o meio envolvente reage à implementação de técnicas como o 5S, os *Gemba Walks*, entre outras.

6.1.3.1 5S

A forma de implementação da metodologia 5S decorrerá da seguinte forma [21]:

- Seleção do espaço a intervir;
- Breve formação sobre as metodologias a implementar;
- Levantamento fotográfico da situação atual;
- Plano de ação a realizar;

- Arrumar e organizar os itens de acordo com a sua frequência de utilização;
- Identificação dos locais de arrumação e dos itens e estabelecimento de regras através de meios visuais;
- Estabelecer plano de limpeza e inspeção periódico;
- Levantamento fotográfico da situação após intervenção;
- Verificar periodicamente o cumprimento dos procedimentos.

Para além desta forma de implementação, serão distribuídas pela obra folhas de explicação da ferramenta 5S, as quais os colaboradores poderão consultar e conscientizar-se da importância da mesma na obra.

6.1.3.2 *Gemba Walks e Identificação de problemas, Análise das Causas Raiz (5W2H) e Relatórios A3*

Uma outra técnica que poderá ser importante nesta fase inicial serão os *Gemba Walks*. Esta metodologia simples de andar pela obra e identificar os problemas já conhecidos permite, além disso, prevenir o surgimento de outros. Após a ida ao “terreno”, devem ser analisadas as principais causas dos problemas com recursos a, por exemplo, diagramas de *Ishikawa* ou espinha de peixe com base nas respostas à metodologia 5W2H. Com a elaboração destas práticas, as informações poderão ser reunidas numa folha A3 (Relatórios A3), a qual contempla para os erros analisados, as principais causas e as formas de prevenir o surgimento dos mesmos.

6.1.3.3 *KPI's (Indicadores-Chave) e LPS*

Estas metodologias de análise *Lean* serão centrais na avaliação do estado da empresa quanto ao seu desenvolvimento e eficiência. Com os KPI's mencionados será possível verificar os defeitos e os consequentes retrabalhos (fontes de desperdício) existentes em obra, a dependência do desenvolvimento da obra face aos fornecedores e a verificação de erros de projeto existentes que atrasam a evolução do processo construtivo. Para implementar os mesmos será necessário ir às frentes de obra, analisar a existência de retrabalhos e os defeitos verificados; com apoio de dados pré-existentes, verificar e quantificar os atrasos dos fornecedores e aferir a possibilidade de implementação de outras ferramentas *Lean* (JIT); tendo em conta a análise do projeto quantificar os erros de projeto encontrados já na fase de execução da obra. Por fim, com recurso ao indicador PPC através da interpretação do planeamento e execução das tarefas, é possível verificar o atraso ou adiantamento da empresa na empreitada face ao estipulado.

Os KPI's a implementar nesta fase inicial apresentam as seguintes fórmulas de cálculo:

Quadro 13 - Fórmulas de Cálculo dos KPI's do Projeto-Piloto [29]

KPI	Fórmula de cálculo
Retrabalho	$= \frac{n.^{\circ} \text{ de homens}_{ho} \text{ utilizados no retrabalho}}{n.^{\circ} \text{ total de homens}_{hora}} \times 100$
Tempo médio de atraso nos fornecimentos	$= \text{Tempo médio de atraso (a entrega ocorre depois do agendado)}$
Erros de projeto	$= \frac{n.^{\circ} \text{ de erros do projeto}}{n.^{\circ} \text{ total de desenhos}}$
Desvio do tempo da Obra	$= \frac{\text{Duração efetiva da obra} - \text{Duração estimada da obra}}{\text{Duração estimada da obra}} \times 100$

6.2 CASO DE ESTUDO – PROJETO-PILOTO

A seleção do caso de estudo proposto pela empresa para implementação da metodologia *Lean* realizou-se tendo em conta parâmetros os quais, nesta fase e dado o nível de conhecimento das ferramentas na empresa e nas obras ser reduzido, apresentam-se como obrigatórios de ser verificados. Entre eles encontram-se:

- Baixa complexidade tecnológica
- Equipa reduzida
- Pessoal técnico (Encarregado de Obra e Diretor de Obra) abertos à mudança e disponíveis para provocar a implementação
- Obra com margem de progressão *Lean*
- Repetitividade de processos
- Facilidade de controlo e gestão do estaleiro

Após se analisar entre cinco obras disponíveis chegou-se à conclusão de que uma das obras se enquadraria nestes parâmetros: obra de estacionamentos em betão armado à vista com quatro pisos elevados e um piso enterrado. Cada piso apresenta uma área bruta de cerca de 1050m². Os trabalhos mais relevantes que caracterizam a obra estão relacionados com as betonagens dos elementos, que foram possíveis acompanhar ao longo do desenvolvimento da dissertação, e o revestimento do edifício em policarbonato alveolar.

6.2.1 Análise de ferramentas já implementadas

Embora se tenha constatado que a empresa não detém um conhecimento generalizado relativamente à metodologia *Lean*, alguns dos processos de trabalho implementados estão muito alinhados ou relacionam-se com as ferramentas *Lean* propostas anteriormente. Os mesmos não são, apesar de tudo, encarados como *Lean Construction*, mas foram postos em prática na medida em que, com o tempo, se observou a sua necessidade. De entre os procedimentos já implementados e após várias visitas à obra destacaram-se os procedimentos:

- **Reuniões diárias da equipa:** ferramenta que integra o princípio do LPS e que é desenvolvida diariamente pelo Encarregado de Obra, no início ou no final do dia, para estabelecer objetivos e metas a desenvolver durante esse dia ou no dia seguinte.
- **Gemba Walks:** uma prática comumente implementada no setor da construção na busca de erros e, muitas das vezes, na previsão da ocorrência dos mesmos atuando de forma antecessora ao seu aparecimento. Um exemplo da aplicação desta ferramenta verificou-se aquando das idas à obra em fase de armação dos elementos estruturais para a concretização dos mesmos de acordo com o projeto.
- **TQC, Seiketsu (5S) e Poka-Yoke:** dado tratar-se de uma obra cujo acabamento interior é betão à vista, de modo a garantir a qualidade do mesmo nas lajes dado o facto de serem os elementos mais suscetíveis a desgastes, a empresa decidiu que após a betonagem destes elementos horizontais cobrir os mesmos com alcatifa e só depois desenvolver todos os procedimentos seguintes. Esta tarefa preventiva segue conceitos relacionados com a garantia total da qualidade do elemento (TQC), com a padronização dos processos (*Seiketsu*), na medida em que as tarefas seguintes só se desenvolvem aquando da colocação completa da alcatifa e, por fim, é uma medida para evitar retrabalhos nos pavimentos, que poderá integrar a ferramenta *poka-Yoke*, dado que a cobertura dos pisos evita a sua degradação.



Figura 29 - Uso de alcatifa para proteção de piso em betão armado à vista (TQC, *Seiketsu* e *Poka-Yoke*)

- **Relatórios A3:** a principal característica deste tipo de ferramenta passa por elaborar uma metodologia que permita a otimização de um processo. Apesar de não integrar a forma proposta em [21] e após análise dos procedimentos já estabelecidos na empresa, verificou-se a existência de folhas de planeamento semanal e de notas de encomenda que permitem a melhoria deste processo e a diminuição do tempo para se desenvolver o mesmo. No exemplo das betonagens, o Encarregado de Obra na semana anterior preenche apenas os campos das quantidades e elementos a betonar e é enviado o planeamento para a entidade fornecedora de betão.

	Planeamento semanal - Betão		
Dia	Quantidade (m ³)	Tipo	Equipamento, Tarefa Adicional
Segunda-feira (Y/03/2026)	x	C30/37	Bomba + Laboratório
Terça-feira (Y+1/03/2026)			
Quarta-feira (Y+2/03/2026)			
Quinta-feira (Y+3/03/2026)			
Sexta-feira (Y+4/03/2026)			

Figura 30 - Folha de planeamento semanal para fornecimento de betão (Relatórios A3)

- **Controlo Visual:** uma outra ferramenta já implementada em obra está relacionada com a partilha de informação com todos os intervenientes e restrições de passagens na obra. Um exemplo do uso dessa técnica apresenta-se na afixação de folhas nos vários contentores do estaleiro (escritório, refeitório, vestiário e casas de banho) de modo que todos os trabalhadores estejam integrados e conheçam o planeamento da obra. Outra evidência situa-se na restrição dos corredores de passagem em obra que se delimitaram evitando, neste caso, trabalhos de limpeza complementares na obra além do espaço de passagem.



Figura 31 - Distribuição de informação acerca de Betonagem e Restrição de circulação em Obra (Controlo Visual)

- **Just-In-Time e Takt time:** sendo o edifício em construção em betão armado, a política de fornecimento de betão segue uma metodologia JIT e a sua aplicação em obra o princípio *Takt-time*, na medida em que não deverá ultrapassar a quantidade de material fornecimento ou comprometer a betonagem em obra por falta de produtividade. Dadas estas características e por análise do mapa de tarefas e quantidades através dos comparativos dos preços globais e para a especialidade “Estabilidade”, chegou-se à conclusão que a percentagem de JIT (fornecimento de betão) em obra representa: 10% da globalidade dos preços e 22% quando integrados somente nas tarefas correspondentes à especialidade “Estabilidade”.

Quanto ao tempo verifica-se que esta metodologia ocorre ao longo de 50% do período obra, isto é, durante 110 dias nos quais decorrem tarefas associadas à realização de estruturas em betão armado dos 220 dias estipulados para concretização do empreendimento.

- **Planeamento colaborativo:** outra ferramenta incluída no princípio do LPS e aplicada em obra passa pela abordagem colaborativa de planeamento das tarefas. Um exemplo é o planeamento da data de betonagem que é efetuado em conjunto com as equipas dos subempreiteiros responsáveis pela tarefa.

DATAS DE BETONAGEM DAS PROXIMAS LAJES		
PISO 2	2ª FASE	26/03/2026
PISO 3	1ª FASE	08/04/2026

AS SEGUINTEs SERÃO MARCADAS APÓS REUNIÃO

V. MACEDO
14-03-26

Figura 32 - Referência a marcação de betonagens após reunião com subempreiteiros
(Planeamento Colaborativo)

- **Modelo de produção *Lean Construction* e segundo princípio *Lean*:** além de ferramentas individuais verificou-se a integração de outras formas de pensar *Lean*. Ao nível dos subempreiteiros, sendo um princípio incutido pelo corpo técnico nomeadamente pelo Encarregado de Obra, passou pela integração de todos num ponto de vista de uma equipa, independentemente de pertencerem a subempreiteiros diferentes. Isto é, valorizar o processo, a sua forma de desenvolvimento e o resultado, tendo em conta o “cliente interno”, isto é, a equipa que irá dar continuidade à tarefa.

Deste ponto de vista, dá-se a dissociação do Modelo de Conversão no qual cada subempreiteiro é responsável pela tarefa que lhe é incumbida e apenas se preocupa com a resolução da mesma. Este comportamento cumpre o segundo princípio *Lean* proposto por Koskela em [2]: **Aumentar o valor do *output* através da consideração sistemática dos requisitos do cliente.** A título de exemplo prático presenciado pelo autor da dissertação, este princípio verificou-se através da preocupação da equipa de ferrageiros em esclarecer algumas questões com o Encarregado de Obra, por forma a facilitar a betonagem por parte da equipa dos carpinteiros.

6.2.2 Implementação de ferramentas de identificação, quantificação e resposta a desperdícios - Resultados

Das ferramentas expostas anteriormente, tendo como base o documento desenvolvido pela PTPC e após reunião em obra, destacou-se a necessidade do uso de vários KPI's que facilitassem a interpretação e quantificação de desperdícios nomeadamente relacionados com o tempo, a possibilidade de implementação de ferramentas como o TQC e a sua complementar *Root Cause Analysis*. Para além destas ferramentas, demonstrou-se a disponibilidade de avaliar a evolução do PPC ao longo do desenvolvimento do projeto-piloto e a implementação das ferramentas 5S no estaleiro e na própria obra. O tempo de avaliação destas ferramentas verificou-se semanalmente, por forma a proceder aos ajustes das mesmas à medida da perceção, do contexto, da obra e dos trabalhadores.

6.2.2.1 TQC e *Root Cause Analysis*

Dado se tratar de uma obra na qual o acabamento será em betão à vista, um dos problemas evidenciados relacionou-se com a presença de vazios na superfície de betão dos elementos verticais.



Figura 33 - Presença de bolhas na superfície do betão

Com recurso a ferramentas como o TQC com aplicação do *Root Cause Analysis* (Análise de Causas-Raiz) e através do diagrama de *Ishikawa*, verificou-se as seguintes possíveis causas, tendo como base a investigação elaborada em [31].



Figura 34 - Diagrama de *Ishikawa* - Vazios superficiais no betão

Da análise efetuada em obra e tendo em conta o contexto em que a mesma se desenvolve, verifica-se a possibilidade de ocorrência das situações:

- líquido descofrante inadequado ou elevadas quantidades
- inadequada composição do betão

- trabalhabilidade do betão incorreta
- incorreto modo de vibração
- falta de vibração
- elevada densidade de armaduras nos elementos verticais
- cofragem inadequada

A última causa confirmou-se nos vários elementos e devido à mesma e à consequente dificuldade de betonagem por conta da dimensão dos agregados, decidiu-se, em obra, reduzir a dimensão de projeto de D22 para D16, mantendo as restantes características, de modo a facilitar a betonagem e a vibração dos elementos. Contudo, o resultado obtido foi o que se apresenta na Figura 33. Desta forma, para avaliar a implicação que a dimensão do agregado apresenta no acabamento, alterou-se, novamente, a composição do betão no que diz respeito à granulometria dos agregados reestabelecendo as dimensões de projeto, isto é, de D16 para D22.



Figura 35 - Resultado da betonagem após a alteração das dimensões dos agregados (D16 para D22)

A betonagem após a alteração da dimensão dos agregados verificou novamente a presença de vazios na superfície de acabamento do betão. Desta forma, aferiu-se que, possivelmente, o motivo para o surgimento desta anomalia poderia relacionado com o tipo de óleo descofrante utilizado ou com a sua quantidade de aplicação. Testou-se, desta forma, não colocar óleo descofrante nas cofragens em alguns elementos para verificar o seu resultado.

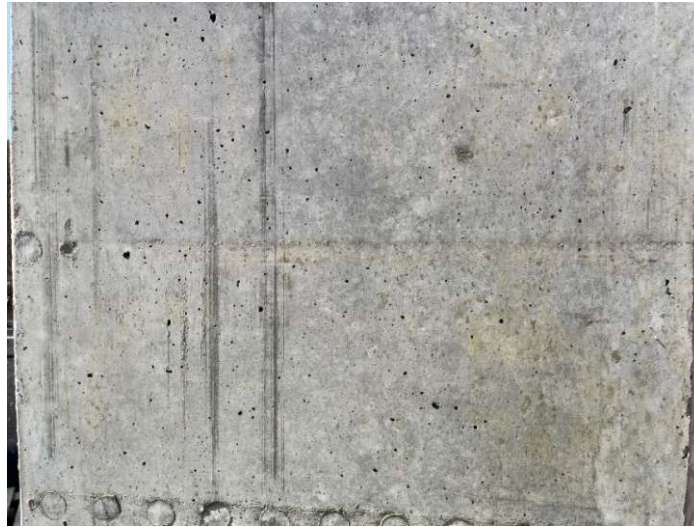


Figura 36 - Resultado da betonagem sem óleo descofrante

Mesmo sem recurso a óleo descofrante o resultado obtido, apesar de menos evidente face aos casos anteriores, ainda persistiu. Relativamente à quantidade de óleo utilizado a sua aplicação é feita através de um pulverizador sendo, portanto, a mesma colocada nas quantidades necessárias. O mesmo poderá ser verificado através da comparação da imagem recolhida em obra com a exposta na dissertação de mestrado [31] a qual abordou as principais causas do deficiente acabamento do betão.



Figura 37 - Quantidade de óleo aplicada na cofragem em obra

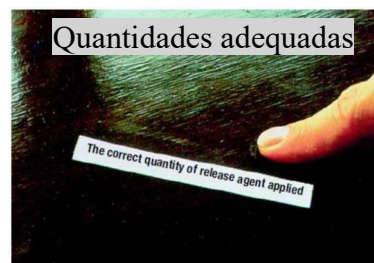


Figura 38 - Quantidades de óleo de referência a aplicar em cofragem [31]

Apesar da adequada vibração, a elevada densidade de armadura na superfície dos elementos verticais impossibilita a sua eficácia na zona de recobrimento de 4cm. Por forma a contornar esta dificuldade, foi ainda elaborado um último teste relacionado com o aumento da trabalhabilidade do betão, isto é, com a passagem da classe de abaixamento S3 para S4 para betonagem de pilares. Após descofragem, verificou-se que o betão ainda apresentava poros na sua superfície.

