

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

HUGO MURAROLLI LÁZARO

*Lean Construction e a aplicação do Last Planner System: um estudo comparativo entre a teoria e a prática de uma consultoria empresarial*

São Carlos

2021



HUGO MURAROLLI LÁZARO

*Lean Construction e a aplicação do Last Planner System: um estudo comparativo  
entre a teoria e a prática de uma consultoria empresarial*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto

São Carlos

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da  
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

L4311      Lázaro, Hugo Murarolli  
                Lean Construction e a aplicação do Last Planner  
                System: um estudo comparativo entre a teoria e a  
                prática de uma consultoria empresarial / Hugo Murarolli  
                Lázaro; orientador Kleber Francisco Esposto. São Carlos,  
                2021.

Monografia (Graduação em Engenharia de  
Produção) -- Escola de Engenharia de São Carlos da  
Universidade de São Paulo, 2021.

1. Lean Construction. 2. Last Planner System. 3.  
Aplicação. 4. Revisão da literatura. 5. Gerenciamento  
de projetos. I. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

<b>Candidato:</b> Hugo Murarolli Lázaro
<b>Título do TCC:</b> <i>Lean Construction e a Aplicação do Last Planner System: um estudo comparativo entre a teoria e a prática de uma consultoria empresarial</i>
<b>Data de defesa:</b> 06/12/2021

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Kleber Francisco Espôsto (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Professor Associado Fábio Müller Guerrini	APROVADO
Instituição: EESC – SEP	
Pesquisador Lucas Gabriel Zanon	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: Professor Doutor Kleber Francisco Espôsto



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que me fortaleceu e tornou possível que meus objetivos fossem alcançados, durante os 5 anos de estudo no curso de Engenharia de Produção.

Aos meus pais Ivone e Luiz Carlos, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu irmão Leonardo, que me incentivou nos momentos difíceis e me auxiliou na motivação para a dedicação à realização deste trabalho.

À minha namorada Raquel, que me apoiou em todos os momentos a manter meu foco e me suportou emocionalmente, além de me ajudar em alguns ajustes no trabalho.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este curso e especialmente a este trabalho.

Ao professor Dr. Kleber Francisco Esposto, por ter aceitado ser meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

Aos demais professores do departamento de Engenharia de Produção, pelas correções e ensinamentos que me permitiram evoluir como pessoal e profissional, proporcionando meu melhor desempenho no processo de formação ao longo do curso.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

A todos os alunos da minha turma, pelo ambiente amistoso no qual convivemos e solidificamos os nossos conhecimentos, o que foi fundamental na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.



## RESUMO

LÁZARO, H. M. ***Lean Construction e a aplicação do Last Planner System:*** um estudo comparativo entre a teoria e a prática de uma consultoria empresarial. 2021. 71f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Este trabalho se insere no campo de planejamento e gerenciamento de projetos e tem como objeto de estudos o método do *Last Planner System* (LPS). Pensando na importância do setor de construção civil mundialmente e o atual cenário econômico, em que os preços excedem os limites esperados, percebe-se uma demanda por meios de redução de desperdício, seja na forma de material, tempo e custos, buscando-se a manter a qualidade do produto ou serviço a ser entregue. Nesse sentido, o *Lean Construction* foi criado para suportar tal problema no setor de construção civil, sendo o LPS o método mais recorrente apresentado em estudos acadêmicos de aplicação em projetos. Com base nisso, o objetivo geral pensado para este estudo visou investigar as tendências de aplicação do *Lean Construction* juntamente com a ferramenta LPS, bem como as ferramentas e metodologias auxiliares, comparando a literatura com a prática. Para tanto, utilizou-se a metodologia de revisão bibliográfica sistemática (RBS) para o levantamento e revisão bibliográfica, processo que resultou na seleção de quinze textos. A partir da análise dos textos, identificaram-se as causas dos desafios da aplicação da ferramenta e estratégias para aumentar a confiabilidade na implantação do *Lean Construction*, pontuando ferramentas adicionais que potencializam sua aplicação. Por fim, realizamos a comparação desses estudos com o método de aplicação do LPS em uma consultoria empresarial, a qual utiliza do método *Advanced Work Packaging* (AWP), em conjunto com o LPS, para aprimorar o planejamento. Espera-se que esta pesquisa contribua com a ampliação da aplicação do método LPS, oferecendo subsídios para estudos e impulsionando ações a favor do campo de planejamento e gerenciamento de projetos.

Palavras-chave: Lean Construction. Last Planner System. Aplicação. Revisão da literatura. Gerenciamento de projetos.



## ABSTRACT

LÁZARO, H. M. **Lean Construction and the application of the Last Planner System:** a comparative study between theory and practice of a business consultancy. 2021. 71f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

This work is part of the field of planning and project management and its object of study is the Last Planner System (LPS) method. Thinking about the importance of the civil construction sector worldwide and the current economic scenario, in which prices exceed expected limits, there is a demand for means of reducing waste, whether in the form of material, time and costs, in order to maintain the quality of the product or service to be delivered. In this sense, Lean Construction was created to support this problem, with LPS being the most recurrent method presented in academic studies of application in projects. Based on this, the general objective thought for this study aimed to investigate the trends in the application of Lean Construction along with the LPS tool, as well as auxiliary tools and methodologies, comparing literature with practice.. Therefore, the systematic bibliographic review (SBR) methodology was used for the survey and literature review, a process that resulted in the selection of fifteen texts. From the analysis of the texts, we identified the causes of the challenges in applying the tool and strategies to increase the reliability of the Lean Construction implementation, highlighting additional tools that enhance its application. Finally, we compared these studies with the LPS application method in a business consultancy, which uses the Advanced Work Packaging (AWP) method, together with LPS, to improve planning. We hope that this research will contribute to expanding the application of the LPS method, offering subsidies for studies and promoting actions in favor of the field of planning and project management.

Keywords: Lean Construction. Last Planner System. Application. Literature Review. Project Management.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxo de trabalho envolvendo o <i>Last Planner</i> .....	32
Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento Método AWP .....	41
Figura 3 - Modelo desenvolvido por Abdelmegid et al. (2019) .....	50
Figura 4 - Modelo desenvolvido por Wickramasekara et al. (2020) .....	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais métricas EVM.....	37
Tabela 2 - Variações e índices do EVM .....	37
Tabela 3 - Comparaçao Tradicional x Ágil.....	39
Tabela 4 - Número de documentos por base.....	45
Tabela 5 - Artigo x Escopo .....	47
Tabela 6 - Fatores sociotécnicos .....	56
Tabela 7 - Diferenças AWP x LPS .....	58



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AWP	–	<i>Advanced Work Packaging</i>
BIM	–	<i>Business Information Modeling</i>
CII	–	<i>Construction Industry Institute</i>
CQT	–	Controle de Qualidade Total
EVM	–	<i>Earned Value Management</i>
IGLC	–	<i>International Group of Lean Construction</i>
JIT	–	<i>Just-in-time</i>
LC	–	<i>Lean Construction</i>
LCI	–	<i>Lean Construction Institute</i>
LPS	–	<i>Last Planner System</i>
PCP	–	Porcentagem Completa do Plano
PIC	–	<i>Percent Improvement Complete</i>
PPC	–	<i>Planned Percentage Complete</i>
PRI	–	<i>Process Reliability Index</i>
PTC	–	Pacotes de Trabalho de Construção
PTE	–	Pacotes de Trabalho de Engenharia
PTI	–	Pacotes de Trabalho de Instalação
RBS	–	Revisão Bibliográfica Sistemática
RNC	–	Razões para a Não Conclusão
RNC	–	<i>Reason for Non-Compliance</i>
STP	–	Sistema Toyota de Produção
WFP	–	<i>Workface Planning</i>



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	21
1.1 Objetivos .....	22
1.2 Estrutura do trabalho.....	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	25
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	25
2.2 Princípios do <i>Lean</i> .....	26
2.3 <i>Lean Construction</i> .....	29
2.4 <i>Last Planner System (LPS)</i> .....	31
2.5 <i>Business Information Modeling (BIM)</i> .....	34
2.6 Métricas e indicadores de desempenho.....	35
2.7 Gestão de ganho de Valor ( <i>Earned Value Management</i> ) .....	36
2.8 Gestão de Incertezas ( <i>Uncertainty Management</i> ).....	38
2.9 Gerenciamento Ágil de Projetos .....	38
2.10 <i>Advanced Work Packaging (AWP)</i> .....	39
3 MÉTODO DE PESQUISA .....	43
3.1 Definição do foco da pesquisa de Revisão da Literatura .....	43
3.2 Definição das palavras-chave .....	44
3.3 Definição do período de pesquisa e delimitação de escopo.....	44
3.4 Seleção da base de dados .....	45
3.5 Busca dos artigos .....	45
3.6 Leitura sintética e seleção de artigos .....	46
3.7 Coleta, tratamento e análise de dados .....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.1 BIM, Modelos de Simulação e LPS.....	49

4.2 Métricas e indicadores de desempenho.....	52
4.3 EVM e LPS .....	53
4.4 Gestão de incertezas e LPS .....	54
4.5 Método Ágil e LPS .....	54
4.6 Desafios e benefícios da implementação do LPS .....	55
4.7 Ferramenta utilizada em uma consultoria empresarial .....	57
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os anos posteriores à Revolução Industrial, referentes ao processo de mundialização do capital, os setores sociais e industriais vêm criando mecanismos para se aprimorarem e se difundirem, cada vez mais, no mercado mundial. Nesse cenário, a competitividade no mercado industrial passou a ser requerida como elemento fundamental para o aprimoramento dos serviços e, consequentemente, dos projetos empreendidos por determinada empresa (DARDOT; LAVAL, 2016).

Visando à competitividade no mercado de construção civil, as empresas, atualmente, precisam aumentar qualidade dos serviços prestados, reduzir os desperdícios e aumentar o lucro (AL-AOMAR, 2012). Segundo o autor, são raros os casos em que projetos no setor de construção civil cumpram prazos e orçamentos, ou ainda entreguem a obra na qualidade desejada pelo cliente. Para Ballard e Howell (2003), projetos de construção enxuta são sistemas de produção temporários com o intuito de entregar um produto com tempo otimizado e com o mínimo de desperdício, que consequentemente traria uma redução no custo.

A adoção da filosofia *Lean* na Indústria da Construção Civil começou a partir do trabalho de Koskela (1992), no qual são realizadas críticas ao sistema de gestão tradicional, principalmente por não considerar as atividades que não agregam valor dentro do fluxo do processo e não as considerar no planejamento para a construção do caminho crítico, o que impacta no cronograma e nos custos. Tais atividades podem ser exemplificadas como movimentação, armazenagem, tempo de espera e inspeção. Com isso, surge o termo *Lean Construction* (LC), ou construção enxuta, o qual representa a ruptura com o modelo tradicional, mais utilizado na construção civil. O modelo foi criado como adaptação ao Sistema Toyota de Produção (STP), o qual visa à eliminação dos desperdícios, além da aplicação de onze princípios fundamentais para a criação de valor para o cliente (KOSKELA, 1992).

De acordo com Conte (2009), empresas da construção civil minimizam os riscos de perda de valor a partir da redução da variabilidade, proposta pelo *Lean Construction*. Segundo Green (2002), os conceitos do *Lean* abrangem uma variedade de propostas que se configuram como uma reunião de boas práticas, por exemplo: a melhoria contínua, trabalho em equipe, eliminação de desperdícios e uso eficiente de recursos. Além disso, outro elemento que melhora a eficiência

do projeto e reduz custos é o cuidado em assegurar que os recursos sejam alocados de forma a evitar desperdícios ou atrasos no cronograma (NG; ZHENG; XIE, 2013).

