



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo

Fernando Leite Bueno

Lean construction: Uma revisão da literatura

Campinas
2021

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Fernando Leite Bueno

Lean construction: Uma revisão da literatura.

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Civil** à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Stella Pucharelli Fontanini

Campinas

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

B862L Bueno, Fernando Leite, 1995-
Lean construction : uma revisão da literatura / Fernando
Leite Bueno. –Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Patricia Stella Pucharelli Fontanini.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Estadual deCampinas, Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Construção enxuta. I. Fontanini, Patricia Stella
Pucharelli, 1974-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura eUrbanismo. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Lean construction: a literature review

Palavras-chave em inglês:

Lean construction

Titulação: Bacharel

Banca examinadora:

Patricia Stella Pucharelli Fontanini [Orientador]

Phelipe Viana Ruiz

Lia Lorena Pimentel

Julia Kanai

Data de entrega do trabalho definitivo: 02-12-2021

Lean Construction: Uma revisão da literatura.

Fernando Leite Bueno

BANCA EXAMINADORA

.....
Profa. Dra. Patricia Stella Pucharelli Fontanini
Orientadora

.....
Profa. Dra. Lia Lorena Pimentel

.....
Prof. Phelipe Viana Ruiz

.....
Msc^a.Julia Kanai

Aprovado em: 02/12/2021

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a toda a minha família que sempre me apoiou e deu forças para que eu seguisse meus sonhos e trilhasse o caminho que escolhi, em especial a minha mãe Emilia e meu irmão Gabriel. A minha namorada Helena, que sempre me guiou e me deu apoio nessa reta final da graduação. Aos meus amigos que sempre estiveram comigo e a minha orientadora, Professora Patricia Stella Pucharelli Fontanini pelo tempo dedicado, e os ensinamentos passados nesse ano e ao longo de todo meu período na UNICAMP.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais por sempre me apoiar e me proporcionar oportunidades para estudar e assim conseguir atingir meus objetivos de vida. Meu irmão, minha nonna, minha prima, minhas tias e meu tio por ter sempre me acompanhado e dado forças para correr atrás de meus sonhos sempre com apoio e carinho.

Agradeço a minha namorada por ser minha companheira, me incentivar e ter dado apoio para a realização dessa monografia.

Agradeço a todos os meus amigos de faculdade e os de momentos anteriores da minha vida, que estiveram comigo em diferentes fases da minha jornada acadêmica.

Agradeço a minha orientadora pela paciência, excelente orientação e todos os conhecimentos passados para a realização deste trabalho.

RESUMO

Na década de 1990 surgiu a ideia de adaptação do novo modelo de produção para a indústria da construção civil, visando alcançar as melhorias econômicas, de tempo e redução de desperdícios que haviam sido obtidas quando implementado na indústria da manufatura. Os resultados foram positivos, e a proposta abriu espaço para inúmeras pesquisas sobre benefícios, impactos e ferramentas para o que ficou conhecido como *Lean Construction*. No Brasil essa metodologia já é utilizada em certa quantidade, entretanto pesquisas indicam que os níveis de conhecimento sobre metodologias do *lean* aplicadas a construção e como implementá-las na indústria ainda são uma barreira para uma parcela relevante dos participantes desse setor. O presente trabalho investiga as ferramentas do pensamento enxuto aplicadas a construção. Seu objetivo principal é apresentar os conceitos do *lean thinking* aplicados ao setor da construção civil e fornecer diretrizes para aplicação das ferramentas do pensamento enxuto em obras de pequeno porte. A estratégia de pesquisa adotada foi a da revisão bibliográfica através de uma revisão sistemática da literatura existente. Como resultados, foram mapeadas as principais barreiras de implementação do *lean* na indústria da construção e oferecidas diretrizes para vencê-las. Entre as contribuições desta pesquisa destaca-se um conjunto de diretrizes para realizar a exemplificação do uso de algumas ferramentas do *lean* e como superar suas barreiras de implementação, além de exemplos de como implementar o 5's e o *kanban* em uma obra. Através destas diretrizes espera-se contribuir para a disseminação da filosofia *lean* aplicada a construção civil e oferecer um guia a engenheiros, pequenos construtores e profissionais que desejem aplicar essas técnicas pela primeira vez.

Palavras chave: *Lean construction*, Barreiras de implementação do *lean* Guia de implementação *lean*, Ferramentas do *lean construction*, 5'S, Kanban

ABSTRACT

In the 1990s, the idea of adapting the new production model for the construction industry arose, aiming to achieve the economic, time and waste reduction improvements that had been obtained when implemented in the manufacturing industry. The results were positive, and the proposal opened space for numerous researches on benefits, impacts and tools for what became known as Lean Construction. In Brazil this methodology is already used in a certain amount, however research indicates that the levels of knowledge about lean methodologies applied to construction and how to implement them in the industry are still a barrier to a relevant portion of the participants in this sector. The present work investigates the lean thinking tools applied to construction. Its main objective is to present lean thinking concepts applied to the civil construction sector and provide guidelines for the application of lean thinking tools in small works. The research strategy adopted was the bibliographic review through a systematic review of the existing literature. As a result, the main barriers to the implementation of lean in the construction industry were mapped and guidelines were offered to overcome them. Among the contributions of this research, there is a set of guidelines to exemplify the use of some lean tools and how to overcome their implementation barriers, as well as examples of how to implement the 5's and kanban in a work. Through these guidelines, it is expected to contribute to the dissemination of lean philosophy applied to civil construction and offer a guide to engineers, small builders and professionals who wish to apply these techniques for the first time.

Keywords: Lean construction, Barriers to lean implementation, Lean implementation guide, Lean construction tools, 5'S, Kanban

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Esquemática do STP ilustrado pela “Casa Toyota”	6
Figura 2 – Os sete desperdícios de Ohno	7
Figura 3 – 5 princípios guia para implementar o LT	10
Figura 4 – Comparação de produtividade entre setores	13
Figura 5 – Modelo de Conversão de processos	14
Figura 6 – Novo Modelo de Produção	15
Figura 7 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor	21
Figura 8 – Horizontes de planejamento do LPS	24
Figura 9 – Esquema 5’S	27
Figura 10 – Fluxograma de proposta de padronização das atividades de trabalho na construção	30
Figura 11 – Fluxograma da Revisão sistemática da literatura	32
Figura 12 – Número de publicações aderentes ao tema por ano	36
Figura 13 – Distribuição percentual das fontes de publicação do material considerado na RSL	37
Figura 14 – Distribuição percentual geográfica das fontes consideradas	38
Figura 15 – Distribuição percentual quanto a metodologia dos artigos	39
Figura 16 – Agrupamento dos artigos da RSL quanto ao foco principal da abordagem <i>lean</i>	40
Figura 17 – Barreiras de implementação do <i>lean</i>	67
Figura 18 – Diretrizes para quem deseja começar a implementar o LC	72
Figura 19 – Palestra de apresentação dos conceitos do 5’S	76
Figura 20 – Primeira etapa do jogo dos números	77
Figura 21 – Segunda etapa do jogo dos números	78
Figura 22 – Terceira etapa do jogo dos números	79
Figura 23 – Quarta etapa do jogo dos números	80
Figura 24 – Canteiro antes da remoção de materiais desnecessários	81
Figura 25 – Canteiro após remoção de materiais desnecessários	81
Figura 26 – Canteiro antes de aplicação do 5’S	82
Figura 27 – Canteiro depois da aplicação do 5’S	82
Figura 28 – Armário dos funcionários antes	83
Figura 29 – Armário dos funcionários depois	83