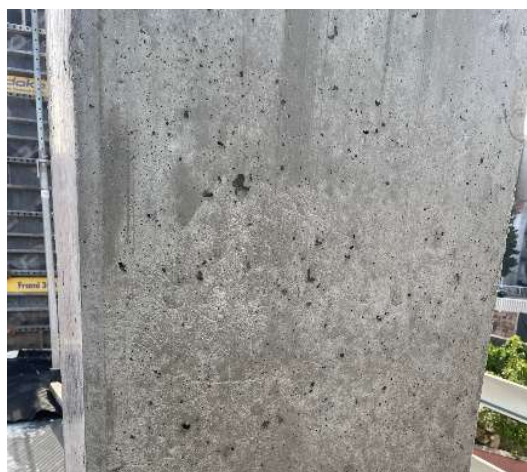


Figura 39 - Superfície de pilares com betão de maior classe de abaixamento

Através deste facto, pode-se concluir que as causas para ocorrência desta anomalia poderão estar relacionadas com a presença de aditivos no betão que provoquem este comportamento ou com a cofragem que devido às suas características não facilita a saída de ar dos pilares aquando da vibração.

Dada a falta de material de cofragem de outra tipologia, através desta ferramenta verificou-se a origem da anomalia, podendo a mesma ser usada de forma preventiva para obras futuras com as características semelhantes às do caso de estudo.

6.2.2.2 KPI's e PPC

Além dos indicadores de desempenho propostos aquando de 6.1.3.3 foi admitida a apresentação de complementos aos mesmos. Ao KPI responsável por quantificar os “Erros de projeto” decidiu-se implementar o fator “Tempo despendido em alterações/erros de projeto”. Em relação ao indicador “Tempo médio de atrasos nos fornecimentos” foi também proposta a implementação da variável “Tempo gasto para contacto com fornecedores”.

Desta forma, com a quantificação destes KPI's existe a possibilidade de verificar o tempo total despendido no desperdício relacionado com o tempo sendo o mesmo, se o processo se encontrasse bem otimizado, desnecessário. A necessidade de contacto com fornecedores para a colocação do material pedido em obra a tempo obriga ao corpo técnico a subtrair-se de tarefas de desenvolvimento da obra para resolver estes problemas.

Adaptando os KPI's demonstrados em 6.1.3.3 às propostas colocadas pelo corpo técnico em obra, ir-se-á acompanhar o desenvolvimento dos seguintes KPI's:

Quadro 14 - KPI's adaptados ao Projeto-Piloto

KPI	Fórmula de cálculo
Retrabalho (%)	$= \frac{n.^{\circ} \text{ de homens}_{ho} \text{ utilizados no retrabalho}}{n.^{\circ} \text{ total de homens}_{ho} \text{ (em obra)}} \times 100 \text{ (semana)}$
Tempo médio de atraso nos fornecimentos e implicações	$= \text{Tempo médio de atraso}$ $= \text{Tempo médio gasto p/contacto com fornecedores}$
Erros de projeto	$= \frac{n.^{\circ} \text{ de erros do projeto}}{n.^{\circ} \text{ total de desenhos}} \text{ (não analisado)}$ $= \text{Tempo médio gasto c/alterações e erros de projeto (não analisado)}$
Desvio do tempo da Obra (%)	$= \frac{\text{Duração efetiva da obra} - \text{Duração estimada da obra}}{\text{Duração estimada da obra}} \times 100 \text{ (proposta alteração)}$

Relativamente ao **retrabalho**, a maior evidência do mesmo resultou na necessidade de reparação das superfícies de betão que irão compor o acabamento do edifício.



Figura 40 - Retrabalho para reparação da superfície de betão à vista

Esta tarefa encontrou-se atribuída a um homem ao longo de 10 dias repartidos pelas três semanas de análise piloto. Tendo em conta o controlo diário de trabalhadores a nível semanal e a necessidade diária de um trabalhador no retrabalho verificou-se o seguinte indicador:

Quadro 15 - Controlo diário de trabalhadores e horas de retrabalho – Projeto-Piloto

Semana 1 (23-27 de março)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nº trabalhadores em obra	19	20	20	22	22
Horas associadas ao retrabalho	10	10	10	0	0
Semana 2 (30 de março – 02 de abril)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nº trabalhadores em obra	18	21	21	22	Feriado
Horas associadas ao retrabalho	0	10	10	10	
Semana 3 (7-10 de abril)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nº trabalhadores em obra	Feriado	22	21	22	19
Horas associadas ao retrabalho		10	7,5	10	10

A alocação ao retrabalho não foi constante ao longo das três semanas dado a necessidade de efetuar tarefas relacionadas com a segurança ou limpeza da obra. Tendo em conta que a duração laboral de um dia de trabalho é de 10 horas e efetivando a contabilização total dos “homens-hora” presentes em obra através do acompanhamento da obra e com ajuda do Encarregado chegou-se ao Quadro 16:

Quadro 16 - Contabilização do indicador - Retrabalho

Retrabalho	NºhH_retrabalho	NºhH	Indicador
Semana 1	30	1030	2,91%
Semana 2	30	820	3,66%
Semana 3	37,5	840	4,46%

Com a análise deste indicador verifica-se que, o retrabalho associado à reparação do betão nas quais o operador responsável está destinado ao desenvolvimento da tarefa, representa aproximadamente 5% de todo o trabalho desenvolvido em obra. Tendo em conta a globalidade da obra, verifica-se que o valor é representativo nesta fase inicial de betonagens e que tende a aumentar devido à necessidade de reparação face ao tempo limite de entrega da obra.

Por observação do autor e do contexto da obra, que se limita a fornecimento, maioritariamente, de betão e aço dadas as suas características, os atrasos acabam por não se quantificar na medida em que os mesmos são pouco representativos. Este facto provém de medidas preventivas como o envio antecipado do planeamento para fornecimento destes recursos aos fornecedores e, também, pelo contacto direto telefónico com os mesmos. Com os atrasos pouco relevantes, o Empreiteiro propôs um complemento a este indicador: focar na quantificação do tempo despendido em chamadas telefónicas (tempo reativo) preventivas ou para confirmar quantidades, no caso do betão. A quantificação do tempo foi efetuada no final de cada semana de acompanhamento do projeto-piloto através o somatório do tempo de chamadas efetuadas pelo Encarregado da Obra para os responsáveis da central de fornecimento de betão para a obra do caso de estudo.

Quadro 17 - Tempo gasto com fornecedores por semana

Tempo Gasto (min.)	Semana 1 (23-27 de março)		Semana 2 (30 de março – 02 de abril)		Semana 3 (7-10 de abril)	
Fornecedor A (Betão)	P	20	P	20	P	20
	CT (Seg.)	2,42	CT (Seg.)	0,35	CT (Seg.)	Feriado
	CT (Ter.)	1,13	CT (Ter.)	3,53	CT (Ter.)	1,63
	CT(Qua.)	1,47	CT(Qua.)	0,50	CT(Qua.)	1,07
	CT(Quin.)	2,70	CT(Quin.)	1,97	CT(Quin.)	3,57
	CT(Sex.)	2,20	CT(Sex.)	Feriado	CT(Sex.)	1,55
	Total	9,92	Total	6,35	Total	7,82
	P + CT (min.)	29,92	P + CT (min.)	26,35	P + CT (min.)	27,82
	%CT/P	49,58	%CT/P	31,75	%CT/P	39,08
P – Planeamento Semanal; CT – Contacto Telefónico						

O tempo despendido no contacto direto com os fornecedores foi apenas quantificado para o fornecedor de betão, dado ser o material necessário em obra diariamente. Verificou-se que, em média, o desenvolvimento e envio do planeamento semanal do betão no final da semana anterior à contemplada demoraria cerca de 20 minutos. Acrescido a este tempo, foram contabilizadas as chamadas telefónicas efetuadas diariamente por parte do Encarregado de Obra e tendo em conta estes valores foi gerado um indicador o qual demonstra, em termos percentuais, o tempo reativo gasto além do planeamento necessário.

$$= \frac{\text{Tempo gasto em Chamadas Telefónicas}}{\text{Tempo gasto com o planeamento semanal}} \times 100 \quad (4)$$

Não considerando os feriados, verificou-se uma representatividade do indicador de cerca de 50%, na Semana 1, que seria o expectável a ocorrer em semanas com 5 dias úteis laborais. Embora o valor em termos globais de tempo ser reduzido, cerca de 10 minutos ao longo de 5 dias, este tempo poderia ser evitado se o planeamento não sofresse alterações com o decorrer da obra e se o processo de fornecimento estivesse otimizado.

Apesar da pouca expressão absoluta (em minutos), estes “micro-desperdícios” quando somados ao longo do tempo geram perdas de tempo mais representativas.

Outro indicador a ser verificado relaciona-se com a presença de erros no projeto e ao respetivo tempo de resolução que provocam derrapagens nos prazos da obra. Durante a fase de implementação do projeto-piloto não se verificou o conhecimento de algum tipo de erros no projeto pelo que este indicador acabou por não ser quantificado.

O último KPI analisado demonstra o desvio temporal da obra e a sua evolução ao longo da execução do projeto-piloto. Dadas as condições meteorológicas adversas registadas nos primeiros meses de 2026, e tendo em conta que as características da obra exigem condições atmosféricas ideais para o seu desenvolvimento, o empreendimento sofreu desvios no prazo. Estes atrasos foram quantificados através da comparação, em semanas, entre a duração planeada para a fase em que o projeto se encontra e a sua duração efetiva, isto é, o tempo real decorrido desde o início dos trabalhos até ao progresso atual da obra. Contudo, o KPI evidenciado anteriormente sofreu alterações dada a necessidade de análise semanal do mesmo.

Tomando como exemplo alguns dos dados recolhidos aquando do desenvolvimento do projeto-piloto verificou-se o seguinte:

Quadro 18 - Quantificação do KPI “Desvio do Tempo de Obra” sem alteração do tempo

Desvio do Tempo de obra	Dur_ef_obra (semanas)	Dur_est_obra (semanas)	Indicador (%)
Semana 1	22	19	15,79
Semana 2	23	20	15,00

Através da quantificação do indicador antes da alteração o intervalo de tempo desfasado entre semanas não era traduzido de forma correta. A lacuna de três semanas existente na “Semana 1” e “Semana 2” traduz-se erradamente num indicador percentual diferente. Isto acontece porque, apesar do valor presente no numerador da equação do indicador ser igual (3 semanas), o denominador da equação contempla um número de semanas cada vez maior com o decorrer do tempo. Desta forma, um mesmo tempo de desfasamento evidencia um menor indicador.

Assim, foi necessário proceder à alteração da “duração estimada da obra” presente no denominador do indicador para a “duração total estimada da obra” presente no planeamento para se conseguir quantificar o indicador contabilizando o intervalo tempo entre o “real” e o “estimado” que anteriormente não se verificava.

$$= \frac{\text{Duração efetiva da obra} - \text{Duração estimada da obra}}{\text{Duração total estimada da obra}} \times 100 \quad (5)$$

A este indicador decidiu-se ainda acrescentar uma variante do mesmo que contemple possíveis suspensões do desenvolvimento das obras devido a motivos incontrolláveis. Desta forma, consegue-se verificar o atraso contratual da obra, uma vez que o tempo em que a obra estiver suspensa não é contabilizado. A variável do indicador é definida pela Equação 6:

$$= \frac{(\text{Duração efetiva da obra} - \text{Tempo de Suspensão da obra}) - \text{Duração estimada da obra}}{\text{Duração total estimada da obra}} \times 100 \quad (6)$$

Assim, é possível determinar o “Desvio Absoluto” da obra através do KPI presente na Equação 5 e o “Desvio Contratual” pela Equação 6. No caso de estudo em análise, como não houve suspensão dos trabalhos ocorrendo apenas uma redução dos rendimentos devido às condições atmosféricas adversas, os dois indicadores equivalem-se dado o “Tempo de Suspensão da Obra” ser igual a 0.

Quadro 19 - Quantificação do desvio do tempo da obra

Desvio do Tempo de obra	Dur_ef_obra (semanas)	Dur_est_obra (semanas)	Dur_est_total (semanas)	Indicador (%)
Semana 1	22	19	45	6,67
Semana 2	23	20		6,67
Semana 3	24	21		6,67

Tendo em conta a análise e interpretação do planeamento da obra verificou-se um desfasamento de tempo face ao estimado inicialmente de três semanas, que se traduz num indicador em termos percentuais de 6,67%. Mantendo os rendimentos apresentados ao longo destas três semanas de análise do projeto-piloto, espera-se que este indicador apresente uma recuperação do atraso com tendência a esbater o desfasamento entre as datas de conclusão planeadas e executadas.

O indicador PPC pretende avaliar o desempenho da obra num espaço de tempo tendo em conta tarefas planeadas e elaboradas. No caso em estudo, determinou-se o PPC a nível diário, por forma a avaliar algum padrão que a empresa possa demonstrar nesta tipologia de obras. Assim, em reunião diária com o Encarregado de Obra, estabeleciam-se os trabalhos a desenvolver com maior relevância, isto é, cofragens, betonagens, armação de elementos, retrabalhos, etc. Tarefas relacionadas com a segurança e limpeza não foram consideradas na medida em que são contínuas ao longo da obra. Desta forma, e tendo em conta que tarefas em desenvolvimento não enquadram no numerador da , estar-se-ia a afetar o mesmo com tarefas as quais nunca estariam efetivadas.

Semana 1 (23-27 de março)									
Tarefas Planeadas	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira
	Cofragem Rampa (1-2)		Armação da Rampa (1-2)		Armação da Rampa (1-2)		Betonagem Laje Piso 2 2ª fase + Rampa (1-2)		Topografia (2)
	Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem e Betonagem de Pilares (1)		Armação Caixa de Escadas (1)		Descofragem Piso 2 1ª fase		Cofragem Parede Oeste Rampa (2)
	Cofragem e Betonagem de Muretes (2)		Armação Caixa de Escadas (1)		Betonagem da Caixa de Escadas (1)		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Armação Parede Oeste Rampa (2)
	Cofragem caixa de escadas (1)		Armação Laje Piso 2 2ª fase		Armação Laje Piso 2 2ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão
	Armação de caixa de escadas (1)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão				Cofragem e Betonagem de Pilares (2)
	Armação Laje Piso 2 2ª fase				Cofragem da Laje Piso 3 1ª fase				Cofragem Laje Piso 3 1ª fase
Tarefas Planeadas/Concluída	7	4	5	1	6	4	4	2	6
PPC	57,14		20,00		66,67		50,00		33,33
Semana 2 (30 de março – 02 de abril)									
Tarefas Planeadas	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira (Dia Santo)
	Armação Parede Oeste Rampa (2)		Armação Parede Este Rampa (2)		Armação Laje Piso 3 1ª fase		Cofragem Núcleo de Elevador (2)		
	Cofragem Parede Oeste Rampa (2)		Cofragem Parede Este Rampa (2)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Betonagem Parede Este Rampa (2)		
	Betonagem Parede Oeste Rampa (2)		Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem Parede Este Rampa (2)		Betonagem Núcleo de Elevador (2)		
	Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Execução do drenagem periférico (Sul)		Armação Laje Piso 3 1ª fase		
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		
	Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Armação Laje Piso 3 1ª fase		Cofragem Núcleo de Elevador (2)		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		
Tarefas Planeadas/Concluída	9	4	9	3	6	3	8	4	
PPC	44,44		33,33		50,00		50,00		
Semana 3 (7-10 de abril)									
Tarefas Planeadas	Segunda-feira (Obra fechada)	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira
			Armação Laje Piso 3 1ª fase		Betonagem Laje Piso 3 1ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão
			Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase
			Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem e Betonagem de Pilares (3)
			Armação Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem Rampa (2-3)		Cofragem Rampa (2-3)		Cofragem e Betonagem de Muretes (3)
			Betonagem de Muretes (2)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem e Betonagem de Pilares (3)		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase
					Betonagem de Muretes (2)		Topografia (3)		Cofragem Caixa de Escadas (2)
Tarefas Planeadas/Concluída			5	1	6	2	6	3	7
PPC			20,00		33,33		50,00		71,43

Figura 41 - Planeamento Diário de tarefas e Desenvolvimento – Projeto-Piloto (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo 0)

As tarefas marcadas no final do dia com a cor verde demonstraram-se “finalizadas”, com amarelo “parcialmente concluídas/em execução” e a vermelho “não executadas ou suspensas”. Analisando e contabilizando apenas tarefas concluídas no dia tendo em conta as desenvolvidas, chega-se ao seguinte resultado:

Quadro 20 - PPC Diário – Projeto-Piloto

PPC (%)		
Semana 1	Segunda-feira	57,14
	Terça-feira	20,00
	Quarta-feira	66,67
	Quinta-feira	50,00
	Sexta-feira	33,33
Semana 2	Segunda-feira	44,44
	Terça-feira	33,33
	Quarta-feira	50,00
	Quinta-feira	50,00
	Sexta-feira	Feriado
Semana 3	Segunda-feira	Feriado
	Terça-feira	20,00
	Quarta-feira	33,33
	Quinta-feira	50,00
	Sexta-feira	71,43

Assim, e apresentando os dados sob a forma de gráfico (Figura 42) verifica-se que a evolução traduz uma elevada variabilidade na conclusão de tarefas a nível diário. Isto ocorre dado o facto existirem tarefas que, quando iniciadas num dia dificilmente, apresentam conclusão no mesmo dia. Incluem-se as cofragens e armações de elementos de grandes dimensões como lajes e paredes, retrabalhos tais como os relacionadas com o tratamento das anomalias das superfícies do betão abordada em 6.2.2.1.