Segundo Silva (2019), em seu trabalho, com intuito de estudar as ferramentas de *Lean Construction*, a ferramenta do *Last Planner System* (LPS) foi a que mais apresentou resultados promissores. O LPS é dividido em quatro principais níveis, sendo eles o planejamento de fases, o planejamento de longo prazo, o planejamento de médio prazo e o planejamento de curto prazo. É notória a utilização do planejamento de longo prazo em empreendimentos diversos, porém não se pode dizer o mesmo em relação aos demais (BALLARD, 2000).

Com isso, este trabalho propõe explorar trabalhos acadêmicos que analisaram a aplicação do *Lean Construction* e a aplicação da ferramenta LPS, com suas dificuldades e oportunidades, bem como outras ferramentas que potencializam o seu uso.

A contribuição dos resultados será no sentido de categorizar os trabalhos e aplicações, de modo que os profissionais e empresas visualizem as alternativas, oportunidades e dificuldades de aplicação, colaborando para que possam tomar decisões mais eficientes que visam o aprimoramento dos setores e a solução dos problemas das empresas.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é investigar as tendências de aplicação do *Lean Construction* juntamente com a ferramenta *Last Planner System* (LPS), bem como as ferramentas e metodologias auxiliares, comparando a literatura com a prática.

Esse objetivo geral pode ser desdobrado em alguns objetivos específicos para esse trabalho, como:

- Consolidar o entendimento sobre o tema *Lean Construction* por meio de uma busca sistemática na literatura, aplicação de LPS e ferramentas auxiliares, bem como suas vantagens e desafios;

- Identificar metodologias e/ou ferramentas auxiliares ao *Lean Construction* com potencial de melhoria de eficiência que estão sendo utilizadas nos últimos 5 anos;

- Analisar a ferramenta e/ou utilizada para a aplicação do *Lean Construction* em uma empresa de consultoria empresarial que se destaca em relação à revisão bibliográfica.

## 1.2 Estrutura do trabalho

Com o objetivo melhor entender a pesquisa e deixá-la mais comprehensível, o conteúdo deste trabalho foi segmentado em cinco capítulos. As características de cada capítulo são:

- O capítulo 1 tem como objetivo introduzir o tema ao leitor, deixando claras as informações relevantes para contextualização do cenário e motivação do trabalho e quais objetivos o trabalho buscou alcançar.
- Posteriormente, o capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica mais aprofundada sobre os tópicos citados no capítulo 1, além dos temas que ainda serão abordados nos textos da revisão bibliográfica, como o histórico do *Lean Construction*, explicação do *Last Planner System* e das ferramentas e metodologias estudadas.
- O capítulo 3 explicita o método de pesquisa, evidenciando a teoria da Revisão Sistemática e o método que foi utilizado neste trabalho. Ainda no mesmo item, é exposto o desenvolvimento do trabalho seguindo a metodologia, em que são apresentados os dados e informações coletadas em cada etapa do método.
- O capítulo 4 tem como objetivo sintetizar o que foi trabalhado no capítulo 3 e desenvolver as discussões a partir da leitura dos textos encontrados. Nessa etapa, também são encontradas as ferramentas utilizadas em conjunto com o LPS, o impacto disso no projeto e por fim, a comparação com a aplicação em uma consultoria empresarial.
- Por fim, o capítulo 5 evidencia as conclusões do trabalho, bem como as oportunidades futuras de desenvolvimentos de estudo de algumas lacunas que apresentam relevância durante o desenvolvimento do trabalho.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 *Lean Manufacturing*

Após a segunda guerra mundial, a economia Japonesa enfrentava grandes dificuldades de desenvolvimento em diversos setores, sendo o setor industrial um dos principais. Segundo Womack, Jones e Ross. (2004), grande parte da mão de obra da empresa Toyota havia sido demitida pela restrição de crédito no país, ocasionando em uma crise. Com isso, a empresa ficou com mão de obra reduzida e poucos recursos disponíveis para investimento. Associado a esse contexto, na década de 1950, o Sistema Toyota de Produção (STP) foi criado por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda. Posteriormente, nos Estados Unidos da América, o sistema de produção foi chamado de *Lean Manufacturing*, amplamente conhecido por suas ferramentas de diminuição de desperdício, como Controle de Qualidade Total (TQC), *Just-in-time* (JIT), *Takt time* e outros (OHNO, 1988).

O STP foi criado inicialmente agrupando trabalhadores em equipes com um líder. Cada equipe recebia um grupo de atividades de montagem em uma área da linha de produção e, assim, trabalhavam todos juntos da melhor maneira possível para realização das ações necessárias. Posteriormente, cada grupo também recebeu a função de limpeza, execução de pequenos reparos de ferramenta e controle da qualidade. Por fim, as equipes tinham um horário periodicamente para sugestão de melhorias, em um processo de aperfeiçoamento contínuo e gradual, em eventos chamados de *Kaizen* (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Com o intuito de eliminar o retrabalho, Ohno, permitiu que cada trabalhador em sua linha de montagem, pudesse parar a linha de produção caso fosse identificado algum defeito. Com isso, os trabalhadores aprenderam a identificar a causa raiz dos problemas para, posteriormente, propor soluções de modo que o problema não voltasse a ocorrer. Devido à experiência desse ciclo de melhoria contínua diante de diversos problemas, o número de erros foi reduzido bruscamente, assim como a necessidade de retrabalho, o que, consequentemente, aumentou a qualidade dos carros fabricados pela empresa (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Segundo Shingo (1996), o objetivo do STP era reduzir os níveis de estoques finais e intermediários ao mínimo. Para isso, trabalhavam com pequenos lotes de produção e com uma alta quantidade de entregas e transporte.

Com todos esses pontos, a Toyota alcançou um fluxo contínuo em uma linha de produção de baixo volume, aprendendo como trocar ferramentas rapidamente de um produto para outro, reduzindo o dimensionamento das máquinas, fazendo com que essas mudanças ocorressem rapidamente, uma após a outra, sem prejudicar o fluxo contínuo do produto (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

O interesse pelo STP surgiu principalmente pelo alto nível de competitividade que oferecia, possibilitando a identificação da diferença entre desperdício e valor, tanto na ótica de clientes como na de usuários convencionais (KOSKELA, 2004). A mentalidade enxuta confirma a afirmação de que quem mais gera receitas, é quem controla de forma mais efetiva seus gastos e desperdícios, desde o início da produção com os fornecedores até o fim com os clientes (BARROS, 2005).

## 2.2 Princípios do *Lean*

Os desperdícios eliminados com a aplicação do *Lean* foram classificados para que pudessem ser identificados com maior clareza. Os tipos de desperdícios observados por Ohno (1997) foram os seguintes:

- **Desperdício de Superprodução:** existem dois tipos. O primeiro é a superprodução quantitativa, quando é produzido mais que a demanda. E o segundo é quando se produz muito antes, chamado de superprodução antecipada, que acarreta estoques (SHINGO, 1996). Produzir mais do que a demanda gera gastos antecipados com fornecedores, além do gasto com a estocagem do material. Tudo isso pode ser sanado com a produção necessária no tempo necessário (CORRÊA; GIANESI, 2009).

- **Desperdício de tempo de espera:** espera referente a materiais ou processos. Um produto que espera um determinado processo por um desses dois motivos está comprometendo o fluxo contínuo (CORRÊA; GIANESI, 2009).
- **Desperdício de transporte:** refere-se a qualquer tipo de transporte, seja de ferramenta ou do produto para outro processo. O transporte, quando necessário, deve ser realizado com a menor distância possível, isso porque o transporte não influencia no valor agregado final do produto entregue ao cliente (BAJJOU; CHAFI, 2018).
- **Desperdício de movimentações:** tanto o movimento de pessoas, quanto de máquinas devem ser o mínimo possível para reduzir o desperdício e aumentar a produção, além de não gerar gastos de energia ou sobre carregamento físico (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).
- **Desperdício por defeitos:** é o desperdício que mais se deve evitar, sendo possível através da qualidade. Esse desperdício pode gerar como consequência desperdícios de tempo, mão de obra, materiais, equipamentos, movimentações, armazenagem e inspeção (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).
- **Desperdício de processamento:** Algumas fases no processamento de um produto não agregam valor direto ao cliente, podendo até mesmo ser algum processo ineficaz. Ao se excluir tais fases, é gerado maior fluidez no sistema (CORRÊA; GIANESI, 2009).
- **Desperdício de estoque:** o espaço utilizado para o armazenamento de produtos é considerado como desperdício, além de que os materiais estocados podem gerar custos devido à degradação do material (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).

Além desses tipos de desperdícios, o *Lean* também apresenta cinco princípios para quem deseja implementar a metodologia, sendo eles:

**1 - Especificar valor:** valor criado pelo produto ou serviço na ótica do cliente, ou seja, a empresa deve definir o público-alvo de seu produto ou serviço para que atinja as necessidades e produza resultados, sendo específico (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

**2 - Identificar a cadeia de valor:** conjunto de ações específicas necessárias para um produto específico percorrer as tarefas de resolução de problemas (concepção até o lançamento do produto), Gerenciamento de informações (recebimento do pedido até sua entrega) e transformação física (matéria prima em produto acabado). Caso a atividade não agregue valor na produção do bem ou serviço, deve ser eliminada assim que possível (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

**3 - Fluxo de valor:** é necessário fazer com que as atividades que geram valor na produção fluam de maneira constante, sem interrupções. O foco deve estar no produto e em suas necessidades (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

**4 - Produção puxada:** o cliente que puxa a produção. Produzir mais que a demanda gera estoques por superprodução. Para o *Lean*, deve-se produzir na quantidade certa, na hora certa, o necessário para atender a demanda (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

**5 - Busca pela perfeição:** não há fim no processo de melhoria, seja referente à redução de esforços, custos, tempo e erros, já que o produto sempre tem que ser adaptativo ao cliente. Fazer com que haja fluxo de valor com essas mudanças nos processos, sempre apresenta desperdícios escondidos na cadeia de valor. Por isso, essa busca pela perfeição é um processo contínuo, quanto mais se analisa o fluxo, mais melhorias é possível implementar (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Por fim, de acordo com uma ressalva feita por Ohno (1997), o objetivo não é ter uma receita para a implementação do *Lean*, mas sim explorar a criatividade de acordo com as necessidades que aparecem. Deve-se entender na prática as necessidades de cada sistema para assim propor uma solução viável para aquele ambiente em específico.

### 2.3 *Lean Construction*

O *Lean Construction* surgiu a partir da publicação de Koskela (1992), em que o autor adaptou os princípios do STP para a construção civil, buscando um sistema de gestão de qualidade semelhante ao empregado na metodologia referência. Com isso surgiu o termo de *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, que na publicação do autor deveria seguir onze princípios:

**1 - Reduzir ao máximo as atividades que não agregam valor:** geralmente relacionado com desperdício de tempo, transporte, material e mão de obra. Atividades que agregam valor internamente como segurança não devem ser reduzidas (KOSKELA, 1992). Para reduzir as perdas na construção, é necessário conhecer a natureza e identificar suas causas. Como grande parcela das perdas são previsíveis e evitáveis através de medidas de prevenção simples, é importante a mobilização para que as perdas sejam minimizadas através de alguma ferramenta de gestão do *Lean Construction* (FORMOSO et al., 1999).

**2 - Valor do produto melhorado de acordo com a perspectiva do cliente:** tanto as exigências internas quanto as externas devem ser esclarecidas e cumpridas. Isso pode ser alcançado levando em conta a satisfação dos clientes, podendo ser realizado por pesquisa de mercado e avaliação pós-ocupação (KOSKELA, 1992).