Figura 30 – Identificação e separação das barras de aço por diâmetro	84
Figura 31 – Propagação do senso de limpeza e de disciplina	85
Figura 32 – Propagação do senso de limpeza e de disciplina nos sanitários	86
Figura 33 – Exemplo de funcionamento do <i>kanban</i>	87
Figura 34 – Exemplo de cartão <i>kanban</i> de produção	88
Figura 35 – Exemplo de cartão <i>kanban</i> de transporte	89

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Síntese do processo de levantamento e seleção de artigos**35**

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL**42**

LISTA DE SIGLAS

LT – *Lean Thinking*

LC – *Lean Construction*

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

STP – Sistema Toyota de Produção

JIT – *Just in Time*

TPM – *Total Productivity Maintenance*

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

LPS – *Last Planner System*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo Geral.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.2.3 Estrutura do Trabalho.....	3
2 O LEAN CONSTRUCTION	5
2.1 CONCEITOS.....	5
2.1.1 Sistema Toyota de Produção.....	5
2.1.2 <i>Lean thinking</i>	9
2.1.3 <i>Lean construction</i>	12
2.2 FERRAMENTAS.....	18
2.2.1 Mapeamento de Fluxo de Valor.....	18
2.2.2 <i>Last planner System</i>	21
2.2.3 <i>Takt time</i>	24
2.2.4 Células de Produção.....	25
2.2.5 <i>Kanban</i>	25
2.2.6 5'S.....	26
2.2.7 <i>Jidoka</i>	28
2.2.8 <i>Poka-Yoke</i>	28
2.2.9 <i>Total Productivity Maintenance</i>	29
2.2.10 Padronização de Operações.....	29
3 MÉTODO	31
3.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	32
3.2 BASES DE DADOS.....	33
3.3 <i>STRINGS</i> DE BUSCA.....	33
3.4 SALVAMENTO.....	33
3.5 PROCESSO DE BUSCA.....	33
3.6 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO.....	34
3.7 ANÁLISE DO CONTEÚDO SELECIONADO.....	34
4 RESULTADOS	42
4.1 BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO LC	66

4.2 ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO.....	70
4.3 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO 5'	75
4.4 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DO <i>KANBAN</i>	86
5 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é o setor responsável pela realização de obras num país, sejam elas obras de infraestrutura como portos, rodovias, hidrovias, ferrovias e barragens como obras residenciais e comerciais. Em tempos de crise e retração da economia, muitos países recorrem ao investimento no setor da construção civil, pois investindo em infraestrutura ocorre a atração de investimentos para o país, além da criação de empregos, o que é muito benéfico para a economia. “No Brasil, a construção civil é responsável por 6,2% do PIB, e durante o ano de 2020 foi responsável pela criação de mais de 100 mil vagas de emprego segundo o IBGE e foi o setor que mais contratou profissionais em 2020. Entretanto, o Brasil foi o país que menos investiu em infraestrutura entre os 21 países latino americanos ao longo do ano de 2019, o equivalente a 0,5% do PIB, segundo a pesquisa divulgada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Os dados mostram que existe espaço para aumentos nesses investimentos no Brasil e potencial de crescimento para o setor da construção civil” (FIGUEIREDO, 2017).

Sabendo da importância e da relevância desse setor da economia, pesquisadores começaram a desenvolver metodologias para o aperfeiçoamento do processo construtivo. Uma das linhas de pensamento que mais se popularizou foi o *lean construction* (LC), que é a aplicação da filosofia do *lean thinking* (LT) à construção civil. O LT possui suas origens no Sistema Toyota de Produção, o STP, e foi desenvolvido visando propor uma alternativa mais inteligente que o sistema de produção em massa. Segundo Ohno (1988) “O objetivo mais importante do Sistema Toyota de Produção tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios”.

O primeiro a pensar na aplicação dessa filosofia à construção civil foi o estudioso finlandês Koskela em seu trabalho “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” (1992). O presente trabalho, visa discorrer sobre os princípios da filosofia do LC, e propor diretrizes de adaptação para a sua implementação em obras de construção civil de pequeno porte.

1.1 JUSTIFICATIVA

“O mercado da construção civil está cada vez mais competitivo. O período de crescimento do início da década de 2010 passou e deu lugar a um ambiente incerto, com pouca previsão de rentabilidade para as construtoras. Esse cenário exige um investimento maior no planejamento e gerenciamento das obras. Desse modo, as empresas que obtiverem um controle mais eficiente da produção e da qualidade serão mais competitivas” (SANTOS e SANTOS, 2017, p. 40).

A pandemia do Corona vírus impactou todo o mundo, no Brasil não foi diferente e a crise econômica que se instaurou afetou todos os setores da economia. Apesar disso o mercado imobiliário brasileiro conseguiu crescer 57,5% em 2020, num cenário de taxas de juros em baixa histórica no país, os bancos no Brasil liberaram R\$ 124 bilhões de crédito para financiamentos imobiliários, segundo a Associação Brasileira de Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança (ABECIP, 2021). A expectativa para 2021 é que o setor continue forte e as construtoras atendam a demanda com novas obras, no cenário anteriormente descrito, é de maior interesse das empresas realizar obras de maneira a reduzir custos e desperdícios, mantendo-se sempre o planejamento e atendendo aos prazos e padrões desejados pelos consumidores. Em seu estudo de caso, Issa (2013) conseguiu demonstrar que a partir da aplicação de técnicas *lean* na construção de uma obra no Egito, o tempo de execução do projeto foi reduzido em 15,75% do previsto inicialmente. Em suas conclusões, ele nota que o uso das técnicas *lean* tem o potencial de reduzir os efeitos de riscos relacionados ao tempo de execução de projeto em países em desenvolvimento e que os resultados apontam que o *lean* pode ser aplicado nesses países devido a sua simplicidade e alta eficiência.

Segundo uma pesquisa feita pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), apenas 12% das indústrias de construção utilizam mais de 10 técnicas de produção *lean*. Na atual situação do cenário da construção civil do Brasil, ainda são muito pouco utilizadas as metodologias do LC no planejamento e gerenciamento de obras. Em resposta na mesma pesquisa, 32% dos empresários entrevistados afirmaram não utilizar o LC devido à falta de conhecimento das ferramentas e técnicas.

De acordo com essa pesquisa, faz-se necessário uma maior divulgação da filosofia do LC e ainda maiores diretrizes de como realizar a implementação de seus

processos em obra, para reduzir custos e melhorar a produtividade.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho estão descritos abaixo.

1.2.1 Objetivo Geral:

Apresentar os conceitos do *lean thinking* aplicados ao setor da construção civil e fornecer diretrizes para aplicação das ferramentas do pensamento enxuto em obras residenciais de pequeno porte.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre *lean construction* e sobre ferramentas para sua implementação em projetos de construção civil.
- Apresentar os principais conceitos sobre o pensamento enxuto;
- Através da revisão sistemática da literatura, apresentar um mapeamento das principais barreiras de implementação do lean na construção.
- Exemplificar como o 5'S e o *kanban* podem ser implementados em uma obra residencial de pequeno porte.