Para complementar este indicador e responder a essas flutuações diárias, decidiu-se desenvolver a análise semanal do mesmo. Assim, consegue-se de um ponto de vista semanal concluir a percentagem de tarefas concluídas tendo como base o planeamento diário.

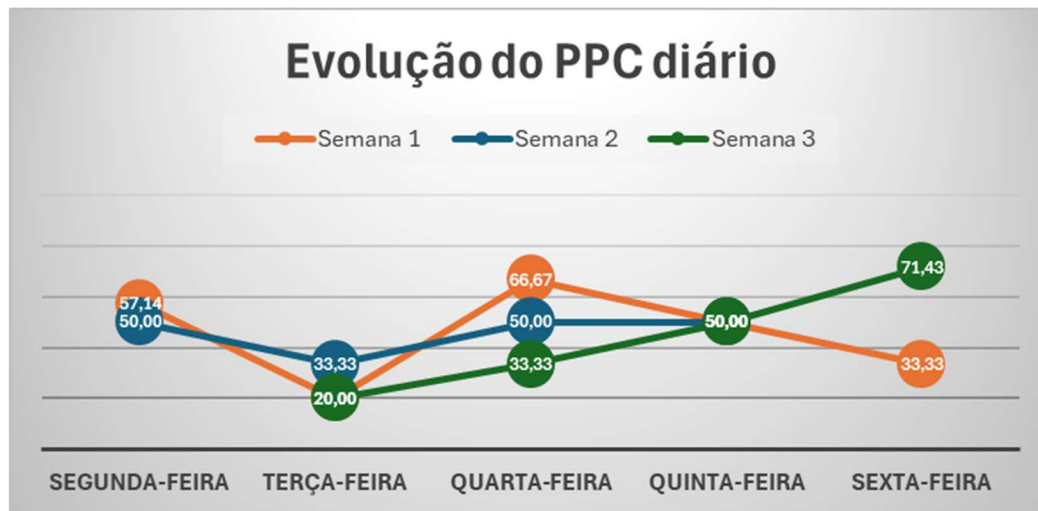


Figura 42 - Gráfico da Evolução do PPC diário no Projeto-Piloto

PPC	Semana 1	Concluída	%PPC
Tarefas Planeadas	Cofragem Rampa		75,00%
	Cofragem e Betonagem de 30 Pilares		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (2)		
	Cofragem caixa de escadas (1)		
	Armação de caixa de escadas (1)		
	Armação Laje Piso 2 2ª Fase		
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão		
	Armação da Rampa (1)		
	Betonagem da Caixa de Escadas (1)		
	Cofragem da Laje Piso 3 1ª Fase		
	Armação Laje Piso 3 1ª Fase		
	Betonagem Laje Piso 2 2ª Fase		
	Descofragem Piso 2 1ª Fase		
	Topografia (2)		
	Cofragem Parede Oeste Rampa		
	Armação parede Oeste Rampa		
	16	12	
Tarefas Planeadas	Semana 2	Concluída	%PPC
	Armação Parede Oeste Rampa		83,33%
	Cofragem Parede Oeste Rampa		
	Betonagem Parede Oeste Rampa		
	Cofragem e Betonagem de 14 Pilares		
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão		
	Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		
	Armação Laje Piso 3 1ª fase		
	Armação Parede Este Rampa		
	Cofragem Parede Este Rampa		
	Execução do dreno periférico (Sul)		
	Betonagem Parede Este Rampa		
	Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		
	12	10	
Tarefas Planeadas	Semana 3	Concluída	%PPC
	Armação Laje Piso 3 1ª fase		83,33%
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão		
	Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		
	Armação Laje Piso 3 2ª fase		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (2)		
	Betonagem Laje Piso 3 1ª fase		
	Cofragem Rampa (2)		
	Cofragem e Betonagem de 18 Pilares (3)		
	Topografia (3)		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (3)		
	Cofragem Caixa de escadas (2)		
	Armação Rampa (3)		
	12	10	

Figura 43 – Planeamento Semanal das tarefas com base no planeamento diário – Projeto-Piloto

Desta forma, verifica-se que o PPC semanal traduz uma maior estabilidade. Isto deve-se ao facto de as tarefas que exigem mais de um dia de trabalho acabarem, na sua maioria, por ser concluídas até ao final da semana. Para as semanas seguintes transitam apenas, essencialmente, dois tipos de tarefas: tarefas de carácter contínuo e transversal à obra como retrabalhos ou tarefas iniciadas nos últimos dias da semana que, dada a sua maior duração, resvalam para o planeamento da semana seguinte. Esta evolução pode ser visualizada e confirmada no seguinte gráfico da Figura 44:

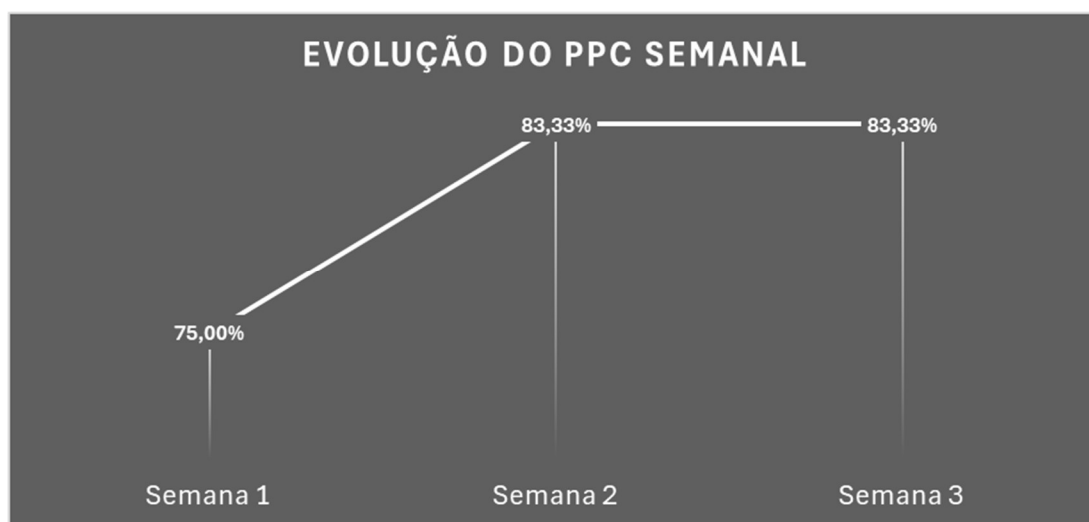


Figura 44 - Evolução do PPC Semanal - Projeto-Piloto

Como referido em [33] e [20], intervalos entre os 70 e 90% representam já, avaliações muito positivas para este indicador, ainda para mais considerando uma empresa que não apresentava nos seus processos a metodologia *Lean*. Desta forma e tendo em consideração estes resultados, decidiu-se não aprofundar a aplicação do LPS no caso de estudo, na medida em que novas ferramentas trariam um maior dispêndio de tempo para adquirir o *know-how* necessário, quando a melhoria que se poderia acrescentar acabaria por não justificar esse esforço. Acresce ainda que a implementação eficaz do LPS requer um período de adaptação organizacional, bem como o envolvimento contínuo dos diferentes intervenientes no processo de planeamento e controlo da produção. Neste contexto, considerou-se que os recursos necessários para aprofundar a aplicação desta metodologia poderiam ser mais vantajosamente direcionados para outras oportunidades de melhoria identificadas no projeto. Assim, procurou-se garantir uma relação equilibrada entre o esforço de implementação e os benefícios expectáveis, privilegiando soluções com maior potencial de impacto no desempenho global da obra.

6.2.2.3 5S

A implementação desta ferramenta dividiu-se em duas partes. Numa primeira fase e após análise e levantamento dos materiais da ferramentaria da obra verificou-se uma dificuldade de aplicação dos 5S no contexto deste espaço. Isto decorre dado o facto de a mesma não apresentar um ferramenteiro fixo para controlar a sua organização e, além disso, por incluir maioritariamente materiais individuais dos subempreiteiros. No que diz respeito ao estaleiro e à organização exterior da obra, verificou-se que a mesma segue um padrão de organização por características de material e a tarefa à qual está associado. Falta, no entanto, para aplicação desta ferramenta, na sua maioria alguns aspetos a ter em conta que serão avaliados através de uma métrica que permite verificar em termos percentuais qual o estado de implementação dos 5S em obra e o que desenvolver para promover a sua aplicação na globalidade.

Quadro 21 - Avaliação percentual da metodologia 5S

Pilar 5S	(%)	Intervalo marco	Justificação
Seiri (Triagem) – S1		0%	Acumulação de resíduos sem separação nas frentes de obra
		5%	Recolha de resíduos quando impede passagem ou desenvolvimento de trabalhos
Separar o necessário do desnecessário	0 a 20%	10%	Presença de locais de deposição de resíduos, contudo a separação dos mesmos não ocorre.
		15%	Separação dos resíduos por tipologia.
		20%	Material utilizado em obra é o estritamente necessário e não existe nenhum resíduo fora do seu local de deposição.
Seiton (Organização) – S2		0%	Materiais espalhados pela obra e circulação impedida por acumulação de resíduos.
		5%	Vias de circulação livres, mas materiais sem local de deposição definido.
A cada material corresponde um lugar	0 a 20%	10%	Estaleiro organizado com zonas destinadas aos diferentes materiais, mas sem identificação visual.
		15%	Zonas de armazenamento delimitadas e identificadas e materiais e ferramentas são recolhidas diariamente e armazenadas.
		20%	A obra encontra-se toda sinalizada e existe um controlo de ferramentas e materiais diário em obra.
Seiso (Limpeza) – S3		0%	Estaleiro degradado: falta de limpeza, resíduos espalhados, equipamentos sujos.
	0 a 20%	5%	Limpeza efetuada apenas antes das reuniões em obra.

Manter o estaleiro e a obra limpos		10%	Limpeza da obra efetuada diariamente ou semanalmente, mas verificam-se equipamentos sujos.
		15%	Estaleiro, obra e equipamentos com rotinas diárias de limpeza estabelecidas.
		20%	Estaleiro sempre limpo: existência de zonas de lavagem para camiões, locais de deposição de restos de betão.
Seiketsu (Padronização) – S4			
Gestão Visual, sinalética, uso de EPI's, regras	0 a 20%	0%	Não se verifica gestão visual e o uso de EPI's não se verifica.
		5%	Sinalética mínima apresentada e/ou em más condições e uso de EPI's aleatório.
		10%	Sinalética adequada para os principais perigos e formas de atuação e uso de EPI's obrigatório, contudo necessárias chamadas de atenção.
		15%	Gestão Visual evidente e uso de EPI's transversal a todos os operadores, sem chamadas de atenção.
		20%	Estaleiro bem definido e intuitivo com caminhos de fluxo e definição das vias de circulação em toda a obra. O uso dos EPI's demonstra-se por vontade própria dos operadores.
Shitsuke (Disciplina) – S5			
Garantir o uso e a permanência das regras	0 a 20%	0%	Não se verifica a permanência das regras de limpeza, organização, padronização e triagem.
		5%	Disciplina depende maioritariamente pela necessidade imposta pelo Encarregado/Diretor de Obra.
		10%	Regras cumpridas por uma parte da equipa de forma voluntária.
		15%	Correção de anomalias por parte dos operadores de forma autónoma, estando os 5S integrados no seio da obra.
		20%	Sugestão por parte da equipa de obra para implementação de novas medidas de organização, limpeza, triagem e padronização

Para se obter a percentagem global implementada da ferramenta tendo em conta a análise efetuada anteriormente a mesma será efetuada através da soma de cada valor percentual característico de cada pilar 5S no caso de estudo.

$$5S (\%) = (\%)S1 + (\%)S2 + (\%)S3 + (\%)S4 + (\%)S5 \quad (7)$$

Tendo em conta este valor, uma outra forma de análise complementar à métrica poderá passar por efetuar a classificar global da obra, baseada neste valor percentual, apresentando-se a proposta de classificação no Quadro 22 definido pelo autor:

Quadro 22 - Classificação global da ferramenta 5S em casos de estudo

Intervalo	Classificação	Justificação	Ação necessária
80% - 100%	Excelente	Pessoas motivadas, organização por instinto e trabalho flui sem dificuldades.	Manutenção das práticas.
60% - 79%	Muito Boa	Organização exemplar do estaleiro, exceto pontualmente.	Promover maior disponibilidade de organização aquando dos surgimentos ocasionais.
40% - 59%	Boa	Estaleiro e operadores organizados, mas dependente de chamadas de atenção do responsável.	Definição de equipas de organização e de controlo para manter práticas 5S.
20% - 39%	Crítica	Desorganização corrente que gera falta de produtividade.	Implementação de medidas de organização e de sensibilização dos operadores.
0% - 19%	Inaceitável	Ambiente não propício a trabalhos o qual gera maiores riscos de acidentes.	Necessidade de implementação de medidas 5S e de segurança com urgência.

Tendo em conta a proposta de avaliação desenvolvida e analisando o princípio que cada pilar dos 5S remete, é possível determinar qual a classificação global do caso de estudo tendo em vista esta métrica.

- *Seiri* (Triagem)

No que diz respeito à triagem dos materiais em obra e após análise e tendo em consideração a organização promovida quanto à separação do necessário e desnecessário, verificou-se que este caso de estudo se integra no intervalo marco relativo aos **15%**. A separação dos resíduos gerados pelos operadores ao longo do dia apresenta-se também evidenciada no interior do estaleiro por recipientes os quais são devidamente identificados.



Figura 45 - Separação dos resíduos para recolha

- *Seiton* (Organização)

Cada tipo de material é agrupado maioritariamente por classe ou tarefa a elaborar. Exemplo disso são materiais para efetuar drenagens que se encontram juntos, contudo, na maioria dos casos não existe a sua identificação.



Figura 46 - Organização do estaleiro sem identificação de materiais

As vias de circulação da obra encontram-se definidas, delimitadas e livres. Dado estes factos, ao pilar *Seiton* atribui-se uma classificação de **10%**.

- *Seiso* (Limpeza)

A limpeza na obra é uma obrigação admitida pelo Encarregado de Obra. Existem rotinas de limpeza diária estando uma equipa sempre responsável pela organização e limpeza do estaleiro e da obra. As lavagens das autobetoneiras de betão são efetuadas em locais específicos e raramente ocorrem deposições de betão, contudo quando acontecem apresentam também local específico para tal.



Figura 47 - Limpeza das vias de circulação

Assim sendo, ao terceiro pilar deve-se atribuir uma cotação de **20%**.

- *Seiketsu* (Padronização)

Por observação da envolvente verificou-se que o uso de EPI's demonstra-se em todos os trabalhadores e que a regra é vista com obrigatoriedade. Contudo, ocasionalmente são necessárias chamadas de atenção para alertar para o uso de equipamentos de segurança, como arnês. As sinalizações dos locais demonstram-se essencialmente ao nível das vias de circulação em obra, na deposição de resíduos e na identificação dos vários tipos de instalações presentes em obra ao nível dos vários contentores. Devido a estes factos, a obra, quanto ao pilar da padronização demonstra-se no intervalo de **10%**.

- *Shitsuke* (Disciplina)

A disciplina verificada no seio da empresa demonstra-se presente em várias fases: na preocupação e execução das rotinas de limpeza; na reparação autónoma dos elementos de segurança como guardas, linhas de vida, etc.; na execução de tarefas relacionadas com anomalias nomeadamente nas faces do betão à vista; na preocupação de facilitar trabalhos entre clientes internos, isto é, subempreiteiros. Apesar de não ser encarada como a metodologia 5S, os operadores apresentam no seio da obra um papel que evidencia a sua presença ao longo do desenvolvimento das tarefas. Demonstra-se a vontade prática de propor novas medidas no que diz respeito à limpeza, padronização, organização e triagem. Por estas evidências, quanto ao último pilar dos 5S é admitida uma classificação nos **20%**.