**3 - Reduzir a variabilidade:** busca da padronização, de modo a assegurar uma qualidade previamente estabelecida, o que consequentemente diminui as atividades que não agregam valor, caso bem planejado (KOSKELA, 1992). Existem alguns tipos de variabilidade, como variabilidade nos processos anteriores, que seria o caso de fornecedores do processo, variabilidade no processo, referente à execução do processo e variabilidade na demanda, que está relacionado com o desejo e necessidade de cada cliente no processo (FORMOSO, 2000).

**4 - Reduzir tempo de ciclo:** tempo de ciclo seria o tempo total das atividades de processamento, inspeção, movimento e espera. A padronização pode ser uma solução desse princípio e como

vantagens com a aplicação da solução tem-se a entrega mais rápida do empreendimento, maior facilidade no planejamento de futuros empreendimentos, flexibilidade etc. (FORMOSO, 2000).

**5 - Simplificar e minimizar processos:** processos simples para que haja um fluxo contínuo, que gera a diminuição de erros e necessidade de inspeção (KOSKELA, 1992). Se um processo possui muitos passos ou componentes, maior é a chance de existir atividades que não agregam valor. Elementos pré-fabricados, equipes polivalentes e célula de produção tendem a simplificar todo o processo (BERNARDES, 2001).

**6 - Melhorar a flexibilização de saída:** o processo é que gera valor. A flexibilização do processo de saída pode ser alcançada através da redução do tamanho de lotes, até quase se igualar com a demanda, diminuindo dificuldade de setups e mudanças. Além disso, a customização deve ser o mais tardia possível para evitar muitos processos exclusivos (KOSKELA, 1992).

**7 - Aumentar transparência do processo:** processo claro para que todos os responsáveis saibam o que está acontecendo. A falta da transparência aumenta a possibilidade de erros, reduz a visibilidade e diminui a motivação de melhorias. Existem técnicas para melhorar essa transparência, como, por exemplo, a mudança de *layout* e utilização de sinalizadores, controles visuais, redução de interdependência de unidades de produção, estabelecendo manutenção básica de processos etc. (KOSKELA, 1992).

**8 - Foco no controle sobre todo o processo:** o fluxo deve ter o mínimo de segmentações, o que ajuda no fluxo contínuo. Talvez a melhora de um subprocesso tenha um impacto reduzido no processo global. Por isso, a importância da manutenção e controle do processo como um todo, para a real melhoria (ISATTO et al., 2000).

**9 - Busca pela perfeição:** assim como no *Lean Manufacturing*, reduzir o máximo de desperdícios e aumentar o valor do produto/serviço devem ser realizados continuamente. Para isso, conhecer o processo como um todo facilita e torna ainda mais possível o reconhecimento de resultados no geral, além de facilitar a proposição de soluções (KOSKELA, 1992).

**10 - Balancear a melhoria do fluxo com melhoria de conversão:** balancear melhorias nos fluxos por meio de melhoria nas conversões necessita menor capacidade de conversão. Além disso, fluxos mais controlados facilitam a implantação de novas tecnologias, podendo diminuir a variabilidade e beneficiar o fluxo. Resumidamente, seria analisar o que pode ser melhorado, independentemente de ser fluxo ou conversões (REZENDE; DOMINGUES; MANO, 2012).

**11 - Benchmarking:** consiste no processo de aprendizado, em que são observadas as melhores práticas de mercado adotadas por outras empresas, que são consideradas líderes no segmento, ou seja, é a comparação de processos com o do concorrente, visando à melhoria do sistema (ISATTO et al., 2000).

Após a primeira publicação de Koskela (1992), mais estudos foram surgindo sobre a aplicação do *Lean Construction* e seus princípios, até serem criados o *International Group of Lean Construction* (IGLC) e o *Lean Construction Institute* (LCI), com objetivo de centralizar e potencializar as pesquisas realizadas sobre o assunto.

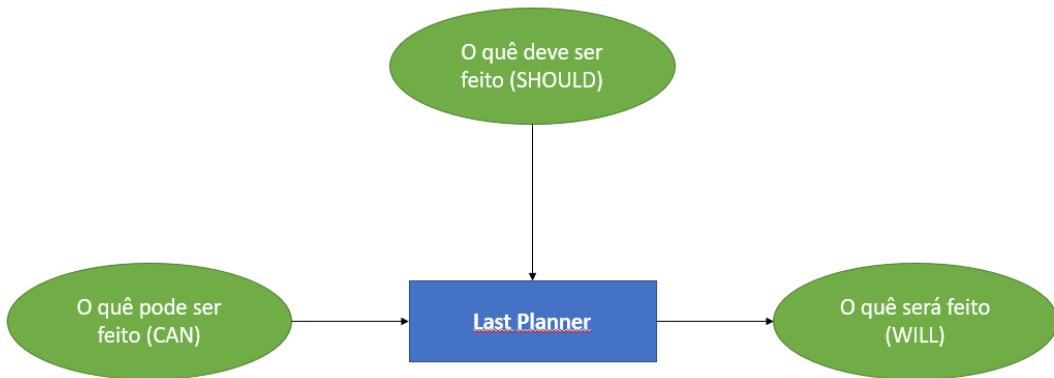
O gerenciamento de projetos no setor de construção civil busca mostrar de forma ampla os objetivos dos processos, conforme as práticas do *Lean Construction*, com o intuito de maximizar o valor entregado ao cliente e aplicar um controle da produção ao longo do projeto (BALLARD; HOWELL, 1998). O desperdício dentro da construção pode ser gerado por problemas de projeto, erro de construção ou atividades que não agregam valor nos fluxos de material e trabalho, por exemplo: esperas, movimentações, inspeção, atividades duplicadas e acidentes (KOSKELA, 1992).

## 2.4 Last Planner System (LPS)

O *Last Planner System* (LPS) foi criado a partir de estudos realizados por Glenn Ballard e Greg Howell, com o intuito de melhorar a previsibilidade e confiabilidade da produção no setor da construção civil (MOSSMAN, 2013). As principais fontes de incerteza e desperdícios nos projetos desse setor, segundo o autor, são o tempo de espera, as informações do projeto, os materiais e o design para finalizar o trabalho.

O LPS tem como proposta definir um profissional ou grupo responsável (dado o nome de *Last Planner*) pela unidade de controle da produção. A partir disso, é criada uma plataforma para que os participantes do projeto e os participantes da execução da construção possam se planejar em conjunto a fim de melhorar a qualidade da obra e minimizar as incertezas (DANIEL; PASQUIRE; DICKENS, 2019). O *Last Planner* (Figura 1) é a pessoa responsável pelo planejamento operacional e pela estruturação do projeto, o que facilita o fluxo do trabalho e o controle das unidades de produção (SALEM et al., 2005).

Figura 1 - Fluxo de trabalho envolvendo o *Last Planner*



Fonte: Adaptado de Ballard (2000).

O método é dividido em cinco elementos chaves, que são:

**1 - Master Scheduling (Plano Mestre):** tem como finalidade exibir todo o trabalho a ser realizado, bem como o tempo que deverá ser desprendido para a finalização de cada atividade. Além disso, essa fase realiza a projeção de gastos e desembolsos, porém não tem como característica o grande detalhamento das atividades devido às poucas informações das entregas das atividades. O plano mestre identifica o principal marcos do projeto e seus principais objetivos. A partir disso, é definido o ritmo dos principais processos de produção através da construção de gráficos de Gantt e linhas de balanço. Por fim, a fase também é responsável pelo planejamento de longo prazo, seja na contratação de mão de obra quanto na aquisição de recursos (BALLARD; HOWELL, 1998).

**2 - Collaborative programming or phase planning (planejamento colaborativo ou planejamento da fase):** é a fase em que há o envolvimento direto de contratados, subcontratados, fornecedores, projetistas entre outras partes interessadas que são impactadas, inclusive o cliente para que haja o desenvolvimento programático da construção que seja confiável a partir do Plano Mestre (BALLARD, 2000).

**3 - Look-ahead planning (planejamento antecipado):** é a fase responsável pelo planejamento de médio prazo, compreendido entre quatro e seis semanas. Tem como principal função proteger o planejamento de curto prazo, que é caracterizado por grandes níveis de incerteza na construção. O meio de proteção seria o impedimento de liberação de atividades que não atinjam critérios básicos de qualidade, removendo restrições de etapas como, por exemplo, contratos, entregas de materiais e ajustes no projeto (BALLARD, 2000). Além disso, atualizações de ritmo de trabalho no longo prazo podem ser realizadas nessa fase.

**4 - Weekly Work Planning (planejamento semanal do trabalho):** ao final de cada semana, as tarefas da próxima semana devem ser distribuídas para os trabalhadores que irão executá-las. Os impedimentos dessas atividades já devem estar solucionados, como explorado no tópico anterior, com o intuito de reduzir imprevistos e aumentar a confiança de produção (BALLARD, 2000).

**5 - Measurement and learning (mensuração e aprendizado):** as principais métricas utilizadas são: Porcentagem Completa do Plano (PCP), que mensura o quanto de trabalho já foi realizado na medida de porcentagem; e a Razões para a Não Conclusão (RNC), em que são registradas as razões que prejudicam o trabalho para evitar futuras ocorrências de problemas parecidos (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Segundo Daniel, Pasquire e Dickens (2019), alguns fatores prejudicam a implementação do LPS, podendo ser: a inércia à mudança, a não aceitação de sistemas novos, a falta de suporte gerencial, a falta de mão de obra para a aplicação, as estratégias de compra que não obedecem a metodologia *Lean*, a pouca integração entre a cadeia de suprimentos e os subempreiteiros, além de problemas culturais nas organizações. Portanto, contratos incompatíveis, culturas, termos

comerciais, liderança, comportamento humano e relações no trabalho limitam a aplicação do LPS.

O sucesso da aplicação do LPS, por outro lado, deve-se principalmente pelas reuniões feitas, que envolvem todas as partes interessadas no projeto, que trás uma sensação de pertencimento no trabalho, além de melhorar a comunicação, possibilitando maior motivação, comprometimento e qualidade à obra (WU et al., 2019). Por mais que o LPS apresente esses benefícios de focar na coordenação entre equipes e empresas para a realização de cronogramas confiáveis, a ferramenta não leva em conta o uso de recursos para a realização dessas atividades, como, por exemplo, o número de horas homem, o que não colabora com a transparência da cadeia de suprimentos e o monitoramento detalhado do processo de construção. Por esse motivo, outras ferramentas como o *Takt time* estão sendo utilizadas (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

## 2.5 *Business Information Modeling* (BIM)

A *Business Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia de modelagem, que pode ser constituída de um grupo conjunto de processos para a produção, comunicação e análise do modelo de construção (EASTMAN et al., 2008), que possibilita a transmissão de informação de forma mais rigorosa e assertiva, sem necessidade de desenhos detalhados (SACKS; BARAK, 2010). O objetivo do método é introduzir a prática de um projeto integrado, com a finalidade da construção de um modelo exclusivo para cada projeto desenvolvido. Como resultado pode haver por exemplo melhorias de fases de projeto, pode auxiliar a geração de propostas coerentes de acordo com as solicitações dos clientes, integração dos projetos com a construção, além da redução do tempo e do custo da construção.

Com a utilização de modelos BIM, os modelos que antes eram apresentados em desenhos 2D tradicionais, agora passam a ser 3D paramétricos, que oferecem grande vantagem (BARAK et al., 2009), uma vez que, consequentemente, há uma mudança no tipo de documento de base utilizado para a construção, não só sendo possível a interpretação por humanos, mas também representações de dados que possam ser interpretados por computadores (JEONG et al., 2009).