1.2.3 Estrutura do Trabalho:

O trabalho em questão está estruturado em 5 capítulos:

No capítulo 1 fez-se uma pequena introdução do tema que será abordado, colocando um panorama dos cenários nacional e internacional quanto ao LC e apresentando a justificativa da escolha do tema. Em seguida foram apresentados os objetivos principais e específicos e a estrutura desta monografia.

No capítulo 2 é realizada a revisão bibliográfica sobre o tema, abordando a história do *lean* desde suas origens até seu encontro com a indústria da construção civil e as principais ferramentas de aplicação das práticas nesse setor.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada no estudo em questão, no qual

escolheu-se a pesquisa bibliográfica realizada através de uma revisão sistemática da literatura. São apresentadas as considerações realizadas para a escolha das obras que foram adotadas como base argumentativa deste estudo. Em seguida foram apontadas e discutidas algumas características dos resultados obtidos e fez-se uma comparação entre eles.

O capítulo 4 é dedicado a apresentação dos resultados obtidos a partir da leitura da bibliografia considerada, o mapeamento de barreiras que existem para a implementação do LC bem como uma exemplificação de aplicação de algumas ferramentas abordadas na revisão sistemática numa obra de pequeno porte.

No capítulo 5 faz-se uma conclusão de todas as informações abordadas e uma discussão à respeito das respostas alcançadas para os objetivos propostos durante a pesquisa.

Por fim são apresentadas as referências adotadas para embasar a argumentação desenvolvida neste estudo.

2. O LEAN CONSTRUCTION

A seguir será realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL), de acordo com Green (2005, p. 270) “Uma revisão sistemática é uma ferramenta científica que pode ser usada para avaliar, resumir e comunicar os resultados e implicações de quantidades de pesquisa que de outra forma seriam incontroláveis”. Sendo assim, o principal objetivo dessa revisão será o de analisar trabalhos relacionados a questão de pesquisa, a fim de fornecer um embasamento técnico argumentativo capaz de assegurar a realização das próximas etapas do presente trabalho.

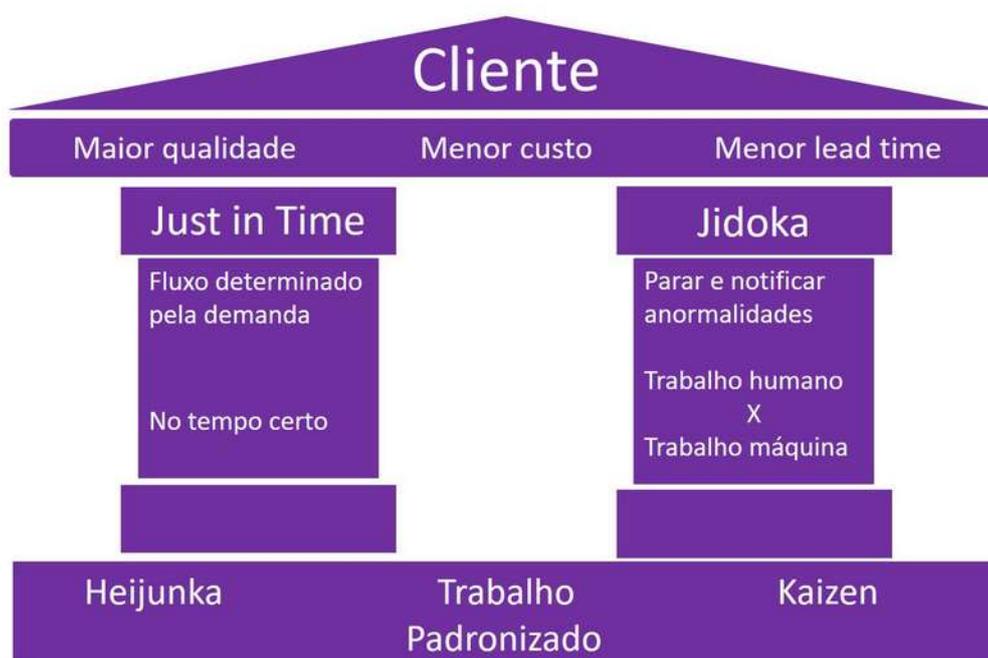
2.1 CONCEITOS

2.1.1 Sistema Toyota de Produção

A mentalidade *lean* tem suas origens na indústria automobilística, mais especificamente na indústria Japonesa e tem como base o Sistema Toyota de Produção (STP). Ono (1988) ressalta que o STP foi formulado e instaurado nas fábricas da montadora japonesa, pouco após o fim da segunda guerra mundial. Desde seu começo o sistema manteve-se fora do radar de atenção das demais indústrias japonesas, até que em 1973, com a crise do petróleo, todas as indústrias sofreram com quedas de produção. Foi nesse momento que o país voltou sua atenção para a Toyota, que conseguia atingir resultados positivos, focando na busca pela eliminação dos desperdícios na produção. Essa nova maneira de gerir a cadeia produtiva ia na contramão da metodologia idealizada por Henry Ford, e que ficou conhecida como fordismo. No fordismo, o modelo adotado priorizava a produção em massa, com linhas de montagem padronizadas, cada funcionário executava uma única tarefa. Sendo assim, o modelo fordista conseguia reduzir os custos de produção, utilizando uma mão de obra barata e pouco qualificada, já que a maioria do trabalho era executada pelas máquinas, e o custo para o consumidor final também era diminuído, pois havia uma grande oferta do produto. Assim como esse modelo, que era usado pelas demais indústrias japonesas, o modelo STP também priorizava a redução dos custos de produção, mas a maneira que Taichii Ohno e Eiji Toyoda

encontraram para atingir esse objetivo, foi a eliminação dos desperdícios da produção. Segundo Ohno (1988) “o objetivo do STP é reduzir os custos de produção sem precisar aumentar o volume produzido. A base para atingir essa meta é a eliminação dos desperdícios”. O STP manteve o conceito de linha de montagem, só que diferentemente do fordismo os operários aqui passaram a participar do processo produtivo como um todo.

Figura 1 – Esquematização do STP ilustrado pela “Casa Toyota”



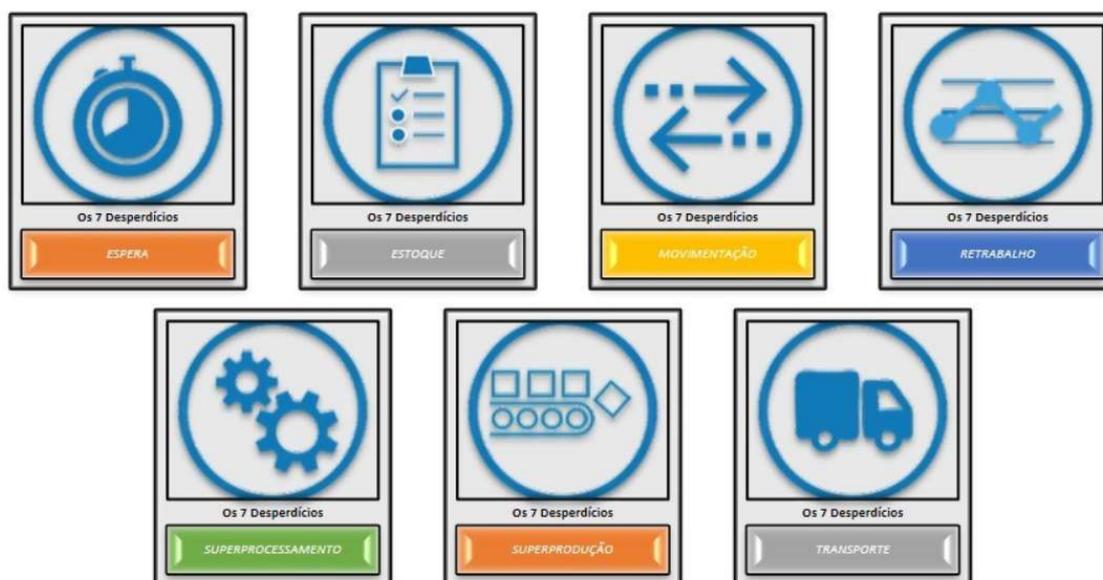
Fonte: *Blog Plomes* (2021)