- Classificação final

Assim sendo, a classificação final da obra quanto ao uso e implementação dos 5S, apesar de não se verificar com este ponto de vista, resulta em:

$$5S (\%) = (\%)S1 + (\%)S2 + (\%)S3 + (\%)S4 + (\%)S5 \quad (7)$$

$$5S (\%) = 15 + 10 + 20 + 10 + 20 = 75\%$$

Dada a classificação de 75%, verifica-se que se encontram demonstradas várias medidas propostas pela metodologia 5S existindo em maior evidência a falta de sinalização e identificação dos vários espaços por forma a atingir a excelência quanto a esta métrica.

6.2.2.4 Relatório A3

Tendo em conta o problema que surgiu aquando do aparecimento dos vazios na superfície dos elementos estruturais verticais e as possíveis causas determinadas em 6.2.2.1, elaborou-se um relatório A3 o qual afere quanto às causas deste tipo de anomalias. Assim, reunindo a informação necessária conseguiu-se desenvolver um documento resumo (Anexo A.2) o qual demonstra as conclusões abordadas podendo ser consultado, aquando do surgimento de uma anomalia semelhante na superfície de betão, apontando diretamente para as possíveis causas da mesma.

6.3 IMPLEMENTAÇÃO *LEAN* – SEGUNDA FASE

Após o desenvolvimento do projeto-piloto e a análise verificada no caso de estudo constatou-se a possibilidade de implementação de novas ferramentas *Lean*, para responder a problemas verificados no seio da obra. Além disso, propõe-se também continuar a implementar ferramentas que se verificaram anteriormente, por forma a constatar as conclusões e previsões de evolução de alguns indicadores. Em resumo, o desenvolvimento desta segunda fase de implementação *Lean* teve como base no fluxograma presente na Figura 48.

Com uma duração prevista de seis semanas após o projeto-piloto, esta segunda fase dividiu-se em várias partes: a fase de planeamento das ferramentas e análise do implementado e da possibilidade da sua continuidade, a desenvolver na primeira semana; aplicação em obra das ferramentas seleccionadas e verificação da sua evolução durante as três semanas seguintes; após a implementação *in situ* verificar as interpretações efetuadas ao longo do projeto-piloto e as principais causas de não terem ocorrido, se não se confirmarem, tarefa essa que decorrerá na quinta semana e por fim a proposta de um novo método *Lean* para a indústria da construção: o método *Kantan* com a duração de uma semana.

Esta segunda fase pretende, assim, consolidar os resultados obtidos durante o projeto-piloto, avaliando a sustentabilidade das melhorias alcançadas e a capacidade de adaptação das equipas às novas práticas implementadas. Paralelamente, procura-se identificar novas oportunidades de otimização dos processos produtivos, promovendo uma abordagem de melhoria alinhada com os princípios *Lean*. Deste modo, a implementação não se limita à aplicação isolada de ferramentas, mas assume-se como um processo evolutivo de aprendizagem e aperfeiçoamento das práticas em obra.

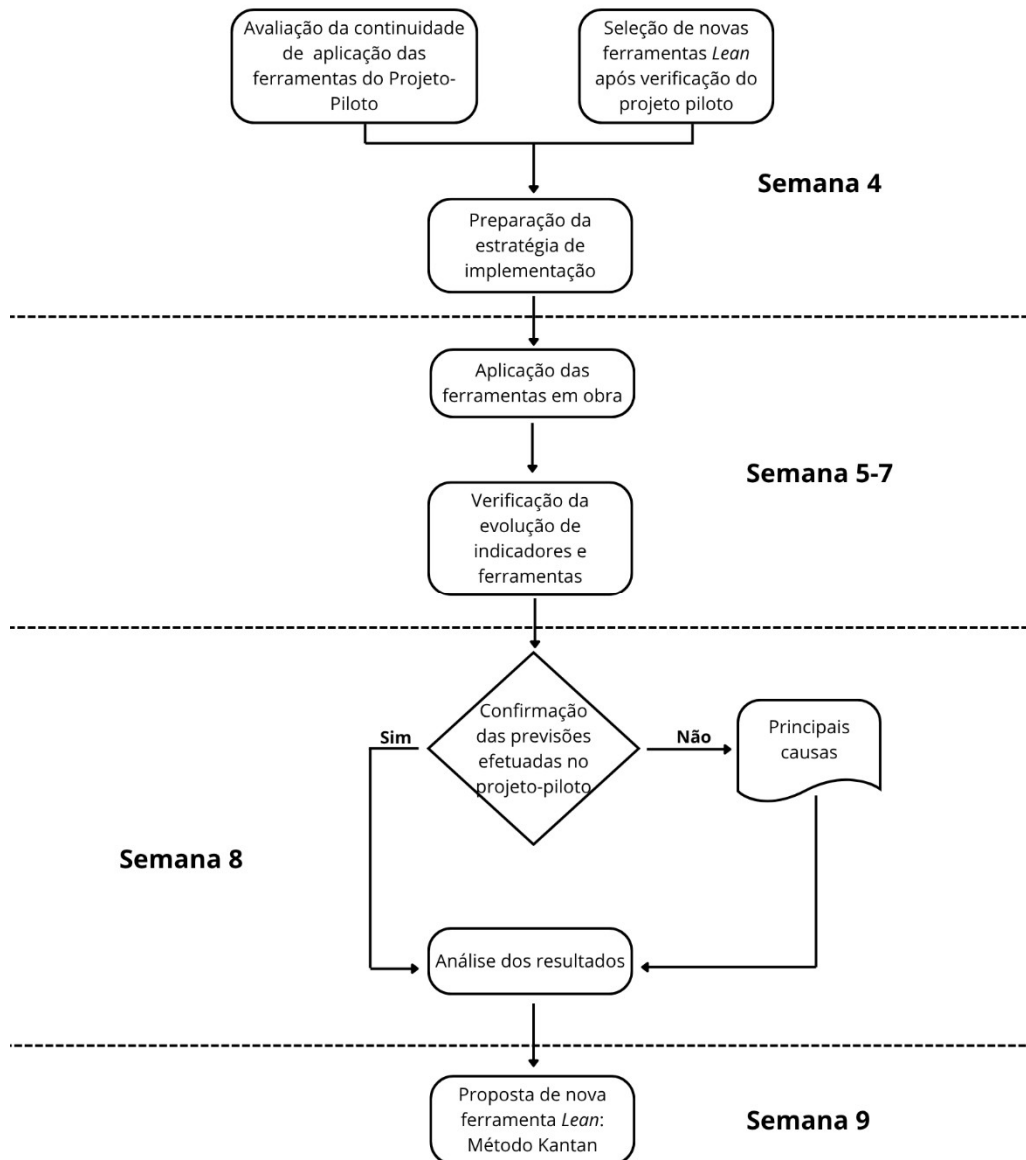


Figura 48 - Fluxograma da segunda fase de implementação *Lean*

Tendo em conta o processo de desenvolvimento e a necessidade de avaliação da evolução da obra, as ferramentas a aplicar no período de avaliação encontram-se evidenciadas no Quadro 23:

Quadro 23 - Ferramentas para implementação *Lean* – Segunda Fase

Ferramenta	Motivo de implementação
5S	Análise da possibilidade de melhorias; Sugestão de melhorias em obra;
KPI's e PPC	- Retrabalho – constatar a evolução do KPI's tendo em conta a aproximação ao prazo de entrega; - Desvio do tempo de obra – verificar o progresso do indicador e se existe algum ganho no intervalo de tempo desfasado; - PPC – avaliar a manutenção dos elevados índices de percentagem de planeamento concluída;
Relatórios A3	Implementação na ocorrência de alguns problemas (TQC); Desenvolvimento de novas folhas de planeamento que permitam otimizar os processos na transversalidade da empresa;
<i>Kanban</i> Adaptado	Promover um controlo de material em estaleiro diário.
LOB	Comparar a produtividade em obra face ao estipulado ao longo do período de acompanhamento.

Ferramentas no contexto do capítulo 6.2.1 (Análise de ferramentas já implementadas), não são referenciadas no Quadro 23 na medida em que é verificado que, de facto, a empresa já apresenta a implementação nos seus processos do dia a dia. Poderão apenas ser melhoradas em alguns aspetos como é o caso dos Relatórios A3.

6.3.1 5S

De entre os pilares avaliados na métrica do capítulo 6.2.2.3 e, por forma a melhorar a classificação do estaleiro e obra quanto à métrica desenvolvida, as tarefas a desenvolver assentarão essencialmente no pilar *Seiton*, no que diz respeito à identificação dos espaços e dos materiais de acordo com as tarefas aos quais são destinados.



Figura 49 - Desenvolvimento do pilar *Seiton*

Foram também implementadas formas de identificação e impedimento de vias de circulação dadas circunstâncias condicionantes da obra, tais como a falta de iluminação.



Figura 50 - Identificação de condicionante de acessos à obra

A melhoria do *Seiketsu* depende dos trabalhadores em obra e do uso autónomo de equipamentos de segurança em trabalhos em altura, não sendo, possível, portanto, implementar ferramentas que possibilitem o aumento da classificação do mesmo.

Desta forma e tendo em conta a melhoria proposta nos pilares 5S, o estaleiro quanto à sua classificação *Lean* e tendo em conta a métrica desenvolvida anteriormente obtém-se:

Quadro 24 - Nova classificação *Lean* do estaleiro

Pilar	Classificação
<i>Seiri</i>	15%
<i>Seiton</i>	20%
<i>Seiso</i>	20%
<i>Seiketsu</i>	10%
<i>Shitsuke</i>	20%
Total da Classificação	85%

Assim, a nível global define-se um estaleiro de carácter *Lean* com classificação excelente (acima dos 80%) dependendo os 15% para atingir a perfeição de parâmetros menos controláveis, como a dependência dos comportamentos dos trabalhadores.

6.3.2 KPI's e PPC

Complementado a análise efetuada na primeira fase de implementação *Lean* (projeto-piloto) deu-se seguimento ao estudo efetuado quanto aos indicadores e à PPC. Como referido anteriormente e apesar de não se aplicarem mais indicadores ou ferramentas do LPS além do PPC, decidiu-se continuar a dispor da sua análise, na medida em que se tenciona avaliar no final da segunda fase de implementação a comprovação da interpretação dos indicadores aquando do projeto-piloto.

6.3.2.1 Retrabalho

Após análise dos resultados do projeto-piloto e do contexto da obra, previa-se que com o passar do tempo houvesse um aumento das tarefas relacionadas com o retrabalho em obra. Com o acompanhamento da obra na segunda fase de implementação *Lean* recolheram-se novamente os dados quanto ao controlo diário de trabalhadores e o número de horas despendidas por cada colaborador na execução de tarefas relacionadas com o retrabalho. Desta forma obtiveram-se os dados apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 - Controlo diário de trabalhadores e horas de retrabalho – 2ª Fase de Implementação

Semana 5 (20-24 de abril)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nºtrabalhadores em obra	Falta	21	21	27	21
Horas associadas ao retrabalho		10	0	0	0
Semana 6 (27 de abril – 01 de maio)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nºtrabalhadores em obra	22	24	23	27	Feriado
Horas associadas ao retrabalho	0	0	0	10	
Semana 7 (04 – 08 de maio)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nºtrabalhadores em obra	24	23	23	23	21
Horas associadas ao retrabalho	0	0	10	40	20
Semana 8 (11 – 15 de maio)					
Controlo diário trabalhadores	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
Nºtrabalhadores em obra	19	21	16	18	19
Horas associadas ao retrabalho	5	0	0	0	0



Figura 51 – Percentagem de retrabalho em Obra - 2ª Fase de Implementação

Esse aumento não se verificou constante ao longo do período de avaliação. Somente na sétima semana de análise existiu um acréscimo deste indicador face ao avaliado em fase inicial. A justificação para estes resultados apresenta-se na falta de força de trabalho para desenvolver estas tarefas. As mesmas são desenvolvidas por uma equipa que é também responsável por outra tipologia de tarefas como segurança, limpeza e execução de negativos, drenos, entre outras.

O expectável seria o que se verificou na semana sete, na qual a equipa de trabalho de quatro homens esteve destinada a desenvolver esta tipologia de tarefas. O autor sabe que irá entrar em obra, quando disponível, uma equipa responsável por elaborar o retrabalho necessário, essencialmente, nas faces de acabamento de betão aumentando, portanto, este indicador tal como previsto anteriormente.

6.3.2.2 Desvio do tempo de obra

Com o aumento da produtividade evidenciado numa fase posterior do documento (6.3.5), verificou-se um esbatimento do desvio do tempo de obra entre o planeado e o executado. Através da análise destes dados, verifica-se que a partir da “Semana 6” de avaliação, ocorre uma diminuição do desfasamento do tempo de três para duas semanas. Na última semana de implementação, demonstra-se mais uma atenuação para apenas uma semana de atraso. Desta forma, a análise destes dados e a evolução deste indicador poderá ser evidenciada através do gráfico presente na Figura 52:

Quadro 26 - Avaliação do KPI "Desvio do Tempo de Obra"

Desvio do Tempo de obra	Dur_ef_obra (semanas)	Dur_est_obra (semanas)	Dur_est_total (semanas)	Indicador (%)
Semana 5	26	23	45	6,67
Semana 6	27	25		4,44
Semana 7	28	26		4,44
Semana 8	29	28		2,22



Apesar de se ter verificado um elevado percentual de planeamento concluído na primeira fase da aplicação *Lean*, decidiu-se continuar a aplicar este indicador do LPS com o principal objetivo de se verificar a manutenção dos elevados índices. Além desta análise, decidiu-se aferir em caso de tarefas “Não Executadas/Suspensas” qual o motivo para esta classificação ter ocorrido.

(Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.3)

Após análise da informação reuniu-se a informação e obtiveram-se os seguintes dados e evolução do PPC diário:

Quadro 28 - PPC diário - 2ª fase de Implementação

PPC					
Semana 5	Segunda-feira	Falta	Semana 7	Segunda-feira	55,56
	Terça-feira	50,00		Terça-feira	72,73
	Quarta-feira	85,71		Quarta-feira	33,33
	Quinta-feira	33,33		Quinta-feira	50,00
	Sexta-feira	57,14		Sexta-feira	50,00
Semana 6	Segunda-feira	62,50	Semana 8	Segunda-feira	25,00
	Terça-feira	77,78		Terça-feira	33,33
	Quarta-feira	71,43		Quarta-feira	25,00
	Quinta-feira	50,00		Quinta-feira	50,00
	Sexta-feira	Feriado		Sexta-feira	50,00

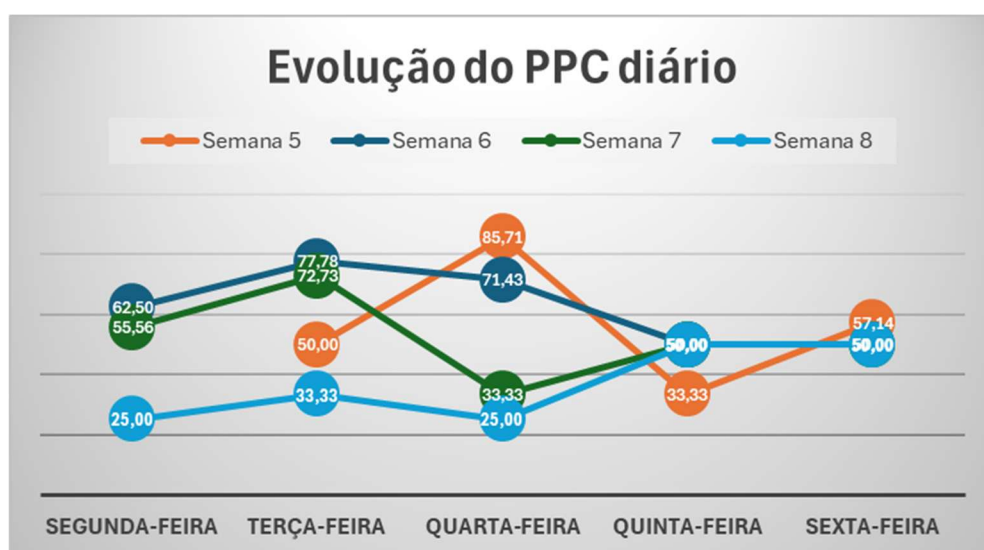


Figura 53 - Evolução do PPC diário - 2ª fase de implementação

A variabilidade anteriormente verificada demonstrou-se novamente evidente sendo, portanto, necessário elaborar novamente um PPC Semanal tendo como base o diário.

Além da análise percentual e da evolução do PPC nesta fase de implementação decidiu-se também apurar das tarefas não executadas as causas e motivos para as mesmas não terem ocorrido sendo estas classificadas como um evento “Evitável” ou “Não Evitáveis” e o motivo de o ser. Esta análise permitiu complementar a avaliação quantitativa do indicador atrás apresentado com uma perspetiva qualitativa, possibilitando uma melhor compreensão dos fatores que condicionaram o cumprimento do planeamento. Deste modo, tornou-se possível distinguir situações passíveis de serem mitigadas através de melhorias nos processos de gestão e coordenação daquelas que resultaram de fatores externos ou de circunstâncias fora do controlo da equipa de obra. A identificação destas causas constitui igualmente uma ferramenta importante para a definição de ações corretivas e preventivas nas fases de planeamento.