Tal modelo atualizado permite uma evolução na *performance*, uma vez que possibilita a produção a atualização de cortes, alçados, plantas, entre outros, de forma consistente, o que permite a extração automática de quantidade de materiais a serem utilizados, bem como atividades analíticas como: verificação de normas e regulamentos, análises estruturais ou análises de eficiência energética. Seguindo com o uso da ferramenta, também é possível deletar inconsistências e conflitos entre os elementos de construção, transparecendo assim suas interdependências. Também é possível inserir mais dimensões ao modelo como, por exemplo, o tempo (4D) e o custo (5D) (LOVE et al., 2011).

## 2.6 Métricas e indicadores de desempenho

Em um dos artigos selecionados para RBS, a primeira métrica trazida foi a singularidade. As funções de singularidade têm como objetivo descrever matematicamente fenômenos descontínuos de forma flexível (LUCKO, 2007). Essas funções podem ser usadas em projetos horizontais, como por exemplo, estradas, túneis e dutos, projetos de geometria vertical, como prédios e torres, e projetos com espacial longitudinal ou repetitivo natureza (LUCKO, 2007). Como vantagem, as funções de singularidade apresentam: possibilidade de modelar cronogramas graficamente e matematicamente para facilitar a compreensão visual pelo pessoal do local, além de calcular acabamentos, que podem ser adicionados ou subtraídos e representam comportamentos variados de atividades ao longo do tempo (LUCKO, 2007).

A métrica PPC (*Planned Percentage Complete*) é a porcentagem de tarefas concluídas que foram planejadas (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012) e é calculado por meia da expressão:  $PPC = (O \text{ que foi feito}) / (O \text{ que foi planejado ser feito})$  (EL SAMAD; HAMZEH; EMDANAT, 2017). Essa métrica é responsável por acompanhar a eficiência do planejamento da produção juntamente com a aderência e confiabilidade do fluxo de trabalho (CHITLA; ABDELHAMID, 2003).

A métrica PRI (*Process Reliability Index*) é o índice de confiabilidade do processo, correlacionada com o desempenho de cada atividade (GONZÁLEZ; ALARCÓN; MUNDACA, 2008), que é obtida através da expressão:  $PRI = (\text{Taxa de produção real}) / (\text{Taxa de produção}$

prevista). Com isso, é possível comparar o progresso real de uma atividade com o planejado, e o não alinhamento desses dois valores pode indicar o problema na produção.

A métrica PIC (*Percent Improvement Complete*) é utilizada para quantificar a confiabilidade da equipe em concluir as atividades que precisam de melhoria no decorrer da semana, sendo possível avaliar a capacidade do sistema de controle aplicar as melhorias necessárias às taxas de produção das atividades, removendo as restrições no local (EZZEDDINE et al., 2019). Pode ser calculado através da expressão:  $\text{PIC} = (\text{Número de atividades que necessitam de melhoria e foram executadas}) / (\text{Número de atividades que necessitam de melhoria})$ .

A métrica RNC (*Reason for Non-Compliance*) é a razão para não conformidade, que é geralmente identificada no curto prazo a fim de identificar as possíveis causas de não conformidade (EZZEDDINE et al., 2019).

Por fim, a ferramenta do *Takt time* faz o uso de controle de tempo de sequências de trabalho e atividades devidamente coordenadas. Segundo a ferramenta, não se deve produzir nem mais nem menos que o planejado. Esta ferramenta é amplamente utilizada para tarefas repetitivas com alta taxa de recorrência. No entanto, essa abordagem também pode ser interessante ao tentar quebrar atividades não repetitivas em tarefas repetitivas menores. O *Takt time* pode complementar as ferramentas LPS padronizando os lotes de trabalho e suas respectivas atividades, o número de trabalhadores necessários e as ferramentas e o tempo necessários para concluir essas tarefas (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

## 2.7 Gestão de ganho de Valor (*Earned Value Management*)

O sistema *Earned Value Management* (EVM) foi desenvolvido pelo departamento de Defesa dos Estados Unidos (FLEMING; KOPPELMAN, 2010), e se caracteriza por ser um sistema de controle de projeto, que possibilita a quantificação do andamento e da eficiência do projeto. Inicialmente, o projeto é dividido em pacotes de trabalho, com o intuito de criar sua Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Posteriormente, um plano de ganhos é desenvolvido em paralelo, para finalmente o progresso do projeto ser medido pela comparação do plano de ganhos

com o trabalho real realizado (PMI, 2008). Para medir o progresso do projeto, alguns índices específicos são coletados e analisados com o passar do tempo. Dentre eles, são destacadas as métricas constantes na Tabela 1:

Tabela 1 - Principais métricas EVM

Métricas	Designação alternativa	Interpretação
Valor Planejado (PV)	Curto orçado de trabalho programado	Indicado quanto de trabalho deveria ser feito até o momento. O progresso real do projeto é medido em relação ao PV.
Valor ganho (EV)	Custo orçado de trabalho performado	O valor do trabalho realizado expresso em termos de aprovação do orçamento assinado para aquele trabalho.
Custo real (AC)	Real custo de trabalho performado	São os custos totais que realmente incorreram em determinado tempo para realizar determinada quantidade de trabalho.

Fonte: PMI (2008).

O EVM tem como objetivo fornecer um sistema integrado de monitoramento de progresso de custo e cronograma (FLEMING; KOPPELMAN, 2010). A partir da Tabela 2, há algumas variações chaves (CÂNDIDO; HEINECK; BARROS NETO, 2014), em que são medidos os desvios dos valores planejados e seus índices correspondentes, que permitem comparar o desempenho de diferentes projetos (PMI, 2008).

Tabela 2 - Variações e índices do EVM

Variação	Fórmula	Interpretação
Variação programada (SV)	$SV = EV - PV$	Mede os desvios do cronograma
Índice de desempenho do cronograma (SPI)	$SPI = EV / PV$	Indica a eficiência geral do tempo e a eficiência do tempo usado pela equipe de projeto.
Variação do custo (CV)	$CV = EV - AC$	Mede os desvios do orçamento.
Índice de desempenho de custo (CPI)	$CPI = EV / AC$	Indica a eficiência geral de custos e como os recursos financeiros são usados

Fonte: PMI (2008).

## 2.8 Gestão de Incertezas (*Uncertainty Management*)

Na literatura tradicional de gerenciamento de projetos, a gestão de riscos ou gestão de incertezas se desenvolveu como uma das principais áreas de conhecimento (PMI, 2013). Segundo Klakegg et al. (2017), o foco crescente e explícito da incerteza tem algo a acrescentar no LPS. Há ainda a necessidade de entender o LPS para incluir o gerenciamento de riscos de segurança em cada um dos níveis de planejamento da metodologia, isso porque acidentes e lesões nos canteiros de obra são interligados com o fluxo de trabalho que o LPS procura controlar (ASLESEN et al., 2013). Segundo o autor, o conceito de risco deve ser expandido para incerteza, pois riscos limita o conceito em apenas prevenção de resultados negativos, enquanto a incerteza abrange custos, progresso, qualidade, reputação corporativa ou saúde, além da possibilidade de resultados positivos.

## 2.9 Gerenciamento Ágil de Projetos

Zwikael (2009) apontou que a maioria dos gerentes de projeto tem tempo limitado para realizar todas as etapas descritas no guia PMBOK e, por fim, opta por realizar apenas processos mais familiares ou fáceis de executar.

A metodologia ágil representa um marco na gestão que permite à equipe atingir sistematicamente a disciplina de execução e a inovação contínua, o que não é possível em uma metodologia que apresenta burocracia hierárquica (DENNING, 2013). De acordo com Abrahamsson et al. (2003), as características dos métodos ágeis são: serem incrementais, cooperativos, diretos e adaptativos. Incrementais devido às pequenas versões e ciclos de desenvolvimento rápidos; cooperativos devido ao relacionamento próximo e interação entre o cliente e a equipe envolvida no projeto; direto por ser simples, pois o método em si é fácil de aprender e documentar; adaptativo devido à capacidade de mudanças a qualquer momento no decorrer de um projeto (ABRAHAMSSON et al., 2003). Com isso, a Tabela 3 foi criada a fim de comparar o método tradicional com o método ágil.

Tabela 3 - Comparação Tradicional x Ágil

Categoria	Gerenciamento tradicional	Gerenciamento Ágil
Objetivos	Prazo, custo e qualidade	Prazo, custo, qualidade e capacidade de mudanças
Funções do gerenciamento	Planejamento, controle e tomada de decisão	Suporte
Fundamento teórico	Mecanicismo, divisão de trabalho, especialização e controle	Projeto com sistema complexo e adaptativo
Projetos inseridos	Estáveis e previsíveis	Turbulento e imprevisível
Estrutura	Centralizada e Hierárquica	Descentralizada, times pequenos e autogerenciáveis
Acesso à informação	Restrito, com informações focadas nos gestores	Aberto, informações para todos
Controle	Alto e centralizado	Baixo e descentralizado
Responsabilidade	Centralizado no gerente	Descentralizado nos times autogerenciáveis
Adaptabilidade	Baixo	Elevado

Fonte: Adaptado de Neumann, Baureis e Stock (2009).

Segundo Cervone (2011), a metodologia ágil tem como ênfase a minimização do risco com foco em pequenas iterações e a comunicação direta com os parceiros durante o processo de desenvolvimento. De acordo com o autor, esses conceitos são enfatizados porque ajudam as equipes de projeto a se adaptarem rapidamente às mudanças rápidas e imprevisíveis nos requisitos do projeto enfrentadas pela maioria dos projetos de desenvolvimento.

## 2.10 Advanced Work Packaging (AWP)

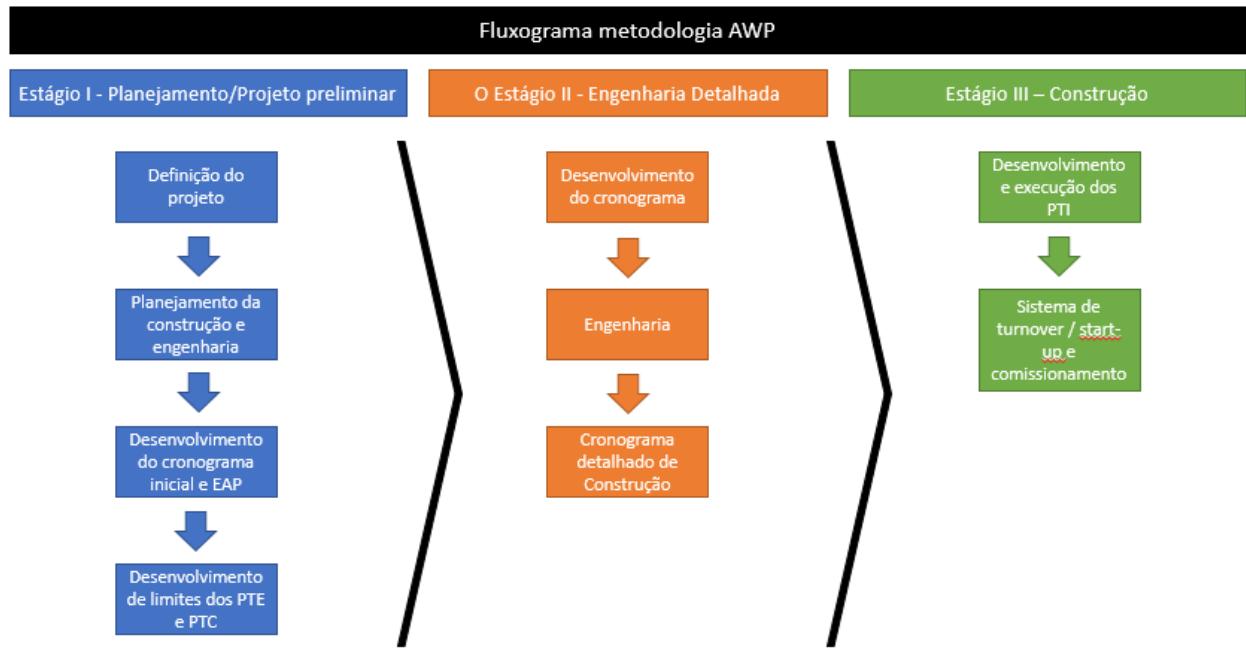
De acordo com Hamdi (2013), a metodologia AWP consiste em um *framework* construído para que o planejamento de engenharia seja norteado pelo sequenciamento da construção, cuja origem seria a partir do *Workface Planning* (WFP), e que é um método destinado a cobrir o escopo do planejamento da execução de um projeto a partir da engenharia

detalhada e do plano de construção o mais tarde possível (HAMDI, 2018). O WFP consiste no processo de organizar e entregar tudo o que é necessário para desenvolver um pacote de trabalho completo, antes mesmo que as atividades sejam iniciadas (BRIEN; HAMDI, 2016), tendo como objetivo a redução do tempo de construção e a coordenação das informações, ferramentas e materiais das frentes de trabalho (RYAN, 2009).