A base da casa Toyota está no trabalho padronizado, ou seja, a adoção de diretrizes que devem ser seguidas para a realização de uma atividade produtiva. Aliado a esse conceito estão duas palavras japonesas *heijunka* e *kaizen*. *Heijunka* prega o nivelamento desse trabalho, buscando que o esforço produtivo seja igualmente distribuído ao longo do tempo de trabalho. Já o *kaizen* prega a melhoria contínua dos processos, a previsibilidade das tarefas exige melhorias em suas execuções e o constante acompanhamento, buscando identificar e corrigir possíveis problemas. A união da base e dos pilares da casa Toyota possibilita proporcionar ao

cliente produtos de qualidade e em contrapartida o *lead time*, tempo necessário para realizar uma venda, é reduzido.

Os pilares teóricos do STP eram dois: *just in time* (JIT) e a autonômação (*jidoka*). Para Ohno (1988) o JIT quer dizer que na linha de produção, as peças necessárias para a montagem devem chegar no momento certo, e na quantidade exata que o processo necessita. Quem deve reger ou “puxar” o processo de produção é a demanda, adotando-se essa mentalidade é possível produzir praticamente sem possuir estoques, algo que é totalmente diferente do que prega a mentalidade fordista. O princípio da autonômação é proposto por Ohno (1988) como um sistema de automação que conta com a interferência humana na resolução dos problemas encontrados, separando-se os tempos de atividades das máquinas, os operadores podem trabalhar em mais de uma delas e contando com o auxílio de paradas automáticas, é possível impedir a propagação de erros no processo produtivo.

Figura 2 – Os sete desperdícios de Ohno



Fonte: Daniel Pezi (2018)

Em sua obra, Ohno identificou 7 categorias que são consideradas por ele como responsáveis por acarretar desperdícios ao longo do processo produtivo. O STP foi elaborado e implementado visando eliminá-los, são eles:

- **Espera**

Essa é a causa de desperdícios de tempo decorrente das interrupções ao longo do processo produtivo, pode ser resultado de ausência de matéria prima, erros de equipamentos e maquinários ou pela ausência de um planejamento no processo produtivo.

- **Estoque**

Essa categoria de desperdícios se refere a todos os tipos de estoques, seja o do seu produto final ou o de matérias primas para a produção. O depósito de materiais exige espaço, controle, capital e manutenção para assegurar a qualidade dos produtos armazenados.

- **Movimentação**

Essa categoria se refere aos deslocamentos realizados pelo trabalhador e que não agregam valor para o produto. É fundamental analisar o processo produtivo e tomar atitudes que promovam mudanças que eliminem movimentos desnecessários para o trabalhador e o façam desperdiçar sua energia sem gerar valor.

- **Retrabalho**

Uma produção descuidada é a fonte da geração de produtos defeituosos, que não atendem as requisições mínimas de qualidade que são demandadas, exigindo que novamente seja preciso realizar o trabalho. Nessa categoria é necessário reempregar recursos financeiros, humanos, materiais e tempo para um produto que já deveria estar pronto caso houvesse sido feito o controle da produção.

- **Superprocessamento**

Realização de atividades que não adicionam valor ao produto e só consomem recursos são motivos de desperdícios produtivos.

- **Superprodução**

Produzir mais do que o mercado consumidor pode ou deseja adquirir resulta em um acúmulo de mercadorias que necessitam ser depositadas ou estocadas em

condições que assegurem sua durabilidade até o momento de destinação ao consumidor final. Esse processo gera desperdícios de espaço, tempo produtivo e recursos que foram utilizados na produção e não aproveitados da melhor maneira possível.

- **Transporte**

Quando não há uma lógica na disposição espacial do canteiro produtivo, é muito comum a necessidade de transportes de materiais, ferramentas, equipamentos, provocando perdas no tempo de produção. Um planejamento do layout e do posicionamento de tudo que se faz necessário para a ocorrência da produção pode ser uma ótima maneira de evitar esse tipo de perda.

Os resultados do STP se mostraram extremamente eficientes e passaram a ser adotados por outras empresas no Japão e também ao redor do mundo. Para Womack (1992) utilizando metade dos espaços de fabricação, esforço dos operários, investimento em ferramentas e horas de planejamento, do que os da produção em massa, o modelo de produção puxado consegue produzir o mesmo em metade do tempo. E como resultado, apresenta uma produção menos defeituosa e com maior e crescente variedade de produtos.

2.1.2 *Lean Thinking*

O termo LT (mentalidade enxuta em português) foi primeiramente utilizado pelos autores James P. Womack e Daniel T. Jones, após analisarem os impactos que o STP acabou trazendo ao modelo da indústria automobilística.

“O STP que é a base para os fundamentos do *lean production* surgiu como um resultado não planejado a partir de melhorias e inovações não correlacionadas. Apesar de suas práticas e princípios serem altamente difundidos na atualidade, as teorias e as premissas filosóficas que baseiam o *lean* não são conhecidas pela maioria”

(Koskela, Ferranteli, Niiranen, Pikas e Dave, 2019, p. 16, traduzido)

Os dois criaram uma abordagem de gestão empresarial, baseando-se nos princípios do STP como a eliminação de desperdícios e foco na criação de valor. De

acordo com Womack e Jones (1996) LT permite alinhar as ações de criação de valor de maneira a garantir a realização das atividades sem interrupções e sempre que são requisitadas, de maneira que permite o aprimoramento das ações e o aumento de sua eficiência.

Existem 5 princípios que regem essa corrente de pensamento, são eles: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo, Puxar e Perfeição.

Figura 3 – 5 princípios guia para implementar o LT



Fonte: *Lean Enterprise Institute* (2021) – Traduzido

De acordo com Womack e Jones (1998) os princípios podem ser definidos como:

- **Valor**

O valor é definido pelo próprio cliente, a empresa deve ser responsável por produzir aquilo que é desejado pelos consumidores. Historicamente, algumas empresas que tentam especificar o valor apenas considerando suas percepções de bom produto, preço e o tipo de mercado tem sido levadas ao fracasso pois deixam de lado o que é necessário para os clientes

- **Fluxo de valor**

Para que a empresa possa conseguir especificar o valor para seu produto ou serviço, é necessário que se conheça por completo todas as etapas do processo produtivo, até sua entrega ao consumidor final. O entendimento deve ser realizado observando o fluxo de valor, é assim que se faz possível observar ao longo dos processos de produção quais atividades agregam valor e quais atividades não criam valor. Nem sempre atividades que não criam valor podem ser retiradas do processo, pois algumas podem ser inevitáveis, entretanto as que podem ser dispensadas, devem ser removidas de maneira a garantir a eliminação dos desperdícios.