Quadro 29 - Causas de tarefas "Não Executadas/Suspensas"

Tarefas "Não Executadas/Suspensas"	Semana	Causa	Evitável	Não Evitável	Motivo
Betonagem Paredes Caixa de Escadas (3)	5	Elementos não cofrados a tempo		x	Menor produtividade que a desejada
Armação Paredes Núcleo de Elevador (4)	7	Avaria na grua atrasou		x	Evento fortuito
Retrabalhos no acabamento de betão das lajes (3)	7	Falta do responsável pela tarefa		x	Falta não justificada
Retrabalhos nas faces de acabamento do betão	8	Necessidade da MO p/controlo e gestão de entradas e saídas de betão		x	Auxílio em tarefas marco - Betonagem de Laje

Dado o carácter “Não Evitável” das causas a suspensão das mesmas tornou-se a única solução a adotar na medida em que não foram possíveis tomar medidas preventivas.

PPC	Semana 5	Concluídas	%PPC
Tarefas Planeadas	Armação Laje Piso 4 1ªfase		83,33%
	Cofragem Parede Este Rampa (3)		
	Retrabalhos na zona do portão (-1)		
	Armação Muretes (4)		
	Cofragem Núcleo de Elevador (3)		
	Betonagem Núcleo de Elevador (3)		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (3)		
	Betonagem Parede Este Rampa (3)		
	Descofragem Laje Piso 2		
	Betonagem Laje Piso 4 1ªfase		
	Cofragem Laje Piso 4 2ªfase		
	Cofragem e Betonagem de 11 Pilar (3)		
	Betonagem Paredes Caixa de Escadas (3)		
	Topografia (4)		
	Armação Pilares (4)		
	Cofragem e Betonagem de 11 Pilares (4)		
	Armação Laje Piso 4 2ªfase		
	Cofragem Rampa (3)		
	18	15	
Tarefas Planeadas	Semana 6	Concluídas	%PPC
	Cofragem Laje Piso 4 2ªfase		81,25%
	Cofragem e Betonagem de 8 Pilares (4)		
	Armação Laje Piso 4 2ªfase		
	Execução do dreno periférico (Norte)		
	Armação Muretes (4)		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		
	Cofragem Caixa de Escadas (3)		
	Cofragem Rampa (3)		
	Armação Rampa (3)		
	Armação Pilares (4)		
	Cofragem e Betonagem de 27 Pilares (4)		
	Armação Caixa de Escadas (3)		
	Betonagem Laje Piso 4 2ªfase		
	Cofragem Laje Cobertura		
	Armação Muretes (Cobertura)		
	Armação Paredes Núcleo de Elevador (Cobertura)		
	16	13	
Tarefas Planeadas	Semana 7	Concluídas	%PPC
	Cofragem Laje Cobertura		81,25%
	Armação Muretes (4)		
	Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		
	Topografia (4)		
	Armação de 17 Pilares (4)		
	Cofragem e Betonagem de 17 Pilares (4)		
	Armação Paredes Núcleo de Elevador (4)		
	Execução do dreno periférico (Este)		
	Execução do dreno periférico (Sul2)		
	Descofragem Laje Piso 4 1ªfase		
	Armação Laje Cobertura		
	Cofragem e Betonagem Paredes Núcleo Elevador (4)		
	Cofragem e Betonagem Paredes Caixa de Escadas (4)		
	Retrabalhos na Rampa de Acesso Ext. (1)		
	Retrabalhos em Parede de Betão (4)		
	Retrabalhos no acabamento de betão das lajes (3)		
	16	13	
Tarefas Planeadas	Semana 8	Concluídas	%PPC
	Cofragem Caixa de Escadas (4)		77,78%
	Armação Laje Cobertura		
	Cofragem Laje Cobertura		
	Retrabalhos nas faces de acabamento do betão		
	Armação Caixa de Escadas (4)		
	Betonagem Caixa de Escadas (4)		
	Descofragem Laje Piso 3 (2ªfase)		
	Betonagem Laje Cobertura		
	Vedação do perímetro da obra p/trabalhos futuros		
	9	7	

Quadro 30 - Planeamento Semanal das tarefas com base no planeamento diário - 2ªfase de Implementação

Decorre desta análise a seguinte evolução gráfica do indicador:

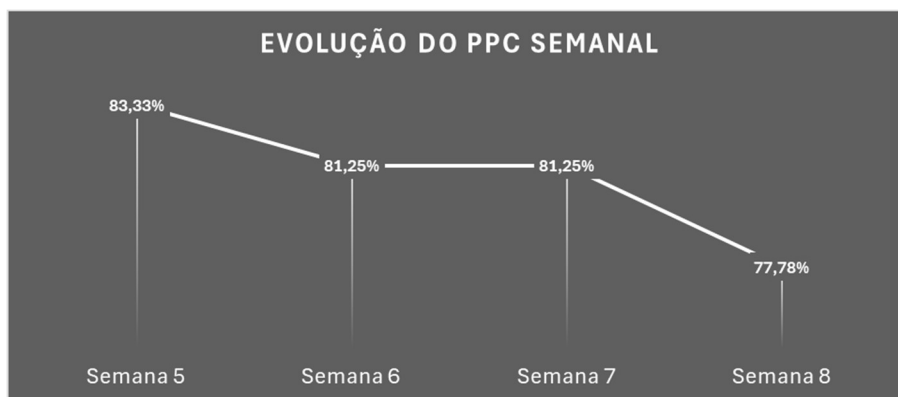


Figura 54 - Evolução do PPC Semanal - 2ª Fase de Implementação

Apesar da diminuição do mesmo que decorre essencialmente pela diminuição das tarefas a executar dado o aproximar das conclusões da especialidade “Estruturas”, verifica-se, novamente, que este indicador traduz percentagens incluídas nos intervalos ditos como desejados pelos vários autores. Desta forma, conclui-se que a nível de execução de tarefas face ao planeado o caso de estudo poderá servir como um exemplo a seguir no setor da construção.

Um outro elemento de suporte a esta ferramenta do LPS, baseou-se na colocação em obra de um quadro de planeamento, o qual aborda a especialidade das tarefas, a localização de decorrência por pisos e a sua data de início e fim planeada.

COBERTURA	Início	Fim
• Vigas e Estantes	18/5	24/5
• Pontas	18/5	21/5
• Enchimento	20/5	24/5
• Intermedialização		

PARA/ENTRADA	
• Demolição e escavação	18/5
• Abertura de sapatas	
• Betonagem de sapatas	
• Betonagem de forma atiradora	
Passadiço exterior	18/5
Corte de Betão	

Figura 55 - Quadro de Planeamento de Tarefas

6.3.3 Relatórios A3 (Otimização do Planeamento Semanal de Betão)

Para melhorar e otimizar os processos como o planeamento semanal de betão e após constatação da folha evidenciada 6.2.1, verificou-se que a mesma poderia ter algumas melhorias. De referir que, após análise dos processos em obra, se identificou que esta era já uma prática utilizada pelo Encarregado de Obra de forma individual sendo, portanto, a sugestão de melhoria a ser aplicada maioritariamente às restantes obras da empresa.

Esta sugestão passou então pelo complemento de elementos essenciais que possibilitassem a definição do betão em todas as fases da obra sem recorrer a outros elementos de consulta. Assim e mantendo a base da folha de planeamento gerou-se o seguinte elemento:

Planeamento semanal - Betão						Obra: 053.24		
anorte	Quantidade (m³)	Hora do Pedido	Classe de Resistência	Classe de Abastecimento	Classe de Espoção Ambiental	Mín. Dimensão Agregado	Classe Tipo de Claretos	Elementos a betonar
Segunda-feira			C20/25	S2	XC2	D20/22	C10,4	
Terça-feira			C20/25	S2	XC2	D20/22	C10,4	
Quarta-feira			C20/25	S2	XC2	D20/22	C10,4	
Quinta-feira			C20/25	S2	XC2	D20/22	C10,4	
Sexta-feira			C20/25	S2	XC2	D20/22	C10,4	
Assinalar com (C) o mecanismo de betonagem								

Classe de Resistência	Classe de Abastecimento	Classe de Espoção Ambiental	Mín. Dimensão Agregado	Classe Tipo de Claretos	Equipamento, Tarefa Adicional
C12/15	S1	Sem risco	D8	C10,4	Bomba
C16/20	S2	XC1	D12,5	C10,4	Armatagem
C20/25	S3	XC2	D14	C10,4	Grua
C25/30	S4	XC3	D16	C10,4	
C30/37	S5	XC4	D19/22	C10,4	
C35/45		XC5	D22	C10,4	
C40/50		XC6	D25	C10,4	
C45/55		XC7	D28	C10,4	
C50/60		XC8	D32	C10,4	
		XC9	D36	C10,4	
		XC10	D40	C10,4	
		XC11	D45	C10,4	
		XC12	D50	C10,4	
		XC13	D55	C10,4	
		XC14	D60	C10,4	
		XC15	D65	C10,4	
		XC16	D70	C10,4	
		XC17	D75	C10,4	
		XC18	D80	C10,4	
		XC19	D85	C10,4	
		XC20	D90	C10,4	
		XC21	D95	C10,4	
		XC22	D100	C10,4	
		XC23	D105	C10,4	
		XC24	D110	C10,4	
		XC25	D115	C10,4	
		XC26	D120	C10,4	
		XC27	D125	C10,4	
		XC28	D130	C10,4	
		XC29	D135	C10,4	
		XC30	D140	C10,4	
		XC31	D145	C10,4	
		XC32	D150	C10,4	
		XC33	D155	C10,4	
		XC34	D160	C10,4	
		XC35	D165	C10,4	
		XC36	D170	C10,4	
		XC37	D175	C10,4	
		XC38	D180	C10,4	
		XC39	D185	C10,4	
		XC40	D190	C10,4	
		XC41	D195	C10,4	
		XC42	D200	C10,4	
		XC43	D205	C10,4	
		XC44	D210	C10,4	
		XC45	D215	C10,4	
		XC46	D220	C10,4	
		XC47	D225	C10,4	
		XC48	D230	C10,4	
		XC49	D235	C10,4	
		XC50	D240	C10,4	
		XC51	D245	C10,4	
		XC52	D250	C10,4	
		XC53	D255	C10,4	
		XC54	D260	C10,4	
		XC55	D265	C10,4	
		XC56	D270	C10,4	
		XC57	D275	C10,4	
		XC58	D280	C10,4	
		XC59	D285	C10,4	
		XC60	D290	C10,4	
		XC61	D295	C10,4	
		XC62	D300	C10,4	
		XC63	D305	C10,4	
		XC64	D310	C10,4	
		XC65	D315	C10,4	
		XC66	D320	C10,4	
		XC67	D325	C10,4	
		XC68	D330	C10,4	
		XC69	D335	C10,4	
		XC70	D340	C10,4	
		XC71	D345	C10,4	
		XC72	D350	C10,4	
		XC73	D355	C10,4	
		XC74	D360	C10,4	
		XC75	D365	C10,4	
		XC76	D370	C10,4	
		XC77	D375	C10,4	
		XC78	D380	C10,4	
		XC79	D385	C10,4	
		XC80	D390	C10,4	
		XC81	D395	C10,4	
		XC82	D400	C10,4	
		XC83	D405	C10,4	
		XC84	D410	C10,4	
		XC85	D415	C10,4	
		XC86	D420	C10,4	
		XC87	D425	C10,4	
		XC88	D430	C10,4	
		XC89	D435	C10,4	
		XC90	D440	C10,4	
		XC91	D445	C10,4	
		XC92	D450	C10,4	
		XC93	D455	C10,4	
		XC94	D460	C10,4	
		XC95	D465	C10,4	
		XC96	D470	C10,4	
		XC97	D475	C10,4	
		XC98	D480	C10,4	
		XC99	D485	C10,4	
		XC100	D490	C10,4	

Figura 56 - Planeamento semanal de pedidos de betão com melhorias (Imagem Ilustrativa – Ver Anexo A.4)

Através desta ferramenta é possível otimizar o processo de planeamento, na medida em que se definem todas as subclasses de tipologia de betão, sendo possível alterar as mesmas tendo em conta a fase em se situa a obra, isto é, aquando das fundações será necessário aplicar uma camada de betão de limpeza (comummente C12/15), mas para as fundações o betão já terá de conter classes de resistência superiores. Sendo uma folha Excel, a geração do betão a encomendar passa por igualar a célula à característica desejada sem recorrer a elementos além do projeto para gerar corretamente o pedido do betão.

Além disso, gerou-se nesta forma de planeamento elementos que não se encontravam anteriormente, tais como a forma de betonagem (com recurso a bomba ou com a grua da obra) e a hora de entrega em obra (“Hora do Pedido”).

6.3.4 Kanban Adaptado – Gestão e Controlo de Estaleiro

Uma ferramenta que se verificou necessária após acompanhamento da obra com o projeto-piloto residiu na implementação de um sistema de monitorização e controlo do material presente em estaleiro. Além de ser possível contabilizar e verificar diariamente, o estado do estaleiro quanto ao material existente, impede que, com uma verificação preventiva e rápida, não ocorra rutura de material quando necessário nas frentes de obra.

A ferramenta a implementar em obra será uma adaptação do controlo *Kanban*. Originalmente feito com cartões com cores (vermelho, amarelo e verde), a solução a implementar passa por um controlo feito através da quantificação real do material. Dependendo do tipo de material e do seu ritmo de consumo em obra terá diferentes limites para novos pedidos de fornecimentos e riscos de rutura.

Esta adaptação surge devido à maior facilidade para a implementação da ferramenta. Uma vez que este controlo diário será efetuado por operadores o sistema requer apenas um quadro branco e marcadores, garantindo desta forma um processo visual, ágil e adaptado à realidade do estaleiro e da obra.

As quantidades indicadas no Quadro 30 mostram a análise do projeto e uma auditoria feita com o Encarregado de Obra tendo em conta a constituição dos elementos no projeto, nomeadamente de estabilidade e os rendimentos dos trabalhos tendo em conta a fase em que se situa a obra.

Quadro 31 - Definição de limites para fornecimentos

Material	Unidade	Quantidade mínima em obra	Necessidade de fornecimento	Quantidade máxima em obra
Drenagem				
• Geotêxtil	Rolo	1	2	6
• Tela Pitonada	Rolo	2	3	8
• Tubo corrugado	Unidade	2	4	15
Separadores para armadura (laje) PVC	Pack de 10un.	2	4	8

Separadores em betão	Saco	1	2	7
Distanciadores de 35mm e 40mm (elementos verticais) PVC	Saco	1	2	6
Aço				
• Φ8	Atado	1	2	5
• Φ10	Atado	2	3	8
• Φ12	Atado	2	3	8
• Φ16	Atado	1	2	5
• Φ20	Atado	1	2	5
• Φ25	Atado	1	2	5
Argamassas				
Reparação de betão	Saco (20kg)	2	4	20
Cimento	Paleta (81 sacos)	1/10 ≈ 8 sacos	1/4 ≈ 20 sacos	1

Após o levantamento e quantificação do material existente em estaleiro, elaborou-se o seguinte quadro apresentado na Figura 57.

MATERIAL	UN.	RUTURA	PEDIDO	QTD. MÁX	QTD. OBS
Drumagem					
→ Geotêxtil	Roll	1	2	6	2 (P)
→ Tela Plomada	Roll	2	3	8	7 (V)
→ Tubo Cosmético	Unidade	2	4	15	22 (V)
Separadores de PVC (1 p/1 regel)	Paix 20 um.	2	4	25	31 (V)
Separadores em betão	Saco	1	2	7	7 (V)
Distanciação em PVC (35, 40 mm)	Saco	1	2	6	2 (V)
→ elementos verticais					
Aço					
Ø 8	Atado	1	2	5	1 (X)
Ø 10	Atado	2	3	8	2 (X)
Ø 12	Atado	2	3	8	2 (X)
Ø 16	Atado	1	2	5	1 (X)
Ø 20	Atado	1	2	5	2 (V)
Ø 25	Atado	1	2	5	1 (X)
Armaduras					
Preparação de betão	Saco 25 Kg	2	4	20	5 (V)
Cimento	Palete (81 sacos)	$1/10 = 8$ sacos	$1/4 = 20$ sacos	$1 = 81$ sacos	1 (V)
22/04/2026					
DATA					

Figura 57 - Quadro Kanban Adaptado

Em obra, a coluna a preencher seria relativa à quantidade observada (última coluna), que deveria estar entre o limite máximo (“QTD. MÁX”) e o limite estabelecido para “PEDIDO”. Abaixo disso já estar-se-ia numa possibilidade de rutura de material para elaborar tarefas e acima ter-se-ia recursos “congelados” e espaço de estaleiro não otimizado.