Com base no WFP e outras práticas de empacotamento adotadas pela indústria, o *Construction Industry Institute* (CII) desenvolveu o AWP em 2011, que inclui trabalhos para projetos EPC (Engenharia, Aquisição e Construção) (HAMDI, 2013). O sucesso da ferramenta, porém é dependente do alinhamento entre partes interessadas no projeto, como por exemplo, o proprietário do projeto, demais envolvidos no planejamento, engenharia, controle e execução, até enfim chegar à frente de trabalho (PELLEGRINO, 2017). De forma a alcançar a integração desejada, deve-se estabelecer a sincronia entre as equipes de engenharia e construção, além de considerar o *turnover* para o desenvolvimento de Pacotes de Trabalho de Engenharia (PTE), e Pacotes de Trabalho de Construção (PTC). Tais pacotes são relacionados para posteriormente elaborar os Pacotes de Trabalho de Instalação (PTI) (PELLEGRINO, 2017).

O desenvolvimento desses pacotes é realizado através de três estágios, como é elucidado pela Figura 2. No primeiro estágio (Estágio I - Planejamento/Projeto preliminar), é necessário o planejamento de engenharia para suporte à construção, tendo como atividade sucessora o *turnover* do sistema e leva ao desenvolvimento inicial de PTE e PTC. Já para o segundo estágio (Estágio II - Engenharia Detalhada), são construídos os planos do Estágio I, que estão alinhados com as entregas de engenharia e com os requisitos de construção. Finalmente, terceiro e último estágio (Estágio III – Construção), são elaborados os PTI a partir do planejamento detalhado construído nas etapas anteriores (PELLEGRINO, 2017).

Figura 2 - Fluxograma de desenvolvimento Método AWP



Fonte: Adaptado de CII e RT 202 (2013).



### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Delimitados os objetivos de pesquisa, buscou-se levantar o contexto histórico ou de desenvolvimento a fim de identificar e analisar as principais produções científicas baseadas na ferramenta pesquisada com o tema de *Lean Construction*. A comparação com a empresa de consultoria empresarial foi realizada por meio da participação em *workshops* internos à empresa, não sendo possível divulgar dados de projetos e aplicação devido às regras de confidencialidade.

Para o presente trabalho, foi definido seguir a linha de uma pesquisa qualitativa e exploratória, uma vez que foi pesquisada de forma ampla a aplicação do LPS especificamente em conjunto com outras ferramentas, a fim de entender o *status* de como está sendo utilizada a metodologia.

Quanto ao procedimento de desenvolvimento, a pesquisa se enquadra como bibliográfica e foi elaborada a partir de material publicado e já disponível, sendo constituída principalmente de artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na internet (GIL, 2007). Na presente pesquisa, buscou-se bases científicas a fim de contextualizar o tema e posteriormente tratar esses dados de forma sistemática. Sendo assim, o método utilizado foi a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS). Esse método visa à busca e análise de artigos de uma determinada área. Os autores Conforto, Amaral e Silva (2011) definiram a metodologia de revisão bibliográfica sistemática como um método rigoroso de busca, seleção e revisão de textos. Ao mapear as obras existentes (como textos, artigos, ensaios e outras obras), preparar toda a integração dos conteúdos garante um maior nível de confiabilidade e precisão, o que também permite que os pesquisadores se familiarizem com os problemas e aprimorem as ideias e/ou descobertas. Classificada a pesquisa, o trabalho foi dividido em diferentes frentes.

#### 3.1 Definição do foco da pesquisa de Revisão da Literatura

Para a definição do foco de pesquisa para a RBS, seguiram-se os seguintes passos:

- Primeiro buscou-se identificar se existiam trabalhos científicos abordando o mesmo tema de pesquisa do presente trabalho. Foram encontrados dois trabalhos de conclusão de curso que

abordavam o *Lean Construction*, porém traziam ferramentas de uma maneira generalista. Além disso, foi encontrado também um artigo que tratou especificamente da aplicação do LPS, porém nada que trouxesse o *overview* de ferramentas que potencializassem sua aplicação.

- Posteriormente, buscou-se na literatura autores referência no tema principal de pesquisa, que no caso é o *Lean Construction*. Com isso, encontraram-se textos principalmente de Koskella (1992) e (2004), Alárcon (1997), Formoso (2000) e Ballard (2000), que foram usados como referência para a contextualização.
- Por fim, identificou-se lacunas sobre as aplicações da metodologia, principais ferramentas e o que poderia potencializar o uso de todas essas informações.

### 3.2 Definição das palavras-chave

As principais palavras-chave selecionadas para a pesquisa foram *Lean Construction*, Construção Enxuta, LPS e Aplicação.

Dentre essas palavras, foram realizadas combinações de forma que se pudesse extrair os arquivos que continham todas as informações procuradas, sendo as seguintes combinações utilizadas para encontrar os textos:

- “Lean Construction” OR Lean Construction
- “Lean Construction” AND LPS
- “Lean Construction” AND LPS AND Application

### 3.3 Definição do período de pesquisa e delimitação de escopo

O período adotado para pesquisa envolve publicações nos últimos 5 (cinco) anos (de janeiro de 2017 a dezembro de 2021), tratando-se de artigos de congressos e revistas nacionais

mais relacionados à engenharia de produção, e que abordam especificamente o tema de *Lean Construction*.

### 3.4 Seleção da base de dados

A base de dados deve estar alinhada ao objetivo do trabalho a fim de fornecer informações organizadas e com qualidade aprovada tanto nacionalmente como internacionalmente. Para o desenvolvimento da presente pesquisa foi realizada busca nas bases *Web of Science* (WOS) e *Scopus*, que apresentavam informações confiáveis e de alta qualidade.

### 3.5 Busca dos artigos

Foi realizada a busca nas duas bases de dados selecionadas, a partir das palavras-chaves escolhidas. Dessa forma, foi construída a Tabela 4 que evidencia o número de documentos encontrados em cada base.

Tabela 4 - Número de documentos por base

Pesquisa	Scopus	WOS
"Lean Construction" AND LPS	42	107
Open Access	14	39
"Lean Construction" OR Lean Construction AND LPS	2005	1618
Open Access	566	456
"Lean Construction" AND LPS AND Application	35	15
Open Access	13	6

Fonte: Própria autoria.

A maioria dos artigos era repetida em ambas as bases, sendo possível assim, filtrar resultados para que a base com maior número pudesse apresentar os conteúdos que complementavam a outra base. A partir disso, foram realizados os filtros para a realização da RBS, que serão descritos no próximo tópico.

### 3.6 Leitura sintética e seleção de artigos

Considerando as propostas apresentadas por Conforto, Amaral e Silva (2011) para o método de filtragem de resultados no caso de RBS, foram utilizados os seguintes filtros:

- 1) seleção de textos de acesso aberto;
- 2) leitura dos títulos e das palavras-chave;
- 3) leitura dos resumos;
- 4) leitura das conclusões.

Processo que resultou em 15 textos, sendo todos artigos. Durante a escolha dos artigos, foi possível eliminar aqueles que não agregavam para a pesquisa em questão e que não traziam como objetivo mostrar as ferramentas aplicadas em conjunto com LPS ou a aplicação da metodologia propriamente dita.

### 3.7 Coleta, tratamento e análise de dados

Posterior a seleção dos artigos, foi elaborada a Tabela 5 que sintetizou todos os artigos escolhidos através de seu tema, o que possibilitou assim a leitura em conjunto, de forma que um texto fosse complementando o outro, a fim de enriquecer a qualidade das discussões e resultados a serem apresentados. A partir disso, os textos selecionados foram lidos detalhadamente, a fim de sintetizar e construir o próximo tópico de resultados e discussões.

Tabela 5 - Artigo x Escopo

Título	Assunto
ESTABLISHING A LINK BETWEEN THE LAST PLANNER SYSTEM AND SIMULATION: A CONCEPTUAL FRAMEWORK	Simulação/BIM
EMPIRICAL STUDY ON THE INFLUENCE OF PROCUREMENT METHODS ON LAST PLANNER® SYSTEM IMPLEMENTATION	Método ágil
SINGULARITY FUNCTIONS TO ENHANCE MONITORING IN THE LAST PLANNER SYSTEM	Indicadores
THE DEVELOPMENT AND USE OF LAST PLANNER® SYSTEM (LPS) GUIDANCE	Indicadores
COMBINING LEAN AND AGILE PROJECT MANAGEMENT IN A MULTI-PROJECT ENVIRONMENT: CASE STUDY IN A RETAIL COMPANY	Método ágil
LEAN CONSTRUCTION PRACTICE: CULTURE, STANDARDIZATION AND INFORMATIZATION - A CASE FROM CHINA	Aplicação LPS
IMPLEMENTATION OF LAST PLANNER® SYSTEM IN AN INFRASTRUCTURE PROJECT	Aplicação LPS
USING PERCENT PLAN COMPLETED FOR EARLY SUCCESS ASSESSMENT IN THE LAST PLANNER SYSTEM®	Indicadores
ACCELERATING THE LAST PLANNER SYSTEM® (LPS) UPTAKE USING VIRTUAL REALITY AND SERIOUS GAMES: A SOCIOTECHNICAL CONCEPTUAL FRAMEWORK	Simulação/BIM
Are Indonesia contractors ready to implement last planner system? – an early investigation	Aplicação LPS
COMBINED APPLICATION OF EARNED VALUE MANAGEMENT AND LAST PLANNER SYSTEM IN CONSTRUCTION PROJECTS	Aplicação EVM
CASE STUDY IN THE APPLICATION OF THE LAST PLANNER® SYSTEM	Aplicação LPS
IS INTEGRATION OF UNCERTAINTY MANAGEMENT AND THE LAST PLANNER SYSTEM A GOOD IDEA?	Gestão de incertezas
Toward BIM and LPS Data Integration for Lean Site Project Management: A State-of-the-Art Review and Recommendations	Simulação/BIM
EXPLORING THE INTEGRATION OF LAST PLANNER® SYSTEM, BIM, AND CONSTRUCTION SIMULATION	Simulação/BIM

Fonte: Própria autoria.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os trabalhos encontrados, foram evidenciados ferramentas de aplicação em conjunto com o LPS, ou a própria implementação do LPS em projetos de *Lean Construction*, em que, a partir disso, foram compilados os resultados nos tópicos seguintes de acordo com o assunto abordado.