- **Fluxo**

O LT defende que a produção deve ser executada em um fluxo contínuo, com atividades sequenciadas eliminando tempos de espera entre as atividades produtivas. Com uma produção sem interrupções a identificação de possíveis erros durante as atividades acontece de maneira mais acelerada e ainda diminui a probabilidade de descobrimento de erros no produto final, uma vez que o controle de qualidade já foi iniciado e executado ao longo de todas as etapas do processo produtivo.

- **Puxar**

Ao contrário do princípio da produção em massa, que prega a superprodução e um acúmulo de produtos em estoques, aqui quem dita o ritmo da produção é o próprio consumidor. Para evitar produção de mercadorias que não sejam necessárias, o que implica em desperdícios de espaço, tempo produtivo, e capital, a produção ocorre conforme a demanda e em sintonia com o ritmo das vendas, resultando numa diminuição dos custos e otimização do processo de vendas.

- **Perfeição**

Esse é o princípio da mentalidade *lean* que resume a essência dessa filosofia, a perfeição deve ser sempre o que a empresa deve pensar atingir. Sempre deve-se buscar uma melhoria contínua na realização de todos os passos e todas as etapas

do ciclo de produção, para assegurar que as empresas se mantenham constantemente em fase com as exigências do mercado consumidor.

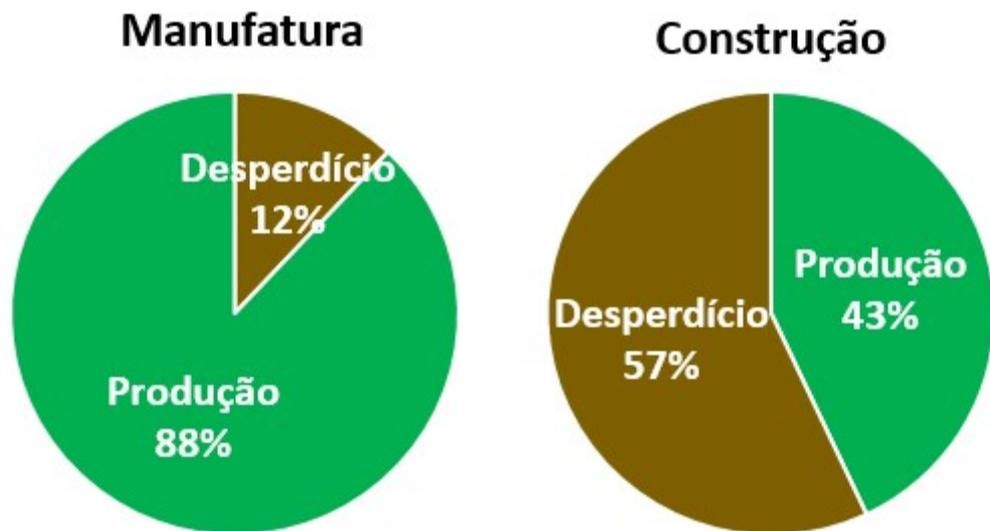
2.1.3 *Lean construction*

A construção civil já se consolidou como uma atividade essencial da sociedade desde os seus primórdios. Além de figurar como um dos setores mais antigos, também pode ser classificado como um setor em que as mudanças acontecem de forma muito lenta do que os demais, pois diferentemente dos outros a sua cultura e seus métodos encontram-se enraizados em períodos precedentes ao do nascimento da análise científica.

“Uma das iniciativas na construção que é fundamentada pelo desenvolvimento da manufatura é o LC, que tem suas raízes no *lean production* que surgiu na indústria automotiva” (Tezel e Nielsen, 2013, p. 236)

A ideia de aplicar os conceitos do LT a indústria da construção civil veio do estudioso finlandês Lauri Koskela, em seu trabalho “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” (1992), nessa obra o autor realiza críticas aos processos tradicionalmente utilizados na construção, devido à o excesso de desperdícios que são encontrados, e argumenta sobre os benefícios que o novo método de gestão produtiva poderia proporcionar ao setor. A Figura 4 exemplifica uma comparação de tempo gasto na realização de atividades produtivas entre as indústrias de manufatura e de construção.

Figura 4 – Comparação de produtividade entre setores

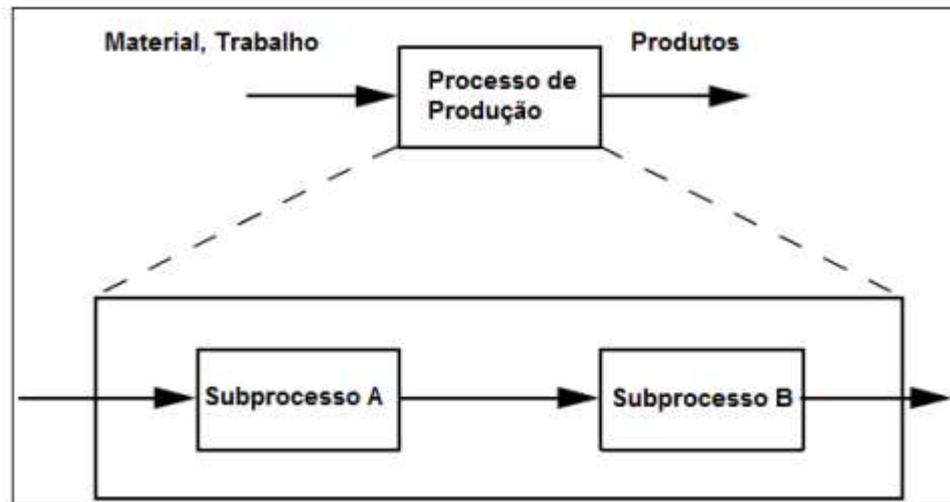


Fonte: Aziz e Hafez (2013) - Traduzido

Entretanto, faz-se necessário apontar o fato de que o setor da construção é significativamente diferente dos setores de manufatura, como por exemplo o da indústria automobilística onde as raízes do *lean* estão contidas. No setor de construção cada projeto é único, nem sempre uma mesma tarefa pode ser executada da mesma maneira. Afinal na construção a fábrica é instalada no local de entrega do produto e permanece ali até a sua conclusão, enquanto nas demais indústrias é o produto que tem suas partes enviadas para montagem na fábrica e saí de lá para ser encaminhado ao consumidor. Koskela (1992) então propôs uma adaptação do modelo do vigente para a indústria da construção, segundo ele a construção deveria ser encarada como vários fluxos de processos, a maioria dos problemas de fluxo são causados pela adoção do modelo tradicional ou por peculiaridades construtivas.

Para Koskela (1992) o modelo de produção atual poderia ser definido como um modelo baseado em conversões. Na construção por exemplo, algumas atividades de conversão transformam a matéria prima (tijolos) em produtos intermediários (alvenaria) e posteriormente em um produto final (edificação). A figura 5 representa uma ilustração desse modelo.