Após afixação em obra verificou-se a integração desta ferramenta em obra como uma mais-valia na medida em que este controlo evitaria possíveis ruturas no *stock* de materiais. Esse aspeto verificou-se aquando da efetuação do primeiro controlo de materiais em estaleiro a qual resultou, por observação da informação recolhida, na necessidade de encomenda de aço para a obra.

6.3.5 Heijunka (Linha de Balanço)

Por forma a comparar a produtividade apresentada em obra com o planeamento estipulado, elaborou-se uma Linha de Balanço baseada nas observações diárias de conclusão das tarefas relativas à execução de elementos de betão armado e na evolução do PPC.

Observando as inclinações das retas relativas ao “Planeado” e “Efetuado” verifica-se uma maior inclinação nas segundas o que traduz uma maior produtividade em obra face ao planeado. Esta análise complementa e confirma a diminuição do desfasamento evidenciada aquando da quantificação do KPI “Desvio do tempo de obra” (em 6.3.2.2). De referir que, na elaboração da estrutura da LOB, decidiu-se encurtar a influência dos fins de semana, visto que não decorrem trabalhos nesses períodos. Ainda assim, decidiu-se manter os mesmos na representação da linha de balanço apenas diminuindo a escala face aos dias úteis.

6.4 MÉTODO *KANTAN* – PROPOSTA DE NOVA FERRAMENTA *LEAN*

Da palavra japonesa *Kantan*, isto é, “fácil”, este método pretende auxiliar a resolução de uma das grandes dificuldades que existe no mundo atual da indústria da construção em Portugal: a falta de mão de obra. Muitas das vezes a mão de obra provém de setores que em nada estão relacionados com a construção, pelo que a mesma, na prática, é totalmente desqualificada.

O método *Kantan* propõe uma abordagem diferente: verificar, quando existir abertura dos projetista e arquitetos, a possibilidade de definir tarefas que simplifiquem o processo, que não exijam um elevado conhecimento por parte dos trabalhadores e que garantam a mesma funcionalidade no produto final. Ou do lado do empreiteiro, propor variantes ao projeto que implementem esta análise.

Desta forma, a proposta de aplicação desta ferramenta passa pelas seguintes fases:

Quadro 32 - Fases de implementação - Método *Kantan*

Fases de implementação	Ação a desenvolver
Análise de projeto	Identificar em projeto trabalhos que exijam um elevado <i>know-how</i> e que possam ser substituídos por procedimentos mais simples
Proposta <i>Kantan</i>	Analisar as várias hipóteses de substituição e verificar a sua aplicabilidade
Validação e Negociação	Apresentação das propostas variantes aos responsáveis de projeto e negociação das mesmas
Execução	Implementação das propostas em obra

Análise e Comparação	Quantificação do tempo despendido na execução das variantes face ao estimado para as tarefas originais e aferição quanto ao tempo ganho
-----------------------------	---

De ter em conta que estas fases de implementação se aplicariam do ponto de vista de um empreiteiro ao qual fora adjudicada uma obra. O mais aconselhável seria a aplicação deste método desde a fase de projeto pelos arquitetos e projetistas ou através de um IPD no qual o empreiteiro assume um papel preponderante na decisão das tecnologias a utilizar na elaboração da obra.

De seguida, demonstram-se dois exemplos práticos da aplicação da metodologia. Um primeiro associado ao contexto geral do setor da construção e um outro aplicado ao caso de estudo sobre o qual decorreu o desenvolvimento da dissertação.

Quadro 33 – Método *Kantan*: Comparativo entre ladrilho cerâmico e flutuante

		Cerâmico (600x400) mm/peça	Flutuante (1200x190) mm/peça
Custo de aplicação (€/m ²)	M.O. (Of+Serv)	10,30+5,02=15,32 ⁽¹⁾	2,22+1,68=3,9 ⁽¹⁾
	Mat.+Eq.	58,80 ⁽¹⁾	12,14 ⁽¹⁾
Rendimento (hH/m²)		0,40 ⁽²⁾	0,083 ⁽²⁾
Rendimento (m²/dia) (8h)		20	≈96
Processo construtivo		Húmido (necessidade de argamassa)	A seco
Tempos de espera pós-execução		12h a 24h (mínimo)	0h
Correção de erros		Destrutiva	Reversível
Materiais necessários para execução		Cerâmico, cimento-cola, betume, recipientes para mistura de argamassa, misturadores, água, máquinas de corte e esponjas	Flutuante, x-ato para cortes, fita de isolamento (se necessário)

(1) Gerador de Preços ([52], [53])

(2) Dados da empresa

Visto no cômputo geral e do ponto de vista *Lean*, assentar flutuante comparativamente ao cerâmico, gera menos resíduos, gera menores consumos de tempo em tarefas devido aos melhores rendimentos. Apresenta menores probabilidades de retrabalho, devido ao elevado *know-how* que a tarefa de assentamento de ladrilho exige e a falta de mão de obra especializada. Dado ser uma construção a seco os tempos de espera para se utilizarem o espaço não existem, ao contrário do cerâmico, que necessita de um tempo de cura para a argamassa de assentamento.

Outro aspeto relativo a esta dualidade de possibilidades construtivas reside na sobrecarga colocada sobre os trabalhadores. Para a aplicação de cerâmico é necessário fabricar argamassas de assentamento, betumes para tratamento das juntas, transportar as caixas de cerâmicos para o local de aplicação. Estes aspetos geram cansaço e fadiga nos operadores dado serem transportes de elevadas cargas, na maioria dos casos, efetuados à mão. No caso do flutuante, o único transporte a efetuar é o das caixas que contém o material, contudo, são significativamente mais leves.

Caso ocorra a necessidade de substituir uma peça na eventualidade de algum tipo de retrabalho, a facilidade de ocorrência deste processo no flutuante é substancialmente mais facilitada face ao cerâmico que exige uma variabilidade de processos desde retirar a peça, raspar o cimento-cola seco, colar novamente a peça e efetuar a nova betumação.

O segundo exemplo passa pela alteração de uma tecnologia de impermeabilização para a cobertura verde do edifício que, *a priori*, seria materializada em poliureia e, posteriormente, se alterou para telas asfálticas. Esta alteração decorre dado o facto de, em termos funcionais, a solução das telas asfálticas em nada compromete o comportamento estanque da cobertura comparativamente à poliureia, é uma solução mais barata e acima de tudo não exige tanta mão de obra especializada. Além disso, as telas asfálticas são um produto vastamente aplicado no setor em Portugal ao contrário da solução das poliureias dando, portanto, uma melhor garantia de qualidade final da solução de cobertura verde.

Quadro 34 - Método *Kantan*: Estudo de soluções de impermeabilização para coberturas verdes

		Impermeabilização com membranas líquidas (poliureia)	Impermeabilização com telas asfálticas de dupla camada
Custo de aplicação (€/m²)	M.O. (Of+Serv)	20 ⁽¹⁾	8,4 ⁽¹⁾
	Mat.+Eq.	30 ⁽¹⁾	19,6 ⁽¹⁾
Rendimento (hH/m²)		≈0,027 ⁽¹⁾	0,08 ⁽¹⁾
Rendimento (m²/dia) (8h)		300	100
Processo construtivo		A quente ou frio	A quente
Tempos de espera pós- execução		Quase nulos	Moderados a elevados
		Primário	
Materiais necessários para execução (principais)		Componentes químicos (isocianato e resina)	Primário betuminoso
		Máquina de pulverização de alta pressão	Rolos de tela asfáltica
		EPI's com máscara de purificação de ar	Maçarico a gás
			EPI's térmicos
(1) Dados da empresa			

Apesar dos menores tempos mortos que a poliureia permite, um dos grandes problemas relacionados com a solução encontra-se na especificidade e complexidade do processo, que obriga à necessidade de mão de obra especializada, que apresenta uma representatividade no custo da solução (cerca de 40% da totalidade), enquanto nas telas asfálticas o custo é substancialmente inferior e a mão de obra além de menos especializada.

Em contrapartida ao elevado rendimento e aos tempos mínimos mortos a aplicação de poliureia, além de ser mais complexa demonstra uma maior exposição ao perigo dado as projeções em elevadas pressões de químicos tóxicos. Apesar das telas asfálticas serem aplicadas a quente com recurso a maçarico, considera-se que o perigo apresentado é inferior.

Em suma, o que esta nova ferramenta pretende traduzir e questionar é que se em zonas onde os materiais mais complexos não são estritamente necessários (cerâmicos, vidros, impermeabilizações, coberturas, divisões interiores, etc.), qual o motivo para assumir essa dificuldade e submeter a empreitada a maiores custos, maiores períodos de desenvolvimento e maiores possibilidades de retrabalho quando, no seio do setor, uma das maiores dificuldades passa pela falta de mão de obra qualificada para desenvolver processos mais ineficientes.

7. DISCUSSÃO, DESENVOLVIMENTOS FUTUROS E CONCLUSÕES

7.1 DISCUSSÃO

Após a análise e implementação de todas as ferramentas propostas, verificou-se que a aplicação destas metodologias resulta numa melhoria e otimização dos processos de desenvolvimento de uma empreitada e da própria empresa. Tal é conseguido através da aplicação de ferramentas como o *Kanban* Adaptado, associado à gestão de inventários e às necessidades de encomenda, e do Planeamento Visual, que proporciona um maior controlo das atividades, promove o conhecimento transversal das tarefas a executar por todos os intervenientes e incentiva o envolvimento dos subempreiteiros no próprio processo de planeamento.

Estas ferramentas contribuem para a criação de um ambiente de trabalho adequado e essencial ao desenvolvimento eficiente da empreitada. Paralelamente, permitem à empresa conhecer melhor o contexto das obras e a forma como estas evoluem, através da utilização de indicadores como o PPC diário e, numa perspetiva mais abrangente e realista, o PPC semanal.

Os KPI's complementam esta análise do contexto da obra, na medida em que possibilitam a quantificação de diversos aspetos relevantes, tais como os atrasos da empreitada, quando existentes, o tempo despendido em contactos com fornecedores e a percentagem de retrabalho relativamente ao volume total de trabalhos executados. Apesar de os contactos com fornecedores poderem ser considerados “microdesperdícios”, a sua acumulação ao longo do tempo pode representar uma parcela significativa de tempo que poderia ser direcionado para outras atividades produtivas.

Da mesma forma o retrabalho, que caracteriza cerca de 5 a 10% de todos os trabalhos desenvolvidos em obra, constitui um desperdício que poderia ser minimizado ou eliminado através da identificação e correção precoce das suas causas.

Essa identificação pode ser efetuada recorrendo a ferramentas como a Análise de Causas Raiz, cujos resultados podem posteriormente ser sistematizados em Relatórios A3, permitindo a sua consulta e aplicação em futuros contextos de obra.

No âmbito da organização do estaleiro, a metodologia 5S, quando aplicada de forma transversal, permite que novos trabalhadores integrem a empreitada com maior facilidade, localizando rapidamente ferramentas, identificando materiais e circulando corretamente na obra graças à delimitação dos acessos e à organização dos espaços.

Por sua vez, a *Lean Construction*, através de ferramentas como a LOB, possibilita a análise da produtividade do empreendimento, permitindo comparar o planeado com o executado. Esta ferramenta torna possível identificar eventuais atrasos e verificar se existe recuperação dos desvios face ao planeamento inicial, nomeadamente através do aumento da produtividade das equipas em obra.

Desta forma e tendo em consideração os desenvolvimentos do presente documento pode-se evidenciar um quadro resumo (Quadro 35) no qual são abordadas as principais ferramentas utilizadas, os impactos das mesmas no contexto do setor, os resultados obtidos e comentários.

Quadro 35 - Síntese da aplicação de ferramentas *Lean* e resultados obtidos com a dissertação

Ferramenta	Impactos	Resultados Obtidos	Comentários
Kanban Adaptado	Melhoria da gestão de inventários e das necessidades de encomenda. Redução de ruturas de stock e desperdícios.	Maior disponibilidade de materiais e melhor organização logística da obra.	Contribui para um fluxo de trabalho mais contínuo e previsível.
Planeamento Visual	Maior controlo das atividades e envolvimento dos intervenientes no planeamento.	Melhor coordenação entre equipas e maior transparência das tarefas a executar.	Promove o compromisso dos subempreiteiros e facilita a comunicação.
PPC Diário	Monitorização diária do cumprimento do planeamento.	Melhor conhecimento do estado real da obra e rápida identificação de desvios.	Permite uma atuação corretiva mais imediata.
PPC Semanal	Avaliação global do desempenho da obra ao longo da semana.	Visão mais abrangente da fiabilidade do planeamento.	Complementa a análise efetuada pelo PPC diário.

KPI's	Quantificação do desempenho da obra e identificação de desperdícios.	Medição de atrasos, tempo perdido em contactos com fornecedores e percentagem de retrabalho.	Suportam a tomada de decisão baseada em dados objetivos.
Análise de Causas Raiz (TQC)	Identificação das origens dos problemas e desperdícios.	Redução da recorrência de falhas e retrabalho.	Fundamental para a melhoria contínua dos processos.
Relatórios A3	Sistematização de tarefas, registo dos problemas e respetivas soluções.	Criação de conhecimento organizacional e replicação de boas práticas.	Facilita a aprendizagem em futuras empreitadas.
5S	Organização e normalização do estaleiro.	Maior facilidade na localização de ferramentas e materiais, melhoria da circulação e redução de tempos improdutivos.	Especialmente útil para a integração de novos trabalhadores.
LOB	Análise da produtividade e controlo da execução face ao planeamento.	Comparação entre planeado e executado, identificação de atrasos e avaliação da recuperação de desvios.	Permite avaliar a eficiência das equipas e a evolução da obra.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como desenvolvimentos futuros, propõe-se a implementação do método *Kantan* num contexto de uma empreitada em fase pós-adjudicação e pré-consignação do lado do empreiteiro para testar a aplicabilidade concreta do mesmo e a forma como é encarado pelos restantes intervenientes nesta fase prévia de conceção.

Além disso, sugere-se a aplicação de ferramentas características do LPS mais complexas em obras com PPC elevadas, semelhantes ao demonstrado no caso de estudo, por forma a verificar se o acréscimo deste indicador é compatível com o esforço e *know-how* necessários para a implementação das mesmas. Verificar ainda se a metodologia de análise da PPC demonstrada anteriormente poderá ser aplicada em empreitadas com maior complexidade e variabilidade de tarefas e especialidades, testando a sua praticidade e adequabilidade.

Em obras onde o contexto do estaleiro apresente um ferramenteiro fixo, implementar a metodologia 5S transversal a todo espaço, nomeadamente à ferramentaria e avaliar com a classificação proposta o seu indicador de organização verificando a sua transversalidade aos vários contextos de uma obra.

7.3 LIMITAÇÕES

Uma limitação e sugestão de melhoria para a empresa encontra-se na forma de desenvolvimento do planeamento através do diagrama de Gantt. O agrupamento de todas as tarefas que englobam, por exemplo, a execução da laje as quais incorporam execução de pilares, muretes, vigas, entre outras, encontram-se somente resumidas numa tarefa não sendo possível verificar, portanto, o desenvolvimento real das mesmas face ao tempo decorrido sendo apenas admitida uma estimativa. Propõe-se então que haja o desdobramento das tarefas gerais em tarefas mais específicas relativas a cada elemento estrutural.

Apesar das limitações temporais de desenvolvimento da dissertação e da própria obra, a elaboração e implementação deste tema em contextos práticos, permitiu aferir que, apesar do desconhecimento prático da metodologia *Lean*, a empresa demonstra, de forma empírica a aplicação de várias ferramentas. Reuniões diárias com os intervenientes, *Gemba Walks* constantes de acompanhamento da obra, metodologias para evitar erros e, consequentemente, retrabalhos (*Poka-yoke* e *Seiketsu*), relatórios A3 de otimização de processos de encomendas, formas de controlo visual. Dadas as características da empreitada, uma elevada percentagem de tempo no qual se aplicam ferramentas como o JIT e o *Takt Time*, Planeamentos Colaborativos e ainda a valorização entre clientes internos, isto é, subempreiteiros na resolução dos trabalhos. Dada a análise do caso de estudo verifica-se que todos estes parâmetros poderão não ser atualmente representativos à transversalidade da empresa, mas que poderão no futuro ser escaláveis à mesma.