### 4.1 BIM, Modelos de Simulação e LPS

A primeira ferramenta que potencializa a aplicação do *Lean Construction* é o BIM ou modelos de simulação em meio virtual em conjunto com o LPS. Modelos de simulação auxiliam projetos de construção provendo um meio virtual a fim de testar as decisões antes da implementação real (ABDELMEGID et al., 2019). A partir disso, Abdelmegid et al. (2019) propõem um modelo integrado entre LPS e simulação virtual em que a estrutura visa a evitar a duplicação de esforços, utilizando as informações disponíveis em cada fase do LPS para construí-lo, em vez de desenvolver do zero. Dessa forma, a partir das informações disponíveis no *Master Planning* é possível desenvolver um primeiro estudo de proposta de simulação, a formulação do problema de acordo com suposições e as definições dos objetivos. A *Phase Scheduling* reforça a formulação do problema e o modelo de objetivos, porém, em adição, é possível dar inicio no desenho do modelo de estrutura a ser utilizada e no modelo de comportamento individual. Por fim, o *Lookahead Planning* fornece informações para todos os modelos, seja de *input* e *output*, estrutura e de comportamento individual, além do modelo de controle. Ao juntar todas essas informações, é possível ter uma visão geral do que dever ser feito a partir de um modelo computacional, que auxilia nas tomadas de decisões na fase de *Weekly Work Planning*. O modelo completo pode ser visualizado na Figura 3.

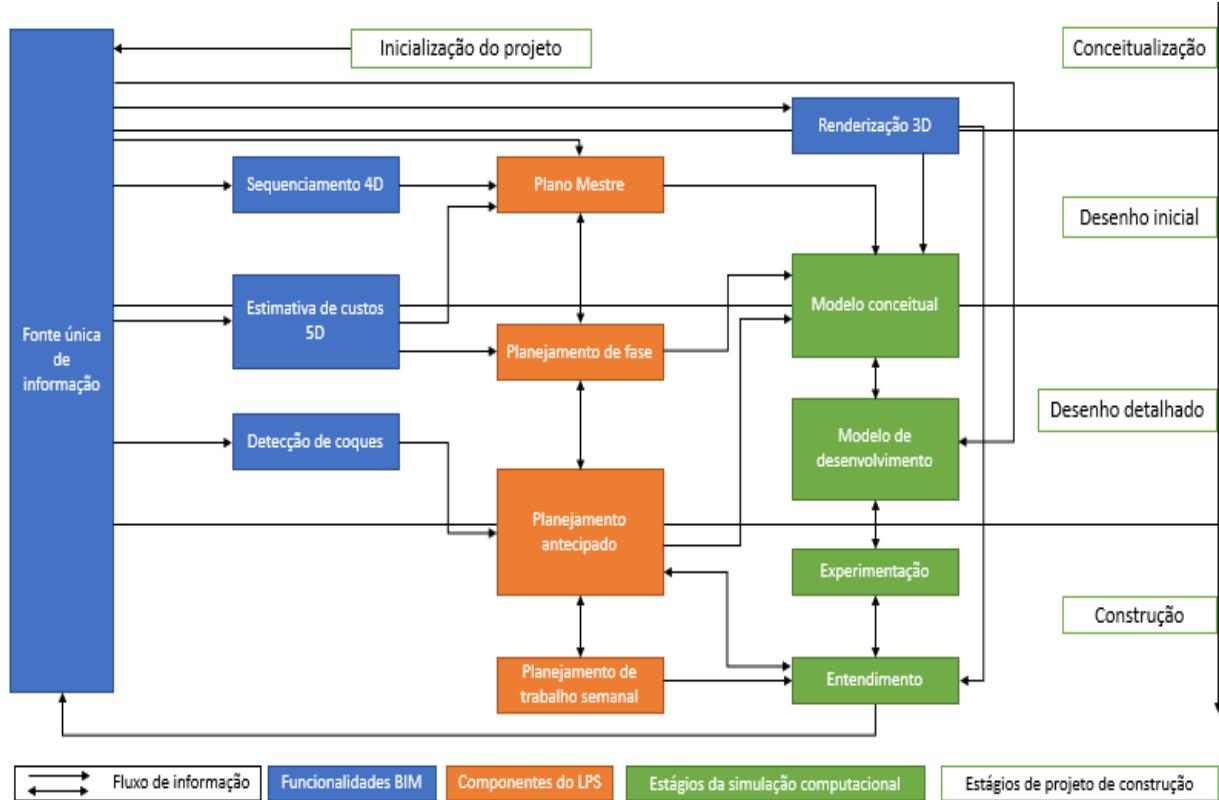


Fonte: Adaptado de Abdelmegid et al. (2019).

No ano seguinte desse primeiro estudo, Wickramasekara et al. (2020) propõem a integração entre *Computer Simulation*, BIM e LPS, construindo um *framework* a partir do que é mostrado na Figura 3 que, segundo os autores, a estrutura facilitaria o uso de CSM em projetos de construção fornecendo uma plataforma para uma melhor tomada de decisão no nível de produção. Com isso, o *framework* final a ser utilizado seria o exibido na Figura 4, porém, o modelo ainda apresenta pontos a serem discutidos para que toda a integração seja possível. De maneira geral, é bem parecido com o modelo mostrado na Figura 3, porém com a adição da

modelagem BIM, com adição de 4D *Scheduling* na fase de *Master Planning*, estimativas de custo 5D, tanto em *Master Planning* quanto em *Phase Scheduling*, implementação de *Clash Detection* em *Lookahead Planning* e a renderização 3D no desenvolvimento dos modelos.

Figura 4 - Modelo desenvolvido por Wickramasekara et al. (2020)



Fonte: Wickramasekara et al. (2020).

Por fim, após a análise de ambos os *frameworks*, um terceiro estudo emerge e, nele, os autores identificaram interações promissoras entre técnicas de construção enxuta e modelagem funcional de informações de construção. Problemas mais complexos lidam com o aproveitamento dos recursos de visualização BIM para oferecer suporte no planejamento colaborativo entre os últimos *Last Planners* e o acompanhamento do progresso das operações de campo. Porém, com isso, também são evidenciadas as limitações de automação das informações atuais baseadas em BIM pelo *software* de tecnologia que suporta o LPS.

A maioria dos *softwares* de TI que auxiliam no gerenciamento de projetos com planejamento eficaz, por meio da análise de restrições, avaliação de cargas de trabalho e controle de progresso no local da obra, ainda dependem de processos manuais e não utilizam os dados BIM. Tais limitações impedem a real integração BIM e LPS no processamento de dados e tornar as ferramentas mais robustas de TI atuais altamente subjetivas e sujeitas a erros. Sendo assim, foi proposta a criação de um sistema BIM-LPS integrado que seria desenvolvido por meio de dois aplicativos.

O primeiro deles seria um aplicativo da web, cujo nome proposto seria “BIM Lean PLANNER Board”, que combina de forma eficiente os componentes BIM e pacotes WBS com seus recursos relacionados e taxas de produção para gerar programações de fases automáticas. O segundo aplicativo, “BIM Lean FIELD App”, permite que os gerentes de sites realizem o *lookahead* e desenvolva semanalmente planejamento do trabalho. O aplicativo BIM Lean FIELD estabelece *gateways* com os recursos humanos, compras e sistemas de gerenciamento de documentos para análise de restrições. Também enriquece o modelo de dados BIM com informações detalhadas da tarefa e progresso, o que permite melhor relatórios de desempenho do projeto (SBITI et al., 2021).

#### 4.2 Métricas e indicadores de desempenho

Sistemas de controle se concentram em métricas que são mais relevantes para o sucesso dos respectivos projetos (SUMARA; GOODPASTURE, 1996). A partir disso, Ezzeddine et al. (2019) trazem o estudo de uma ferramenta para monitorar o desempenho do projeto no nível do WWP de LPS. Nessa ferramenta o autor utiliza funções de singularidade a fim de monitorar e prever o progresso de atividades. Durante seu estudo, a ferramenta mostrou sua precisão no cálculo dos dados necessários e não apresentou limitações quanto ao número de atividades que podem ser analisadas, com isso, várias métricas do LPS foram usadas.

Além da singularidade a primeira métrica utilizada seria o PPC, que é previsto a partir do progresso real da atividade durante a semana de execução, com o intuito de mostrar os primeiros sinais de confiabilidade do planejamento antecipado (EZZEDDINE et al., 2019). A segunda

métrica é o PRI, que é usado como um fator de modificação para a taxa máxima de produção, a qual calcula a alocação de recursos. Em adição, o autor traz a métrica PIC, utilizada a fim de obter confiabilidade para implementar as melhorias necessárias durante a execução. Enquanto o PPC mostra a confiabilidade do planejamento realizado a nível do WWP, o PIC mostra a confiabilidade do planejamento feito durante a semana de execução quando as melhorias foram prometidas a serem feitas. Por fim, ainda é sugerida a utilização do *Takt time* a fim de garantir uma programação padronizada, evitando variações nas taxas de produção.

Em complemento, o estudo de Lagos e Alarcón (2020) analisa a utilização das métricas de PPC e RNCs, cuja facilidade de registro e avaliação permite uma avaliação próxima e contínua da conformidade no curto prazo, sendo que índices de PPC alto geram melhor desempenho, produtividade e realização de cronograma que, alinhados com o RNC, evitam recorrências futuras. No estudo dos autores, foi possível visualizar que o acompanhamento dessas métricas desde o início da execução do projeto pode ajudar a determinar a necessidade de ações corretivas antes da ocorrência de cronograma significativo desvios. Hackett, Harte e Chendo (2019) aproximam-se da mesma conclusão em relação a altas nas métricas de PPC, porém através da técnica de Pesquisa-ação, a qual consiste na afirmação de que a implementação é cíclica com as lições aprendidas de cada ciclo, informando a implementação do ciclo subsequente.

#### 4.3 EVM e LPS

Apesar de ambos os sistemas serem focados no controle do projeto, o LPS está voltado para medição e otimização do fluxo de trabalho, enquanto o EVM analisa o desempenho dos custos ou do cronograma do projeto, sendo que ambos os sistemas são de extrema importância para os clientes. Com isso, a implementação integrada dos dois sistemas, poderia proporcionar uma visão holística do progresso de um projeto, considerando ambos os focos, oferecendo um alto potencial para melhorar a qualidade de processos e o desempenho de projetos de construção (NOVINSKY et al., 2018).

O autor ressalta, ainda, que a medição do Valor Agregado está ficando mais objetiva pelo planejamento de produção transparente do *Last Planner*, mas que, sem o suporte de uma equipe de TI para coletar dados e realizar essas medições, o processo pode ficar demorado e impedir a implementação.

#### 4.4 Gestão de incertezas e LPS

Segundo Torp et al. (2018), a integração entre a gestão de incertezas e LPS pode ser benéfica, porém a integração deve ser realizada evidenciando as incertezas relevantes na lista de foco do projeto para os diferentes níveis de planejamento em LPS. A gestão de incertezas é vista principalmente como uma atividade no grupo de gerenciamento de projetos de topo, e quando se almeja realizar isso a todos os níveis de planejamento em LPS, se busca envolver toda a organização do projeto no processo de gestão de incertezas para redução de riscos e exploração de oportunidades. Nesse cenário, algumas questões sobre o quanto essa ferramenta pode ser benéfica e não sobrecarregar ainda mais a metodologia, são comentadas.