Figura 5 – Modelo de Conversão de processos



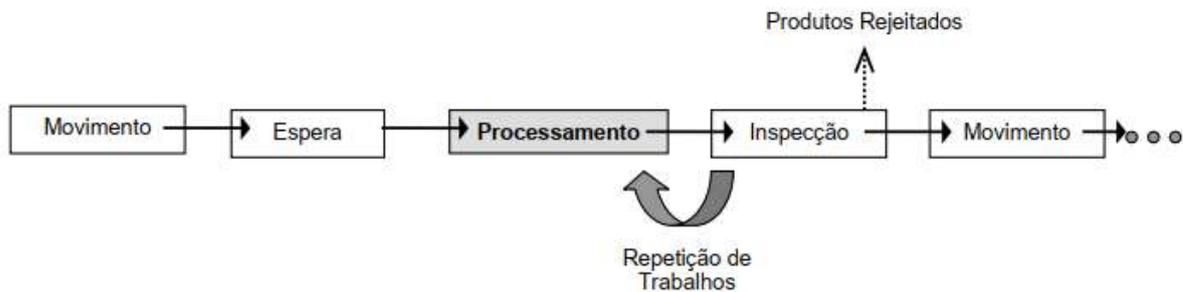
Fonte: Koskela (1992) -Traduzido.

Como característica esse sistema apresenta:

- Processos que podem sofrer divisões em sub processos de conversão
- Redução dos custos destes sub processos criados, visando minimizar o valor final do processo de conversão
- Possuir valor de produtos resultantes do sub processos definidos por associação ao custo da matéria prima convertida

Para Koskela (1992) o problema com esse modelo está na ausência de atenção aos fluxos físicos de produção, sendo que o foco é dado ao processo de conversão. Dessa forma os processos que não agregam valor à produção acabam passando despercebidos e podem contribuir com o surgimento de desperdícios. Um novo modelo de produção é proposto pelo autor, modelo este que possui base no LT e propõe uma produção baseada em fluxos de processos. Esse modelo considera as atividades de movimento antes e depois da conversão (movimento, espera e inspeção) e atribuem a elas a denominação de atividades de fluxo. O modelo está ilustrado na figura 6

Figura 6 – Novo Modelo de Produção



Fonte: Koskela (1992) Traduzido

“Enquanto todas as atividades gastam dinheiro e consomem tempo, somente as atividades de conversão agregam valor ao material ou parte da informação sendo transformada em produto. Logo, a melhoria das atividades de fluxo deve focar primordialmente na sua redução ou eliminação, ao passo que, as atividades de conversão devem ser feitas de maneira mais eficiente.”

(KOSKELA, 1992, p.16, traduzido)

São 3 as inovações relativas a esse novo modelo:

- Fim do conceito de visualização de processos como apenas a transformação dos inputs (matéria prima) e outputs (produtos) e início da visualização dos fluxos de informações ao longo do processo produtivo.
- Visualização analítica do processo de produção por 2 eixos ortogonais representando o fluxo de materiais e o fluxo de operários
- Nova abordagem em relação à análise das perdas ao longo do processo, adicionando atividades não essenciais que não agregam valor ao produto e mantendo o foco das atenções para o valor agregado ao consumidor final.

Koskela propõe 11 princípios para auxiliar na concepção, gestão e aprimoramento dos fluxos de processos na construção.

1 – Reduzir o número de atividades que não agregam valor

Este princípio pode ser considerado como o princípio fundamental do LC. O principal objetivo é melhorar a eficiência dos processos eliminando as atividades que não são necessárias para a realização de atribuição do valor para o cliente final e apenas servem para consumir tempo, matéria prima espaço e recursos financeiros.

2 – Aumentar o valor da produção através de uma análise sistemática das necessidades do cliente

Identificar as necessidades do cliente e considerá-las durante o processo de planejamento de produção é a chave para o incremento de valor. Uma pesquisa de mercado é uma possível solução para o mapeamento dos anseios dos consumidores, aplicando-se uma análise completa sobre os dados coletados é possível adequar o planejamento para oferecer soluções adequadas aos padrões exigidos.

3 – Reduzir a variabilidade da produção

Talvez um dos maiores desafios para a indústria da construção, que lida com a produção de dezenas de subprodutos até concluir a fabricação do projeto, a variabilidade dessas tarefas deve ser controlada adotando-se a padronização dos procedimentos. A importância da diminuição dessa variabilidade pode ser compreendida analisando-se a situação pelo ponto de vista do cliente final. Para ele, é mais interessante adquirir um produto que seja uniforme, de produção padronizada, que não apresente desvios às especificações estabelecidas e conseqüentemente esteja dentro dos padrões de qualidade estabelecidos.

4 – Diminuir os tempos de ciclo

Os ciclos fazem parte da padronização das atividades e estes podem medidos somando-se os tempos de processamento, inspeção espera e implementação, como ilustrados na Figura 6. Reduzir o tempo destas atividades é o caminho para atingir a redução dos tempos de ciclo, de maneira que os benefícios decorrentes dessa diminuição sejam a aprimoração do controle produtivo, melhora na precisão das estimativas e redução dos tempos de entrega da mercadoria ao cliente.

5 – Simplificar processos diminuindo a quantidade de etapas

O fluxo produtivo possui diversas etapas desde seu início até o seu fim, visando a melhor qualidade do produto final, torna-se interessante realizar-se uma diminuição do número de etapas que existem entre o começo e o fim do processo produtivo. Dessa forma reduz-se o número de atividades que podem ser consideradas desnecessárias para o processo por não agregarem valor e não serem fundamentais para o desenvolvimento do ciclo.

6 – Aumentar a flexibilidade de saída

Flexibilidade de saída pode ser compreendida como a permissão de mudanças nas características dos produtos entregues de maneira a não aumentar o preço cobrado pelos mesmos. Para Koskela (1992) é possível aumentar a flexibilidade diminuindo o tamanho dos lotes produzidos, contando com uma mão de obra polivalente e garantindo que a customização dos produtos seja realizada o mais tarde possível durante o processo produtivo, de maneira a reduzir as dificuldades de ajustes e troca.

7 – Aumentar a Transparência dos processos

Processos não transparentes podem apresentar erros mais facilmente, aumentar a transparência permite que seja mais fácil identificar possíveis erros de trabalho e ao mesmo tempo também eleva o número de informações que se tornam disponíveis para a análise de execução dos trabalhos

8 – Possuir foco e controle em todos os processos

O controle dos processos é fundamental para atender os requisitos dos clientes, este controle deve ser estendido para todas as atividades pertencentes ao ciclo de produção. Sendo assim torna-se consideravelmente mais fácil realizar a identificação de erros durante os processos, pois existe um entendimento completo do todo e não apenas de algumas etapas.

9 – Manter sempre a melhoria contínua dos processos

Outra base importante do LT está ilustrada nesse princípio, a melhoria contínua deve ser sempre o objetivo a ser perseguido. A busca deve ser contínua e estar no espírito de toda a equipe interagindo com o processo, indicadores de desempenho em geral são uma ferramenta útil para orientar essa busca.