7.4 CONCLUSÃO

Ferramentas como o método *Kantan* poderão apresentar um elevado impacto estratégico no setor na medida em que existe falta de mão de obra qualificada para a elaboração de tarefas com elevada complexidade. Neste caso propostas variantes cuja funcionalidade seja a mesma ou muito semelhante da solução proposta inicialmente em projeto poderão auxiliar na amenização deste problema no contexto da obra. Além disso, tarefas de mais fácil execução e/ou com melhores rendimentos e menos propensos a erros darão menos origem a retrabalhos. Consequentemente há redução do custo da obra na medida em que não será necessário contratar trabalhadores para desenvolver esses tipos de tarefas.

Tendo em conta estes aspetos e como resposta à primeira *research question* colocada na introdução (“*De que forma é que as ferramentas Lean poderão atuar na prevenção da ocorrência de retrabalhos e desperdícios e quais os seus impactos na organização do estaleiro?*”) pode-se verificar que ferramentas, como o TQC, *Gemba Walks*, *Kanban*, permitem não apenas obter um maior conhecimento face aos retrabalhos e à necessidade de material em estaleiro, como também atuar de forma preventiva nestas tarefas que poderão gerar desperdícios de tempo, material e mão de obra. Com o TQC e o *Root Cause Analysis* consegue-se, com base no estudo de um erro ocorrido numa obra, elaborar um histórico de erros que permitem à empresa em empreendimentos seguintes estar ciente dos mesmos podendo atuar de forma preventiva. Os *Gemba Walks* permitem aos responsáveis pelo desenvolvimento da obra identificar visualmente tarefas e pontos nos quais poderão nascer erros que levam ao retrabalho. E o *Kanban* possibilita um maior controlo de estaleiro na medida em que se evitam desperdícios de tempo nas esperas para fornecimento de materiais.

Como resposta à segunda questão de pesquisa (“*Será a Lean Construction realmente aplicável ao contexto de médias e pequenas empresas em Portugal?*”) através do caso de estudo e do contexto da empresa pode-se inferir que a metodologia proposta por Koskela poderá ser transversalizada à globalidade do setor dado que, mesmo numa empresa onde o conhecimento destas ferramentas era inexistente, conseguiu-se implementar algumas das metodologias. Assim sendo, com algum esforço e empenho por parte das empresas em melhorar o setor convencional em qualquer que seja o seu contexto é possível implementar ferramentas com baixo *know-how* com influência em obra, como as demonstradas ao longo caso de estudo, e posteriormente, ferramentas que possibilitem passar de resultados mais qualitativos para resultados que se traduzam nas melhorias de rendimentos e diminuições de retrabalhos.

Em suma, verifica-se que apesar de, no trabalho não se diminuir efetivamente o desperdício, é possível estabelecer um caminho através do qual se atinja esse objetivo. Esse caminho passa inicialmente pela fases de implementação resumidas nos fluxogramas quer do Projeto-Piloto quer da segunda fase onde são evidenciados, de forma resumida, os seguintes passos para aplicação *Lean*: estudo dos processos de investigação das ferramentas e dos procedimentos das empresas; adaptação e aplicação de ferramentas necessárias à realidade do contexto em estudo; implementação de ferramentas inicialmente mais simples e com o decorrer do tempo e com a familiarização da empresa à metodologia aumentar a complexidade das mesmas.

7.4.1 Síntese de impactos e mais valias para a empresa e reflexão para o setor

Com esta metodologia de identificação e prevenção, aliada a um maior tempo de aplicação, consegue-se caminhar para a diminuição dos desperdícios no setor. Assim, o conceito *Lean*, ainda pouco disseminado na construção em Portugal, permite trazer às empresas um maior conhecimento dos seus empreendimentos e melhorar métodos e comportamentos nos estaleiros. Isto é alcançado inicialmente e como demonstrado na dissertação através de ferramentas que exigem um investimento financeiro nulo, são de fácil aprendizagem para as equipas e que, dados esses factos, não dependem do contexto económico das empresas sendo, portanto, aplicável e transversal a todo o setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As seguintes referências foram elaboradas segundo a norma *IEEE*.

- [1] R. F. Aziz and S. M. Hafez, “Applying lean thinking in construction and performance improvement,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, no. 4, pp. 679–695, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.aej.2013.04.008.
- [2] L. Koskela, “Application of the New Production Philosophy to Construction,” 1992.
- [3] RevistaOE, “Lean Construction e Gestão Ágil: Construtora Planeta eleva produtividade com novo modelo de gestão.” Accessed: Feb. 18, 2026. [Online]. Available: <https://revistaoe.com.br/lean-construction-gestao-agil-construtora-planeta/>
- [4] J. Moreira da Costa, “5. Lean Production + Lean Construction,” 2025.
- [5] “ODS | GT Agenda 2030.” Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>
- [6] Scopus, “Scopus - Document search results | Lean Construction.” Accessed: Feb. 19, 2026. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/results/results.uri?st1=lean+construction&st2=&s=TITLE-ABS-KEY%28lean+construction%29&limit=10&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sot=b&sdt=cl&sessionSearchId=8ce3b7f9ac4d556c0c97e216bfa65be8&cluster=scosubjabbr%2C%22ENGI%22%2Ct%2Bscolang%2C%22English%22%2Ct%2Bscofreetoread%2C%22all%22%2Ct>
- [7] R. F. Aziz and S. M. Hafez, “Applying lean thinking in construction and performance improvement,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 52, no. 4, pp. 679–695, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.aej.2013.04.008.
- [8] A. Parameswaran, V. W. Tam, L. Geng, and K. N. Le, “Application of lean techniques and tools in the precast concrete manufacturing process for sustainable construction: A critical review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 503, no. 3, p. 145444, Apr. 2025, doi: 10.1016/j.jclepro.2025.145444.

- [9] S. A. Abbasian Hosseini, A. Nikakhtar, and P. Ghoddousi, “Verification of lean construction benefits through simulation modeling: A case study of bricklaying process,” *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 18, no. 5, pp. 1248–1260, Jun. 2014, doi: 10.7763/ijet.2012.v4.414.
- [10] P. Nowotarski, J. Pasławski, and J. Matyja, “Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study,” *Procedia Eng.*, vol. 161, no. 2, pp. 1037–1042, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.08.845.
- [11] S. Singh and K. Kumar, “Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018),” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 465–471, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.asej.2019.08.012.
- [12] F. S. D’Aureliano, A. A. F. Costa, I. F. Júnior, and R. A. Rodrigues, “Application of lean manufacturing in construction management,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, pp. 241–247, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.032.
- [13] S. Bertelsen and L. Koskela, “MANAGING THE THREE ASPECTS OF PRODUCTION IN CONSTRUCTION,” 2002.
- [14] A. Mossman, “What Is Lean Construction: Another Look - 2018,” *IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers*, vol. 2, pp. 1240–1250, 2018, doi: 10.24928/2018/0309.
- [15] J. Sutherland and B. Bennett, “The Seven Deadly Wastes of Logistics: Applying Toyota Production System Principles to Create Logistics Value,” Aug. 2007. Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/265356600_The_Seven_Deadly_Wastes_of_Logistics_Applying_Toyota_Production_System_Principles_to_Create_Logistics_Value
- [16] A. Bernardo Da Silva Junior and I. F. Pereira, “Gestão de obras: Lean Construction”.
- [17] J. Moreira da Costa and P. Fonseca Arantes, “Lean Construction,” 2008.
- [18] G. Ballard, “IMPROVING WORK FLOW RELIABILITY”.

- [19] G. Ballard and G. Howell, “Shielding Production: Essential Step in Production Control,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 124, no. 1, p. 1, Jan. 1998, doi: 10.1061/(asce)0733-9364(1998)124:1(11).
- [20] S. Emdanat and M. Azambuja, “Aligning Near and Long Term Planning for LPS Implementations: A Review of Existing and New Metrics ,” *Lean Construction Journal*, pp. 90–101, 2016, Accessed: May 11, 2026. [Online]. Available: www.leanconstructionjournal.org
- [21] Á. Vale e Azevedo, A. Paula Aguiar, and A. Aguiar Costa, “GUIA PRÁTICO,” 2016.
- [22] E. Luís Isatto, C. Torres Formoso, E. Hirota, and C. M De Cesare, “LEAN CONSTRUCTION: DIRETRIZES E FERRAMENTAS PARA O CONTROLE DE PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL,” Apr. 2000. Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/329011337_LEAN_CONSTRUCTION_DIRETRIZES_E_FERRAMENTAS_PARA_O_CONTROLE_DE_PERDAS_NA_CONSTRUCAO_CIVIL
- [23] P. Arantes, “LEAN CONSTRUCTION-FILOSOFIA E METODOLOGIAS ,” 2008. Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: <http://www.fe.up.pt>
- [24] R. R. D. de S. Ferreira, “Lean Construction na Norlabor - Engenharia e Construção, SA,” 2010. doi: 10.34626/7A96-R565.
- [25] J. M. F. Pinto, “Lean Construction : proposta de metodologia de avaliação de projetos de construção,” 2012. doi: 10.34626/NCFS-FT03.
- [26] M. E. B. Babo, “A Lean Construction e a gestão económica de empreitadas,” 2008. doi: 10.34626/HGBX-7G35.
- [27] E. F. da S. Campos, “Construção Lean - Desenvolvimento de um Guia de Diagnóstico para Empresas Construtoras,” 2017. doi: 10.34626/G3S7-GA51.
- [28] F. Xavier Mendes Cunha, “Aplicação de estratégias LEAN em obra e a resistência à mudança - Um caso de estudo,” 2017. doi: 10.34626/HXSM-6122.
- [29] J. Pinheiro, “Indicadores-chave de Desempenho (Key Performance Indicators) aplicados à construção Desempenho e Benchmarking do sector,” 2011.

- [30] N. Luís Sampaio Peneirol, “Lean Construction em Portugal Engenharia Civil,” 2007. Accessed: Mar. 05, 2026. [Online]. Available: <https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/api/records/beGeUgB28TJ5GGIqNsijnizhHxiU3OLPZRQL/file/02d82f220effefa253c1326325e4c52b0a0b49390e27a4c1089044866e6c857d.pdf>
- [31] Á. Diogo da Silva Nunes, “Manual de controlo de qualidade para betão à vista ,” Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2013. Accessed: Mar. 30, 2026. [Online]. Available: https://scholar.tecnico.ulisboa.pt/api/records/4WTZhuzZM_JpkS0ZHKZ6S6MHlyWq8z2-82K0/file/5bf2a1e3199511c392822d173421c8ed6fe51d06707ed8810c5987da57e2051b.pdf
- [32] C. A. M. do A. Mourão, “O Desafio Lean nas Empresas de Construção - Como atingir a excelência na maturidade e na implementação,” 2023. doi: 10.34626/AZVP-T624.
- [33] G. Ballard, “THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL,” 2000. Accessed: Mar. 05, 2026. [Online]. Available: <https://theses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/1/Ballard00PhD.pdf>
- [34] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation*. 2003.
- [35] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine That Changed the World*. 2007.
- [36] J. F. Pons and I. Rúbio, *Lean Construction: Las 10 claves del éxito para su implementación*. 2021.
- [37] J. F. Pons and I. Rúbio, *Lean Construction y la planificación colaborativa: Metodología del Last Planner System*. 2019.
- [38] “Qual é a diferença entre eficiência e eficácia? - Diferença.” Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: <https://www.diferenca.com/eficiencia-e-eficacia/>
- [39] “desperdício | Dicionário Infopédia da Língua Portuguesa.” Accessed: Feb. 25, 2026. [Online]. Available: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/desperd%C3%ADcio>

- [40] T. M. B. Neto, “ESTUDO DO IMPACTO DO RETRABALHO NOS CUSTOS DE UM EMPREENDIMENTO ,” 2018.
- [41] “Fluxo de trabalho: o que é e como definir o seu | Runrun.it.” Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://blog.runrun.it/fluxo-de-trabalho/>
- [42] “Fordismo: o que é, como surgiu e quais são as características? – Investidor Sardinha.” Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://investidorsardinha.r7.com/geral/fordismo/>
- [43] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* . 1988. Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.almendron.com/tribuna/wp-content/uploads/2021/12/toyota-production-system-beyond-large-scale-production.pdf>
- [44] McKinsey&Company, “REINVENTING CONSTRUCTION: A ROUTE TO HIGHER PRODUCTIVITY,” 2017, Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: www.mckinsey.com/mgi.
- [45] “IATA - Safety Report Executive Summary.” Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.iata.org/en/publications/safety-report/executive-summary/>
- [46] World Health Organization, “Global status report on road safety 2023,” 2023. Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/46275f9f-ef66-4892-8ddd-a496ef8c1b74/content>
- [47] Z. Phillips, “Construction’s deaths, fatality rate declined in 2024 | Construction Dive.” Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: <https://www.constructiondive.com/news/constructions-deaths-fatality-rate-2024-hazards/812666/>
- [48] S. Y. Hyun, L. Marjanovic-Halburd, D. Rovas, and R. Raslan, “Bridging The Performance Gap: Information Delivery Manual Framework To Improve Life-Cycle Information Availability,” 2016. Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/311495556_Bridging_The_Performance_Gap_Information_Delivery_Manual_Framework_To_Improve_Life-Cycle_Information_Availability

- [49] L. Koskela, “ An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction,” 2000. Accessed: Feb. 26, 2026. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction
- [50] “Guia prático para implementação do Last Planner® System na construção | Mundo AEC - Autodesk.” Accessed: Mar. 05, 2026. [Online]. Available: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/guia-pratico-para-implementacao-do-last-planner-system-na-construcao/>
- [51] McGraw Hill Construction, “Lean Construction: Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency,” *McGraw Hill Financial*, 2013, Accessed: Mar. 03, 2026. [Online]. Available: www.construction.com
- [52] “Gerador de Preços - Custo/m2 de Pavimento Interior em Grés Porcelânico Esmaltado,”
https://geradordeprecos.info/obra_nova/calculaprecio.asp?Valor=9|0_0_0_0|3|RSG120|rsg_120:_0_1c4_0_2_0_1_1_5c16_0.
- [53] “Gerador de Preços - Custo/m2 de Flutuante de Pinho,”
https://geradordeprecos.info/obra_nova/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0_0|0|RSL010|rsl_010:c7_0_6_1c8_0.

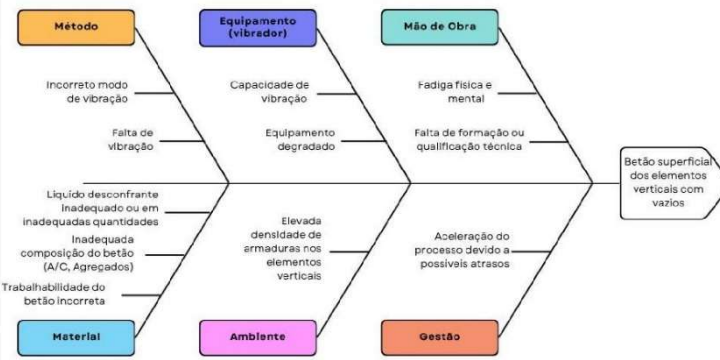
ANEXOS

A.1 PPC DIÁRIO – PROJETO-PILOTO

	Executada
	Em execução/Parcialmente Concluída
	Não executada/Suspensa

Semana 1 (23-27 de março)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira	Concluída
Tarefas Planeadas	Cofragem Rampa (1-2)		Armação da Rampa (1-2)		Armação da Rampa (1-2)		Betonagem Laje Piso 2 2ª Fase + Rampa (1-2)		Topografia (2)	
	Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem e Betonagem de Pilares (1)		Armação Caixa de Escadas (1)		Descofragem Piso 2 1ª fase		Cofragem Parede Oeste Rampa (2)	
	Cofragem e Betonagem de Muretes (2)		Armação Caixa de Escadas (1)		Betonagem da Caixa de Escadas (1)		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Armação parede Oeste Rampa (2)	
	Cofragem caixa de escadas (1)		Armação Laje Piso 2 2ª fase		Armação Laje Piso 2 2ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão	
	Armação de caixa de escadas (1)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão				Cofragem e Betonagem de Pilares (2)	
	Armação Laje Piso 2 2ª fase				Cofragem da Laje Piso 3 1ª fase				Cofragem Laje Piso 3 1ª fase	
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão									
NºTarefas Planeadas/Concluídas	7	4	5	1	6	4	4	2	6	2
PPC	57,14		20,00		66,67		50,00		33,33	
Semana 2 (30 de março - 02 de abril)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira (Dia Santo)	Concluída
Tarefas Planeadas	Armação Parede Oeste Rampa (2)		Armação Parede Este Rampa (2)		Armação Laje Piso 3 1ª fase		Cofragem Núcleo de Elevador (2)			
	Cofragem Parede Oeste Rampa (2)		Cofragem Parede Este Rampa (2)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Betonagem Parede Este Rampa (2)			
	Betonagem Parede Oeste Rampa (2)		Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem Parede Este Rampa (2)		Betonagem Núcleo de Elevador (2)			
	Cofragem e Betonagem de Pilares (2)		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Execução do dreno periférico (Sul1)		Armação Laje Piso 3 1ª fase			
	Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão			
	Cofragem Laje Piso 3 1ª fase		Armação Laje Piso 3 1ª fase		Cofragem Núcleo de Elevador (2)		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase			
	Armação Laje Piso 3 1ª fase		Execução do dreno periférico (Sul)				Cofragem e Betonagem de Pilares (2)			
Tarefas Planeadas	Armação Parede Este Rampa (2)		Armação Núcleo Elevador (2)				Cofragem e Betonagem de Pilares (2)			
			Betonagem Parede Este Rampa (2)				Betonagem de Muretes (2)			
NºTarefas Planeadas/Concluídas	8	4	9	3	6	3	8	4		
PPC	50,00		33,33		50,00		50,00			
Semana 3 (7-10 de abril)										
	Segunda-feira (Obra fechada)	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira	Concluída
Tarefas Planeadas			Armação Laje Piso 3 1ª fase		Betonagem Laje Piso 3 1ª fase		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Retrabalho nas faces de acabamento do betão	
			Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase	
			Cofragem Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase		Armação Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem e Betonagem de Pilares (3)	
			Armação Laje Piso 3 2ª fase		Cofragem Rampa (2-3)		Cofragem Rampa (2-3)		Cofragem e Betonagem de Muretes (3)	
			Betonagem de Muretes (2)		Retrabalho nas faces de acabamento do betão		Cofragem e Betonagem de Pilares (3)		Cofragem Laje Piso 3 2ª fase	
					Betonagem de Muretes (2)		Topografia (3)		Cofragem Caixa de Escadas (2)	
NºTarefas Planeadas/Concluídas			5	1	6	2	6	3	7	5
PPC			20,00		33,33		50,00		71,43	