#### 4.5 Método Ágil e LPS

A conduta das atividades de gerenciamento de projetos tem exigido uma abordagem de planejamento e controle diferente do que era apresentado tradicionalmente na indústria da construção civil, conforme propunha o PMBOK (HAMERSKI et al., 2019). Em complemento, Daniel et. al (2018) destacam em seu estudo que a abordagem a ser utilizada em projetos de aplicação do LPS não deve ser firme e engessada, mas ágil o suficiente para integrar o trabalho colaborativo entre as diferentes partes interessadas no projeto para um fluxo de trabalho fluido e sem grandes barreiras e problemas.

#### 4.6 Desafios e benefícios da implementação do LPS

As dificuldades com a implementação do *Lean Construction* e do LPS ficou evidente em diversos textos, cada qual com sua especificidade. Segundo Jiang et al. (2019), em seu estudo realizado na China, a cultura e as pessoas são elementos importantes para a implantação das metodologias na prática, sendo que, para isso, a liderança da empresa exerce um papel fundamental para o sucesso do projeto. No caso apresentado, a criação de uma cultura de transformação e de implementação enxuta por parte da liderança, incentivou a aceitação dos colaboradores com a metodologia, que trouxe mais conveniência para a realização das ações. Sendo assim, a informação possibilita a implementação do LPS a um nível preciso de controle.

O estudo de Liu et al. (2020) reforça a ideia anterior e diz que há barreiras sociotécnicas na implementação do LPS, as quais atrapalham a dinâmica de execução. Para melhor ilustrar essas barreiras, a Tabela 6 foi elaborada com o intuito de mostrar as principais causas e seus fatores de influência.

Outro estudo realizado na Indonésia também trouxe como resultado alguns desafios, entre eles, a falta de compreensão e capacidade, falta de colaboração entre as partes interessadas, resistência à mudança, falta de apoio do gerente sênior de projeto, a necessidade de incentivos financeiros extras (HATMOKO et al., 2018).

A resistência dos participantes ao sistema e à falta de compromisso com LPS tem sido um desafio para muitos projetos de construção, independentemente do tipo de projeto (KASSAB; YOUNG; LÆDRE, 2020). Ainda segundo os autores, a resistência fica evidente ainda durante a fase de treinamentos, em que alguns colaboradores faltam dos treinamentos e oficinas. De acordo com a pesquisa dos autores, as causas raízes desse problema são: a novidade do sistema para a maioria dos participantes; experiências negativas com a metodologia do LPS anteriormente e a ampla experiência com outros sistemas que faz com que os colaboradores acreditem que a mudança não seja necessária.

Tabela 6 - Fatores sociotécnicos

Domínio	Barreiras críticas	Fatores de influência	Referencias
Social	Resistencia à mudança	Falta de confiança	(EL-SABEK; MCCABE, 2018) (POSHDAR et al., 2019)
		Ignorar a opinião das subcontratadas quando for tomar decisão	
		Acreditar muito na metodologia convencional de controle de produção	
	Falta de cooperação	Falta de relacionamento entre o time	(PORWAL et al., 2010) (DANIEL et al., 2018)
		Falta de comprometimento na implementação do LPS	
		Mínimo envolvimento das subcontratadas de construção	
Técnico	Falta de entendimento dos princípios de LPS e métodos de treinamento	Falta de conhecimento de implementação	(PORWAL et al., 2010) (FERNANDEZ-SOLIS et al., 2013) (HAMZEH, 2009)
		O entendimento da metodologia depende de um certo nível de conhecimento	
		Não entendimento dos guias de implementação	

Fonte: Adaptado de Liu et al. (2020).

O grande problema é que durante a implementação do sistema, com certeza irá surgir dúvidas relacionadas à execução (KASSAB; YOUNG; LÆDRE, 2020). Durante o início dos treinamentos, a maioria dos colaboradores se mostram abertos a aprender a implementação da ferramenta, porém, deve haver, em conjunto, uma confiança mútua entre treinador e colaborador, de um modo que seja possível sanar todas essas dúvidas que surjam na execução das atividades diárias e que dê para visualizar os benefícios do sistema com a atividade. Essa confiança, entretanto, só é conquistada com o decorrer do tempo, e, portanto, é vista somente no longo prazo.

Entendendo o funcionamento da ferramenta, a mente dos colaboradores em relação ao LPS muda (KASSAB; YOUNG; LÆDRE, 2020). Por fim, os autores concluem que seguir as melhores práticas para a implementação de LPS é um requisito para obter resultados significativos, também sendo necessário diminuir as dúvidas que surgem. Construir a relação de confiança entre o LPS e os colaboradores é uma medida para superar essas dúvidas. Isso pode ser alcançado por meio de três etapas, que são: o suficiente treinamento, cuja responsabilidade é dos instrutores; a abertura em relação ao sistema, cuja responsabilidade é dos participantes; e a construção de confiança para manter o compromisso dos participantes com o sistema, cuja responsabilidade é dos facilitadores.

Por fim, Ryan, Murphy e Casey (2019), trazem como principais benefícios da implementação do LPS a melhoria na precisão do planejamento, o controle em tempo real, o controle proativo, o engajamento e a qualidade do projeto para construção. Diferentemente dos autores anteriores, os desafios encontrados na implementação foram: a falta de tempo necessário para a execução, a falta de personalização para atender a diferentes setores do cliente e a falta de uma abordagem padronizada para a implantação em projetos.

#### 4.7 Ferramenta utilizada em uma consultoria empresarial

Por questões de confidencialidade, a empresa analisada em questão não pôde ser divulgada, bem como sua maneira de aplicação de metodologias. O que pode ser dito, é que é uma empresa de consultoria focada em gerenciamento, criada nos Estados Unidos, com mais de 35 anos de mercado, cuja sede do Brasil desenvolveu uma unidade de negócios voltada para projetos de infraestrutura, em que contempla a aplicação do *Lean Construction*. Além disso, é possível divulgar a metodologia utilizada em seus projetos em conjunto com o LPS para potencializar sua eficiência.

Com isso, diferente dos métodos utilizados nos textos mostrados pela revisão bibliográfica sistemática, na empresa é utilizado o método AWP, que assim como o LPS busca o aumento da produtividade e previsibilidade dos projetos (HAMDI, 2018), além da melhora de confiabilidade, que traz impactos diretos no custo e duração dos mesmos (BALLARD, 2000). Em adição, ambos os métodos trazem a segmentação em pacotes de trabalho.

Apesar de apresentarem características parecidas, segundo os autores Hood, Isatto e Formoso (2019), há complementações entre as metodologias que as potencializam. Com isso, foi elaborada a Tabela 7 para a comparação.

Tabela 7 - Diferenças AWP x LPS

Característica	AWP	LPS
Níveis de planejamento	Divisão em níveis hierárquicos	Divisão em níveis hierárquicos
Estruturação do conteúdo de planejamento	Divisão em pacotes de trabalho	Divisão em pacotes de trabalho
Estabilização da produção (está ligada com a gestão das restrições)	Pacotes de instalação: liberados e executáveis	Curto prazo: pacotes de trabalho liberados e executáveis
Objetivo geral	Busca melhorar a produtividade e a previsibilidade do projeto.	Melhora a confiabilidade.
Plano estratégico do empreendimento	Estágio I	Longo prazo
Plano tático do empreendimento	Estágio II	Médio prazo
Plano operacional do empreendimento	Estágio III	Curto prazo
Setor de maior utilização	Setor industrial	Construção civil
Influência do cliente	Alta	Baixa
Gestão das restrições: identificação	Pacote especial para atividades com alto risco	Médio prazo: remoção das restrições
Definição do conteúdo dos pacotes	Foco na definição dos pacotes de engenharia (projeto) para definição de pacotes de construção	Não tem preocupação especial com os limites e conteúdo dos pacotes de trabalho. Não há sistemática para definição do conteúdo necessário para a realização das atividades.
Ligaçāo entre o fluxo de projeto e o fluxo de produção	Busca preencher a lacuna entre o que o projetista desenha e o que a construção precisa executar	Cronograma é feito direcionado para a construção
Responsável técnico	<i>Workface Planner</i>	<i>Last Planner</i>

Fonte: Hood, Isatto e Formoso (2019).

Apesar de se tratar de abordagens de setores distintos, ambos os métodos podem se complementar, sendo o AWP um instrumento de melhoria do LPS, como, por exemplo, com a

inclusão de um projetista na definição de sequenciamentos, diminuindo assim a discrepância entre a idealização e a execução. Adicionalmente, deve-se analisar a necessidade da influência do cliente, uma vez que pode impactar no grau de exigência das atividades (HOOD; ISATTO; FORMOSO, 2019).

Em um plano estratégico, o AWP pode agregar o LPS na definição do cronograma e sequenciamento em níveis macro, já o LPS pode complementar o AWP em seu plano tático na definição dos PTE e PTC através da sistematização de remoção de restrições. Algumas diferenças também são percebidas, porém se apresentam de maneiras correspondentes nas duas metodologias. Como exemplo, pode-se citar que a recomendação no método de AWP tem a necessidade de um especialista para elaboração, controle e atualização, enquanto no LPS a recomendação ocorre no curto prazo, em que o próprio responsável técnico é o executor da atividade (HOOD; ISATTO; FORMOSO, 2019).



## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a realizar uma busca sistemática de estudos relacionados à aplicação do *Lean Construction*, em especial o LPS, nos últimos cinco anos, além de compará-lo com a aplicação em uma consultoria empresarial. Para tanto, foram analisados quinze artigos que expressaram a maneira que a metodologia foi aplicada, bem como as ferramentas e/ou metodologias auxiliares.

Pode-se perceber que, apesar de o LPS já ter alguns anos no mercado, sua aplicação ainda enfrenta alguns desafios, sendo os mais evidentes a resistência à mudança e a falta de conhecimento da metodologia, que acabam afastando a empresa que deseja realizar a implementação da metodologia e os funcionários da contratante (KASSAB; YOUNG; LÆDRE, 2020). Assim, ambos ficam com a impressão de que, talvez, a metodologia não gere resultados.

A revisão sistemática também possibilitou verificar que o uso de indicadores de desempenho, BIM, EVM e gestão de incertezas, potencializam a aplicação do LPS, tendo em vista a quantidade de informação que é gerada em relação ao projeto, podendo, assim, mudar o planejamento da empresa ou auxiliar no controle e monitoramento do desenvolvimento do projeto. Os indicadores e ferramentas, porém, devem ser selecionados de acordo com o projeto a ser implementado, pois alguns podem não fazer sentido e se tornar somente mais uma tarefa que consome tempo e não agrega valor na eficiência do projeto, ou seja, sistemas de controle se concentram em métricas que são mais relevantes para o sucesso dos respectivos projetos (SUMARA; GOODPASTURE, 1996).

Além disso, a gestão ágil de projetos também se apresenta, nos textos selecionados para a análise, como essencial nos projetos atuais, independentemente do setor de atuação. Nesta pesquisa, os artigos que citaram gestão ágil, identificaram lacunas na metodologia tradicional, principalmente a necessidade de adaptação rápida, em resposta a mudanças de escopo, mesmo que pequenas (DANIEL et. al., 2018). No caso de implementação do LPS, as mudanças de planejamento podem ocorrer semanalmente e, portanto, se torna necessário a gestão ágil a fim de aumentar a adaptabilidade e como consequência a eficiência do projeto.

Por fim, a consultoria empresarial analisada, além de utilizar algumas das ferramentas e/ou metodologias apresentadas, também trabalha com AWP em seu planejamento, que apesar de

pouco aplicada no setor de construção atual, vem apresentando bons resultados nos projetos em desenvolvimento.

Considera-se assim, que o objetivo geral de investigar as tendências de aplicação do *Lean Construction*, em específico o LPS, bem como as ferramentas e metodologias auxiliares, comparando a literatura com a prática, foi cumprido, pois foram identificados essas ferramentas e metodologias, além de explicado como trazem resultados dentro do projeto em conjunto com o LPS.