10 – Balancear as melhorias de fluxo e de conversão

Fluxos e conversões estão diretamente relacionados no novo modelo produtivo, a busca por melhorias pode ser indicar a necessidade de melhoramentos tanto em um como em outro. Tipicamente as melhorias em fluxo implicam em impactos relacionados a um processo produtivo mais complexo e requerem investimentos menos onerosos, enquanto comparadas as melhorias em conversões. Para Koskela (1992), melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, por isso, menores investimentos em equipamentos. Já os fluxos mais controlados, são melhores se implementadas novas tecnologias na conversão, o que pode gerar menor variabilidade e benefícios ao fluxo.

11 – Benchmarking

O Benchmarking pode ser definido como um processo de aprendizagem baseado em práticas adotadas por outras empresas, ou seja, aprender através de exemplos bem-sucedidos que possam contribuir para a melhoria das práticas empregadas visando sempre a melhoria dos resultados.

2.2 FERRAMENTAS DO *LEAN CONSTRUCTION*

A seguir serão apresentados os conceitos sobre algumas das ferramentas do LC que podem ser definidas como metodologias que auxiliam na implementação desse conceito para as empresas atuantes na construção civil.

2.2.1 Mapeamento de fluxos de valor (MFV)

Mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta que foi originalmente desenvolvida para a indústria de manufatura. As características e exigências dos

ambientes de obras são bem diferentes dos que o da manufatura, portanto modificações se fazem necessárias para sua aplicação às atividades construtivas (RAMANI e KSD, 2019, p.217).

Segundo Freire e Alarcon (2002) o MFV, é usado para auxiliar no fluxo de informações durante o processo de design, sugerindo métodos alternativos para o controle de fluxo. A ferramenta permite a criação de uma base para futuras ações e incentivos de geração de valor.

“O valor de quem deve ser considerado quando otimizando um sistema? A resposta para essa pergunta na filosofia *lean* é que devemos entregar valor para o consumidor. Mas nesse caso, consumidor não é restrito apenas ao cliente que está pagando, mas a todos que estão envolvidos no projeto. Em outras palavras no *lean* o consumidor é representado pelas partes interessadas no projeto.” (DREVLAND, TILLMAN, 2018, p.262).

Um produto pode ter seu fluxo de valor corretamente mapeado utilizando-se essa ferramenta, o principal objetivo de sua aplicabilidade é a realização da identificação assertiva de todos os procedimentos presentes na cadeia de produção de maneira a evidenciar quais os necessários para que o fluxo ocorra ininterrupto e sem desperdícios.

Para Womack e Jones (2004) o mapeamento dos fluxos de valor pode ser executado simplesmente observando-se diretamente os fluxos de informação e de materiais conforme eles vão acontecendo.

Para Rother e Shook (2003), mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta que auxilia tanto a visualização quanto a compreensão do fluxo de informações, como os de materiais de um produto ou serviço, conforme o fluxo é seguido, o caminho, desde a produção até aquele que é denominado como o consumidor em potencial, também é analisado.

Na visão de Ramalingam (2018) o mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta que tem como principal foco o melhoramento do sistema produtivo, destacando o passo a passo de cada etapa e identificando desperdícios no caminho.

“O julgamento sobre o valor tem uma natureza qualitativa, mas que se encontra combinada com objetivos quantitativos, portanto é de extrema importância que sejam

apresentados métodos que possibilitem uma maneira de medir e analisar valor” (KHALIFE e HAMZEH, 2020, p.38).

O mapeamento pode ser dividido em 4 etapas:

- **Definir uma família de produtos** – Separar um nicho específico facilita o processo de análise, a separação deve considerar a importância e o valor dos produtos escolhidos para o consumidor e também as similaridades entre os processos produtivos das alternativas selecionadas.
- **Desenhar o estado atual** – Fazer uma representação da situação atual considerando o cliente na parte superior e retrocedendo os processos até atingir os fornecedores de matérias primas para o processo produtivo em questão.
- **Elaboração do desenho do estado futuro** – Realizar a representação daquele modelo que se deseja que a empresa adote para o futuro, eliminando os desperdícios apontados durante o processo anterior.
- **Elaboração do plano de trabalho** – Traçar um planejamento contendo objetivos, metas e prazos a fim de se alcançar o esquema mapeado pelo desenho do passo anterior.

Figura 7 - Etapas iniciais do mapeamento de fluxo de valor



Fonte: Rother e Shook (2003)

“Neste mapa são representadas todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes, desde o pedido até a entrega” (BULHÕES e PICCHI, 2011, p. 207).

2.2.2 Last planner System (LPS)

Proposta primeiramente pelos ingleses Glenn Ballard e Greg Howell do *Lean construction Institute*, é uma das ferramentas do *lean* mais adaptadas para os desafios da construção civil. “O LPS é um sistema de controle desenvolvido para melhorar a eficiência de planejamento de projetos, ele gerencia relacionamentos, conversas e compromissos que juntos permitem que as decisões de mudanças no cronograma e planejamento, de obras de construção, sejam tomadas de maneira colaborativa no nível mais baixo possível” (CASTILLO, ALARCÓN e SALVATIERRA, 2018).

Para Novinsky, Nesensohn, Ihwas e Haghsheno (2018) o LPS tem seu foco na quantificação e otimização do fluxo de trabalho, clarificando as causas de deficiências e permitindo sua identificação. De acordo com Gao, Ergan, Akinci e Garret (2014), caso as suposições feitas durante a fase de projeto comprovem-se falsas ao decorrer

do processo construtivo os impactos negativos na obra podem implicar em retrabalho, atraso do cronograma produtivo e aumento nos custos devido a necessidade de material extra.

A ferramenta incentiva uma comparação semanal das atividades que foram efetivamente realizadas com aquelas que estavam dentro do cronograma de planejamento, calculando-se um índice de PPC (porcentagem de planejamento concluído). Com o uso do índice é possível levantar as causas da não execução das tarefas planejadas e procurar prevenir que no futuro o mesmo se repita. Segundo Cruz-Machado e Rosa (2007), em obras de pequeno porte, as mudanças ao que foi inicialmente planejado devem acontecer de maneira rápida e precisa. A planificação semanal se mostra eficiente como um indicador que revela a discrepância entre o que foi inicialmente proposto no cronograma e o que realmente foi executado em obra

Entretanto, o LPS não se limita apenas a controlar o percentual de conclusão do cronograma. Essa ferramenta trabalha com 3 níveis de planejamento:

- **Planejamento de longo prazo:** Também conhecido como *Master Plan* ou plano mestre, é o nível de planejamento para horizontes longos de tempo. Nessa fase definem-se o escopo e as metas que deverão ser atingidas desde o começo até o final da obra. Nesse caso como o horizonte de planejamento é um período longo, existe uma grande incerteza ao redor do que está sendo definido, sendo assim é recomendado que as diretrizes sejam mais generalizadas. No longo prazo também pode ser desenvolvido o plano de fases que é realizado para tornar mais claro quais são as estratégias para aquele empreendimento e adicionar clareza à troca de trabalho entre os colaboradores, além de auxiliar na criação de um ambiente de trabalho mais colaborativo.
- **Planejamento de médio prazo:** Conhecido como *Look Ahead Planning* ou planejamento olhando para frente, este planejamento costuma ter um horizonte de algumas semanas, esse planejamento é comumente adotado para reduzir-se os custos e duração do empreendimento.