A.2 RELATÓRIO A3

Aparecimento de Vazios na Superfície do Betão em Elementos Estruturais Verticais	
Contexto: A construção do edifício em análise no projeto-piloto demonstra-se essencialmente à base de betão armado com acabamento de face à vista. Irá apresentar quatro pisos elevados e um enterrado que servirão de parque de estacionamento de apoio a uma unidade de saúde. Verificou-se ainda que nesta tipologia de obra com acabamento de face à vista é a primeira vez que ocorre esta anomalia a nível transversal dos elementos verticais. Situação atual: A anomalia verifica-se essencialmente em pilares, paredes e muretes, ou seja, elementos verticais. A presença da mesma nestes elementos e tendo em conta que o acabamento do edifício será em betão de face à vista obriga a retrabalhos necessários para tratar as superfícies dos elementos para conferir um melhor acabamento. Objetivos: Eliminar os vazios de ar na superfície do betão; Reduzir a necessidade de mão de obra relativa ao retrabalho nas faces de acabamento. Análise: Recorrendo a ferramentas como o TQC, nomeadamente o Root Cause Analysis através do diagrama de Ishikawa verificaram-se que as principais causas raiz são:  Após verificação em obra, as causas relacionadas com a Mão de Obra, Equipamento e Gestão acabariam por ser descartadas visto não serem aplicáveis no caso em estudo. Restaram assim as questões relacionadas com o Material, Método e Ambiente. As causas mais prováveis relacionadas com o Material demonstram-se na composição de betão ou com o líquido descofrante. Relativamente ao Método, o mesmo pode verificar a causa na ineficácia do modo de vibração. A causa referente ao Ambiente é de facto transversal no contexto dos elementos verticais.	Plano elaborado: 1. Alteração da dimensão dos agregados (D16 para D22) 2. Betonagem sem líquido descofrante 3. Aumentar a trabalhabilidade do betão (S3 para S4) Ações de investigação:  Aspeto dos elementos betonados antes da intervenção Começou-se por alterar a composição do betão de D16 para D22 (dimensão dos agregados de projeto) por se desconfiar que a causa poderia estar relacionada com a maior presença de finos. A alteração prévia de D22 para D16 relacionou-se com a maior facilidade de vibração na betonagem dos elementos dada a elevada densidade de aço. O resultado da alteração de D16 para D22:  Causa: Não relacionada com a dimensão dos agregados Líquido descofrante: após se verificar que a causa não estaria relacionada com a dimensão dos agregados, assumiu-se a testagem de uma betonagem em elementos verticais (pilares) sem uso do óleo descofrante e posteriormente com a alteração do líquido descofrante.  Causa: Não relacionada com o líquido descofrante Alteração da trabalhabilidade do betão: uma última testagem elaborada passou pela alteração da trabalhabilidade do betão de S3 para S4 tornando o betão mais fluido e com maior facilidade de vibração.  Causa: Não relacionada com a trabalhabilidade do betão Causas: - Aditivos presentes na composição do betão; Características da cofragem que dificultam a libertação de ar aquando da vibração do betão

A.3 PPC – 2ª FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

Semana 5 (20-24 de abril)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira	Concluída
Tarefas Planeadas			Armação Laje Piso 4 1ª fase		Betonagem Núcleo de Elevador (3)		Betonagem Laje Piso 4 1ª fase		Topografia (4)	
			Cofragem Parede Este Rampa (3)		Cofragem e Betonagem de Muretes (3)		Cofragem Laje Piso 4 2ª fase		Armação Pilares (4)	
			Retrabalhos na zona do portão (-1)		Armação Laje Piso 4 1ª fase		Armação Laje Piso 4 2ª fase		Armação Laje Piso 4 2ª fase	
			Armação Muretes (4)		Cofragem Laje Piso 4 2ª fase		Cofragem e Betonagem de Muretes (3)		Cofragem Laje Piso 4 2ª fase	
			Cofragem Núcleo de Elevador (3)		Cofragem Parede Este Rampa (3)		Betonagem Paredes Caixa de Escadas (3)		Betonagem Paredes Caixa de Escadas (3)	
			Descofragem Laje Piso 2		Betonagem Parede Este Rampa (3)		Cofragem Rampa (3)		Cofragem e Betonagem de 10 Pilares (4)	
					Cofragem e Betonagem de 1 Pilar (3)				Cofragem Rampa (3)	
NºTarefas Planeadas/Concluídas										
PPC										
			6	3	7	6	6	2	7	4
			50,00		85,71		33,33		67,14	
Semana 6 (27 de abril - 01 de maio)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira (Feriado)	Concluída
Tarefas Planeadas	Cofragem Laje Piso 4 2ª fase		Armação Laje Piso 4 2ª fase		Armação Laje Piso 4 2ª fase		Betonagem Laje Piso 4 2ª fase			
	Cofragem e Betonagem de 8 Pilares (4)		Armação Rampa (3)		Armação Rampa (3)		Cofragem Laje Cobertura			
	Armação Laje Piso 4 2ª fase		Cofragem Caixa de Escadas (3)		Betonagem Caixa de Escadas (3)		Armação Muretes (Cobertura)			
	Execução do dreno periférico (Norte)		Armação Pilares (4)		Armação Muretes (4)		Betonagem de Muretes (4)			
	Armação Muretes (4)		Cofragem e Betonagem de 8 Pilares (4)		Cofragem e Betonagem de Muretes (4)					
	Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		Armação Caixa de Escadas (3)		Cofragem e Betonagem de 1 Pilar (4)					
	Cofragem Caixa de Escadas (3)		Armação Muretes (4)		Descofragem Laje Piso 3					
NºTarefas Planeadas/Concluídas										
PPC										
	8	5	9	7	7	5	4	2		
	62,50		77,78		71,43		50,00			
Semana 7 (04-08 de maio)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira	Concluída
Tarefas Planeadas	Cofragem Laje Cobertura		Armação Paredes Núcleo de Elevador (4)		Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		Cofragem Laje Cobertura		Cofragem Laje Cobertura	
	Armação Muretes (4)		Armação Muretes (4)		Cofragem e Betonagem Paredes Núcleo Elevador (4)		Armação Laje Cobertura		Armação Laje Cobertura	
	Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		Cofragem e Betonagem de Muretes (4)		Cofragem e Betonagem Paredes Caixa de Escadas (4)		Cofragem e Betonagem Muretes (4)		Cofragem e Betonagem Muretes (4)	
	Topografia (4)		Armação de 7 Pilares (4)		Cofragem Laje Cobertura		Retrabalhos na Rampa de Acesso Ext. (1)		Retrabalhos no acabamento de betão das lajes (3)	
	Armação de 10 Pilares (4)		Cofragem e Betonagem de 7 Pilares (4)		Armação Laje Cobertura		Cofragem e Betonagem Paredes Caixa de Escadas (4)		Retrabalhos na Rampa de Acesso Ext. (1)	
	Cofragem e Betonagem de 10 Pilares (4)		Cofragem Laje Cobertura		Retrabalhos na Rampa de Acesso Ext. (1)		Retrabalhos em Parede de Betão (4)		Descofragem Laje Piso 3 (1ª fase)	
	Descofragem Laje Piso 4 1ª fase (Extremidades)		Execução do dreno periférico (Este)		Cofragem e Betonagem de Muretes Rampa (4)		Cofragem e Betonagem de Muretes Rampa (4)			
	Armação Paredes Núcleo de Elevador (4)		Execução do dreno periférico (Sul2)				Retrabalhos no acabamento de betão das lajes (3)			
	Cofragem e Betonagem de Muretes Rampa (4)		Armação Paredes Caixa de Escadas							
NºTarefas Planeadas/Concluídas										
PPC										
	9	5	11	8	6	2	8	4	6	3
	55,56		72,73		33,33		50,00		50,00	
Semana 8 (11-15 de maio)										
	Segunda-feira	Concluída	Terça-feira	Concluída	Quarta-feira	Concluída	Quinta-feira	Concluída	Sexta-feira	Concluída
Tarefas Planeadas	Cofragem Caixa de Escadas (4)		Armação Laje Cobertura		Betonagem Caixa de Escadas (4)		Armação Laje Cobertura		Betonagem Laje Cobertura	
	Armação Laje Cobertura		Cofragem Laje Cobertura		Armação Laje Cobertura		Descofragem Laje Piso 3 (2ª fase)		Retrabalhos nas faces de acabamento do betão	
	Cofragem Laje Cobertura		Armação Caixa de Escadas (4)		Cofragem Laje Cobertura		Cofragem Laje Cobertura			
	Retrabalhos nas faces de acabamento do betão				Descofragem Laje Piso 3 (2ª fase)		Vedação do perímetro da obra p/trabalhos futuros			
NºTarefas Planeadas/Concluídas										
PPC										
	4	1	3	1	4	1	4	2	2	1
	25,00		33,33		25,00		50,00		50,00	

A.4 PLANEAMENTO SEMANAL DE BETÃO

Planeamento semanal - Betão							Obra: 053.24			
							Semana			
Dia	Quantidade (m ³)	Hora do Pedido	Classe de Resistência	Classe de Abaixamento	Classe de Exposição Ambiental	Máx. Dimensão Agregado	Classe Teor de Cloretos	Grua	Bomba	Elementos a betonar
Segunda-feira			C30/37	S3	XC2	D20/22	Cl0,4			
Terça-feira			C30/37	S3	XC2	D20/22	Cl0,4			
Quarta-feira			C30/37	S3	XC2	D20/22	Cl0,4			
Quinta-feira			C30/37	S3	XC2	D20/22	Cl0,4			
Sexta-feira			C30/37	S3	XC2	D20/22	Cl0,4			
								Assinalar com (x) o mecanismo de betonagem		

Classe de Resistência	Classe de Abaixamento	Classe de Exposição Ambiental		Máx. Dimensão Agregado	Classe de teor de Cloretos			Equipamento, Tarefa Adicional
C12/15	S1	Sem risco	X0	D8	Com armaduras de Aço ou outros metais embebidos	XC, XF, XA	Cl0,4	Bomba
C16/20	S2		XC1	D12,5		XS, XD	Cl0,2	Amostragem
C20/25	S3		XC2	D14	Betão com aço de pré esforço	XC, XF, XA	Cl0,2	Grua
C25/30	S4		XC3	D16		XS, XD	Cl0,1	
C30/37	S5		XC4	D20/22	Sem Armaduras ou metais embebidos (exceto se estes forem resistentes à corrosão)	Cl1,0		
C35/45		Cloretos (não provenientes água do mar)	XD1	D32				
C40/50			XD2					
C45/55			XD3					
C50/60		Cloretos (provenientes água do mar)	XS1					
			XS2					
			XS3					
		Gelo-Degelo	XF1					
			XF2					
		Ataque Químico	XA1					
			XA2					
			XA3					

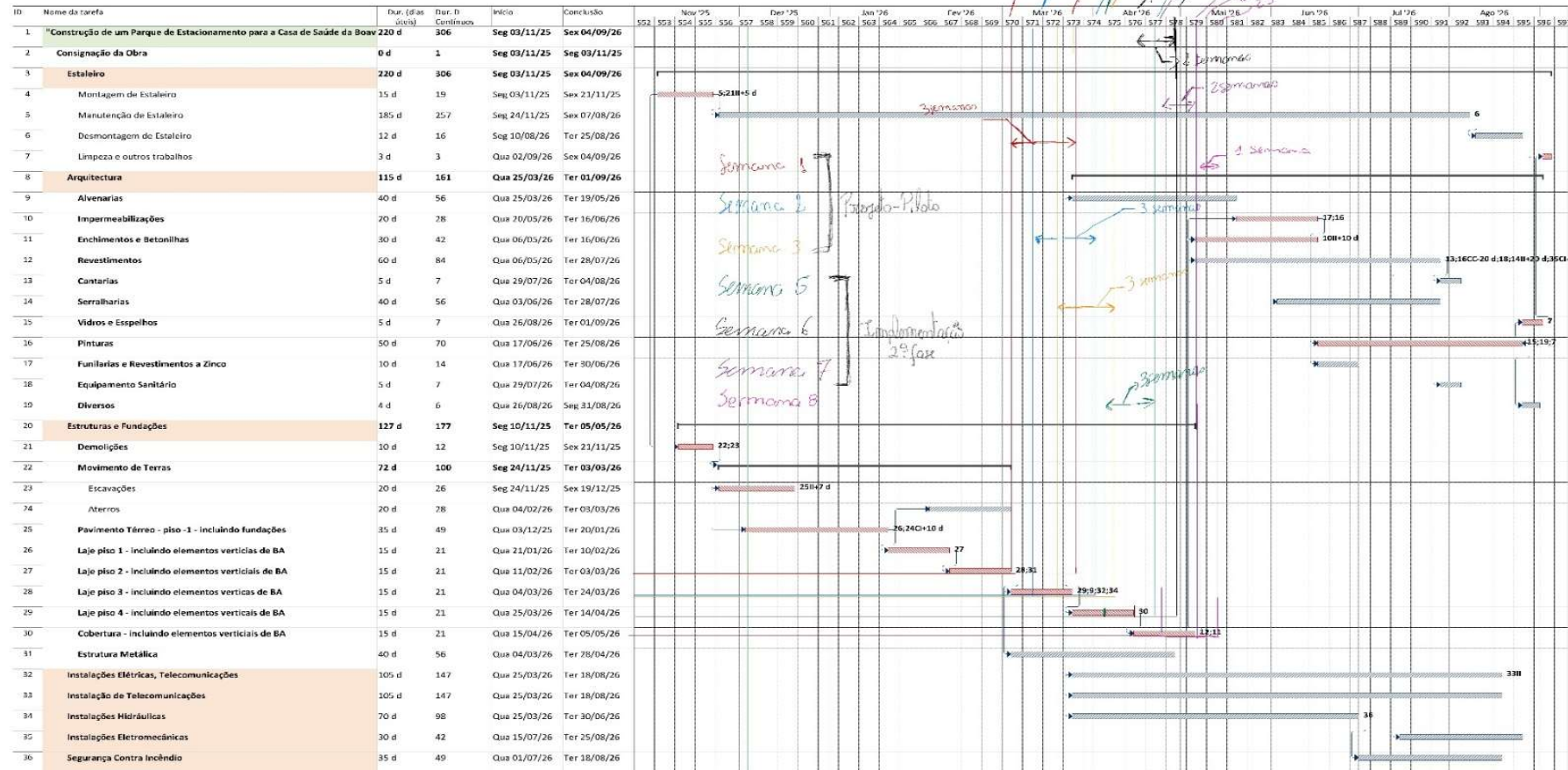
A.5 PLANEAMENTO CONVENCIONAL – DIAGRAMA DE GANTT – “ESTRUTURAS”



Construção de Parque de Estacionamento - Casa de Saúde da Boavista

Prazo: 10 meses

PLANO DE TRABALHOS (nov. 2025)



Projeto: 18
Data: 09/11/2025
Versão: 1

Tarefa Divisão Etapa Retorno Crítico Base

Página 1

As atividades predecessoras de cada tarefa são as indicadas à direita da respetiva barra

A.6 LINHA DE BALANÇO – “ESTRUTURAS”