Como limitação de realização desse trabalho, houve só o acesso estritamente a textos com acesso aberto nas bases pesquisadas, entretanto, os resultados presentes no trabalho possuem valor significativo, dado o atual setor de construção civil e as metodologias aplicadas.

Esse trabalho propôs a investigação de ferramentas e métodos que aplicados em conjunto com o LPS aumentam sua eficiência. Dentro do estudo, também foram encontrados desafios da implementação da metodologia, o que transparece uma lacuna de conhecimento relacionado ao estudo de gestão da mudança ou estudos comportamentais, com o intuito de buscar uma maneira que diminua esses efeitos e que torne mais fácil a aplicação de novas metodologias de trabalho.

Além disso, durante a realização de pesquisas sobre AWP, não foram encontrados tantos trabalhos desenvolvidos, principalmente no Brasil. Como outra sugestão, o estudo dessa metodologia para aplicação em canteiros de obras civis poderia gerar um conhecimento importante para a comunidade.

Por fim, também seria interessante a realização de estudos que relacionassem a adoção das ferramentas e metodologias abordadas nesse trabalho com o *Lean Construction Maturity*, em que é possível medir o nível de maturidade de um projeto e que poderia trazer resultados importantes para a comunidade.

## REFERÊNCIAS

ABDELMEGID, M. A. et al. Establishing a link between the last planner system and simulation: a conceptual framework. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 335–346, 2019.

ABRAHAMSSON, P.; WARSTAB, J.; SIPONENB, M. T.; RONKAINENA, J. New directions on agile methods: a comparative analysis. In: **25th International Conference on Software Engineering, 2003**. Proceedings: IEEE. p. 244-254, 2003.

AL-AOMAR, R. A lean construction framework with Six Sigma rating. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 4, p. 299-314, 2012.

ALARCÓN, Luis. Lean construction. **CRC Press**, 1997.

ASLESEN, S.; SANDBERG, E.; STAKE, S.; BØLVIKEN, T. **Integrating Safety Analyses in Production Planning and Control: A Proposal**. In: Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 2013.

BAJJOU, M.S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533-556, 2018.

BALLARD, G. **The Last Planner System of production control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: stabilizing work flow. **Lean construction**, p. 101-110, 1994.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean project management. **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 119-133, 2003.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE v.124, n.1, p.11-17, 1998.

BARAK, R. et al. Unique Requirements of Building Information Modeling for Cast-inPlace Reinforced Concrete. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 23, p. 64-74, 2009.

BARROS, E.B. **Aplicação da Lean Construction no setor de Edificações:** um estudo multicaso. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

BERNARDES, M.M.S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção.** Tese (Doutorado Construção Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

BRIEN, W.J.O.; HAMDI, O. **Advanced Work Packaging:** From Project Definition through Site Execution. The University of Texas at Austin, Austin, 2016.

CÂNDIDO, L.F.; HEINECK, L.F.M.; BARROS NETO, J.P. Critical analysis on earned value management (EVM) technique in building construction. **Proceedings IGLC-22**, Oslo, Norway, 2014.

CERVONE, H.F. Understanding agile project management methods using Scrum. **OCLC Systems & Services: International digital library perspectives**, v. 27, n. 1, p. 18-22, 2011.

CHITLA, V.R.; ABDELHAMID, T.S. Comparing process improvement initiatives based on percent plan complete and labour utilization factors. *Proc. 11th Ann. Conf. Int. Group for Lean Constr.*, 2003. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40937%28261%292>> . Acessado em: 20 nov. 2021.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. **Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP 2011. Porto Alegre: Instituto de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2011.

CONTE, A.S.I. **Lean Construction e a Estabilização do Processo Produtivo na Construção Civil.** São Paulo: FEICON BATIMAT, 2009.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT:** uma abordagem Estratégica. Atlas, 2009.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; FROSOLINI, M. A lean approach for real-time planning and monitoring in engineer-to-order construction projects. **Buildings**, v. 8, n. 3, 38, 2018.

DANIEL, E.I. et al. Empirical study on the influence of procurement methods on last planner® system implementation. **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**, v. 2, p. 681–690, 2018.

DANIEL, E.I.; PASQUIRE, C.; DICKENS, G. Development of approach to support construction stakeholders in implementation of the last planner system. **Journal of Management in Engineering**, v. 35, n. 5, 04019018, 2019.

DARDOT, Pierre; LAVAL, Christian. **A nova razão do mundo:** ensaio sobre a sociedade neoliberal. São Paulo: Boitempo, 2016.

DENNING, S. Why Agile can be a game changer for managing continuous innovation in many industries. **Strategy & Leadership**, v. 41, n. 2, p. 5-11, 2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

EL SAMAD, G.; HAMZEH, F.; EMDANAT, S. Last Planner System – the Need for New Metrics. **Proc. 25th Ann. Conf. Int. Group for Lean Constr.**, p. 637-644, 2017.

EZZEDDINE, A. et al. Singularity functions to enhance monitoring in the last planner system. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 287-298, 2019.

FLEMING, Q.W.; KOPPELMAN, J.M. **Earned value project management.** Project Management Institute, Newtown Square, Pa., 2010.

FORMOSO, C.T. **Lean Construction:** Princípios Básicos e exemplos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.S.; OLIVEIRA, L.F.M.; OLIVEIRA, K.A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999. 73p.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Atlas: São Paulo, 2007.

GONZÁLEZ, V.; ALARCÓN, L.F.; MUNDACA, F. Investigating the relationship between planning reliability and project performance. **Production Planning and Control**, v. 19, n. 5, p. 461-474, 2008.

GREEN, S.D. The human resource management implications of lean construction: critical perspectives and conceptual chasms. **Journal of Construction Research**, v. 3, n. 1, p. 147-165, 2002.

HACKETT, V.; HARTE, P.; CHENDO, J. The development and use of last planner® system (LPS) guidance. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 651-662, 2019.

HAMDI, O. **Advanced Work Packaging from project definition through site execution: driving successful implementation of WorkFace Planning**, Dissertação (Mestrado) - The University of Texas at Austin, Austin. 2013.

HAMDI, O. **Advanced Work Packaging in the global context of capital projects**. Online course offered by the Advanced Work Packaging Institute, 2018.

HAMERSKI, D.C. et al. Combining lean and agile project management in a multi-project environment: Case study in a retail company. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 239-250, 2019.

HAMZEH, F.R.; BALLARD, H.G.; TOMMELEIN, I.D. Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**, 2012, p. 15-34, 2012.

HATMOKO, J.U.D. et al. Are Indonesia contractors ready to implement last planner system? - An early investigation. **MATEC Web of Conferences**, v. 195, p. 1-10, 2018.

HOOD, E.S.S.; ISATTO, E.L.; FORMOSO, C.T. Sistema Last Planner X Advanced Work Packaging. **XI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**, v. 11, n. 3, p. 1-7, 2019.

ISATTO, E.L. et al. **Lean Construction:** diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. 1<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.

JEONG, Y.-S. et al. Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete. **Automation in Construction**, v. 18, p. 469-484, 2009.

JIANG, L. et al. Lean construction practice: Culture, standardization and informatization -A case from China. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 949-960, 2019.

KASSAB, O.A.; YOUNG, B.K.; LÆDRE, O. Implementation of Last Planner® System in an infrastructure project. **IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020**, p. 517-528, 2020.

KLAKEGG, O.J.; TORP, O.; KALSAAS, B.T.; BØLVIKEN, T.; HANNÅS, G. **Usikkerhetsstyring - et utviklingsområde for Lean Construction**. In: Kalsaas, B. T. (ed.). Lean Construction. Forstå og forbedre prosjektbasert produksjon. Fagbokforlaget, Bergen, Norway, 2017.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Technical Report, Stanford University, n.72, setembre, 1992.

KOSKELA, L. Moving on beyond Lean Thinking. **Lean Construction Journal**, v. 1, n. 1, p. 24-37, 2004.

LAGOS, C.; ALARCÓN, L.F. Using percent plan completed for early success assessment in the last planner system®. **IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020**, p. 469-480, 2020.

LIU, C. et al. Accelerating the last planner system® (LPS) uptake using virtual reality and serious games: A sociotechnical conceptual framework. **IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020**, p. 481-492, 2020.

LOVE, P. et al. Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling. **Research in Engineering Design**, v. 22, p. 173-187, 2011.

LUCKO, G.. Computational analysis of linear and repetitive construction project schedules with singularity functions. **International Workshop on Computing in Civil Engineering**, p. 9-17. 2007.

MOSSMAN, A. Last Planner: 5+ 1 crucial & collaborative conversations for predictable design & construction delivery. **The Change Business Ltd.**, UK, 2013.

NEUMANN, D.; BAUREIS, D.; STOCK, T. Capacidade de transformação: gestão ágil de projetos em estruturas organizacionais transformáveis. **Mundo Project Management**, v. 5, n. 26, p. 52-66, 2009.

NG, S.T.; ZHENG, D.X.; XIE, J.Z. Allocation of construction resources through a pull-driven approach. **Construction Innovation**, v. 13, n. 1, p. 77-97, 2013.

NOVINSKY, M. et al. Combined application of earned value management and last planner system in construction projects. **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**, v. 2, p. 775-785, 2018.

OHNO, T. **O Sistema de Produção Toyota**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PELLEGRINO, S. P. **Introduction to CII's Advanced Work Packaging**: An Industry Best Practice, 2017.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)**, Project Management Institute, Newtown Square, Pa., 2008.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Project Management Body of Knowledge**; Project Management Institute: Newtown Square, PA, USA, 2013.

REZENDE, J.S.; DOMINGUES, S.M.P. SÁ; MANO, A. P. Identificação das práticas da filosofia lean construction em construtoras de médio porte na cidade de Itabuna (BA). **Engevista** 14, 2012.

RYAN, G. **Schedule for sale workforce planning for construction projects**. Bloomington: AuthorHouse, 2009.

RYAN, M.; MURPHY, C.; CASEY, J. Case study in the application of the Last planner® system. **27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2019**, p. 215-226, 2019.

SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 136, p. 30-38, 2010.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; LUEGRING, M. Site implementation and assessment of lean construction techniques. **Lean Construction Journal**, v. 2, n. 2, p. 1-58 2005.

SBITI, M. et al. Toward BIM and LPS data integration for lean site project management: A state-of-the-art review and recommendations. **Buildings**, v. 11, n. 5, p. 1-19, 2021.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2<sup>a</sup> ed., Porto Alegre: Artmed, 1996.

SILVA, Leonardo Soares Almeida et al. Lean construction: uma busca sistemática da literatura. 2019.

SUMARA, J.R.; GOODPASTURE, J. Earned value-the next generation: a practical application for commercial projects. In: **Proceedings-Project Management Institute**. p. 839-843, 1996.

TORP, O. et al. Is integration of Uncertainty Management and The Last Planner system a good idea? **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**, v. 1, p. 658-668, 2018.

WICKRAMASEKARA, A.N. et al. Exploring the integration of Last Planner® System, BIM, and construction simulation. **IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020**, p. 1057-1068, 2020.

WOMACK, J.P. Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine os Desperdícios e Crie Riqueza. 15<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 13<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WU, X.Y.; YUAN, H.P.; WANG, G.; LI, S.Q.; WU, G.D. Impacts of lean construction on safety systems: a system dynamics approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 2, 221, 2019.

ZWIKAEL, O. The relative importance of the PMBOK® Guide's nine Knowledge Areas during project planning. **Project Management Journal**, v. 40, n. 4, p.94-103, 2009.