- **Planejamento de curto prazo:** Comumente denominado como *weekling planning* ou planejamento semanal, é o planejamento que é realizado à nível operacional (em obra). É esse o planejamento que demonstra realmente o que será executado, pois esse é o planejamento com o menor grau de incertezas devido ao seu horizonte de curto prazo. Esse planejamento deve contar com a participação dos funcionários de frente de obra e deve conter informações sobre as atividades de obra. É nessa fase em que se utiliza o PPC e analisa-se os indicadores de produtividade da obra. Existe aqui algo que pode ser denominado como a fase de aprendizado, nessa fase toda a experiência adquirida, dados, informações e resultados obtidos devem ser absorvidos e analisados para basear alternativas de melhoria em empreendimentos futuros.

Para Brady e Tzortzopoulos e Rooke (2018) a implementação do LPS em obras poderia se beneficiar do uso de estratégias de apoio a um aumento da transparência e da comunicação, a fim de evitar uso de informações desnecessárias para a colaboração na tomada de decisão.

Figura 8 – Horizontes de planejamento do LPS



Fonte: Ballard e Tommelein (2003)

2.2.3 Takt time

O termo “*takt time*” é de origem alemã e significa tempo de ritmo que pode ser calculado pela razão entre o tempo de produção disponível sobre a taxa de demanda consumidora (GAO e LOW, 2014).

O *takt time* pode ser entendido como o ritmo da produção, e este deve estar em harmonia com o ritmo das vendas, a razão que ele representa é a frequência produtiva que deve ser respeitada dos ritmos do sistema puxado. No caso da construção civil, o *takt time* deve ser entendido como o ritmo necessário para a execução das atividades de acordo com o planejamento dos próximos passos a serem executados no projeto, dessa forma é possível perceber se a realização de uma determinada atividade construtiva está sendo cumprida em fase com este planejamento ou não.

2.2.4 Células de produção

Seguindo as métricas do pensamento enxuto, uma célula de produção representa um grupo de funcionários que trabalham em equipe executando uma tarefa desde seu início até sua conclusão.

Para Aquere, Dinis-Carvalho e Lima (2013) as células de produção devem existir com base em relações interpessoais de maneira a permitir uma flexibilidade na comunicação e remover obstáculos no treinamento entre pessoas de diferentes especialidades. A quebra da hierarquia baseada na concentração da informação encoraja o diálogo entre os componentes da célula e encoraja o compartilhamento de informações necessário para correta execução das tarefas.

“A falta de comunicação pode ser um fator determinante para a má performance no setor da construção, uma abordagem *lean* que privilegie a comunicação possui um grande potencial para alavancar essa indústria.” (EROL, DIKMEN e BIRGONUL, 2015, p.247).

Sendo assim os trabalhadores da célula devem executar as suas funções em fase uns com os outros, de maneira a evitar que desperdícios sejam cometidos ou que o fluxo contínuo seja interrompido.

2.2.5 Kanban

Kanban refere-se a uma palavra japonesa que significa etiqueta ou cartão, essa é uma das ferramentas do *lean* que possuem o objetivo da implementação dos conceitos do JIT especificados no item 2.1.1 do presente trabalho. O *kanban* serve para viabilizar a comunicação do cliente e o fornecedor, permitindo que a produção seja puxada e garantindo que o JIT seja aplicado. A partir da demanda, a produção é estabelecida pela circulação dos *kanbans*, que tem sua distribuição determinada pelo fluxo consumidor.

Para a eficiência desse método, é necessário que sejam respeitadas as seguintes diretrizes:

- As peças de estoque só devem ser adquiridas pelo cliente quando for realmente necessário.
- O fornecedor só pode produzir as peças de acordo com os *kanbans* e conforme a quantidade especificada nestes.

- Somente devem ir para o estoque as peças produzidas que estejam em perfeito estado e condições de exigência para o consumo
- Os *kanbans* devem ser armazenados nos containers ou no quadro *kanban*.

“Os trabalhadores podem nem sempre estarem dispostos a mudanças e isso pode levar a desempenhos ineficientes em relação as práticas *lean*. Algumas ferramentas como o os dispositivos *poka yoke* ou cartões *kanban* podem interessá-los.” (DIMERKSEN, WACHTER e OPRACH, 2019, p. 162).

Na construção civil, o *kanban* pode ser efetivamente utilizado tanto no canteiro de obra quanto entre os fornecedores de materiais de construção. No canteiro, os cartões podem ser alocados num quadro que é denominado como quadro *kanban*. Neste quadro, definem-se quais são os materiais utilizados em obra e os trabalhadores alocam os cartões de acordo com três níveis que o quadro possui. Cada um dos três é identificado por uma cor, a cor verde representa o nível adequado do estoque, a cor amarela representa um nível intermediário, que demonstra a necessidade de reposição e a cor vermelha indica níveis críticos, necessitando providencias urgentes. “O gerenciamento visual, é praticado em vários setores da indústria, como manufatura, saúde e transporte. É fundamentado no STP e se aplica a todo o trabalho realizado pela empresa, incluindo fabricação e desenvolvimento de novos produtos...” (BASCOUL, TOMMELEIN e DOUTHETT, 2020, p.2).

2.2.6 5'S

A metodologia dos 5'S é baseada em 5 palavras japonesas que são definidas como etapas para alcançar uma cultura de ambiente de trabalho limpo e organizado. Segundo (SUKDEO, RAMDAS e PETJA, 2020) é necessário que todas as ferramentas e objetos não fundamentais à realização do trabalho sejam removidos e que o ambiente seja sempre mantido limpo. Dessa maneira, torna-se altamente provável que as possibilidades de desperdício e aparecimento de defeitos em produtos sejam eliminadas uma vez que a técnica seja corretamente implementada.

Figura 9 – Esquema 5'S



Fonte: Fundação Roge

- **Seiri – Senso de Utilização**

O primeiro passo a ser seguido é classificar todos os materiais presentes no local de trabalho como necessários ou desnecessários para a realização das atividades produtivas. Os que forem considerados desnecessários visualmente identificados com auxílio de uma etiqueta ou similar e posteriormente eliminados.

- **Seiton – Senso de Organização**

O segundo passo consiste em organizar os materiais que foram classificados como essenciais no passo anterior, a fim de se minimizar os tempos perdidos procurando-os quando seu uso for necessário.

- **Seiso – Senso de Limpeza**

O terceiro passo consiste na realização da limpeza das máquinas, ferramentas e do local de trabalho, garantindo que seja possível verificar as condições de funcionamento e necessidades de reparos nos mesmos.

- **Seiketsu – Senso de Padronização**

A quarta etapa consiste em padronizar esses procedimentos para dentro da cultura de trabalho da organização, passando os ensinamentos e as métricas anteriormente citadas para todos os membros a fim de garantir a execução contínua dos passos anteriores.

- **Shitsuke – Senso de Disciplina**

O último princípio é o da disciplina, é preciso que se desenvolva um envolvimento dos demais trabalhadores com o 5S e que as etapas se tornem padronizadas.

2.2.7 Jidoka

Este conceito é a um dos pilares do STP e refere-se a máquinas com um toque humano, que possuam independência no processo produtivo. No STP o *jidoka* era aplicado às linhas de produção, os operários tinham a autonomia para interromper o processo produtivo quando quaisquer anormalidades fossem detectadas, a fim de assegurar que os erros não sejam propagados adiante no processo produtivo. O fato de a produção ser interrompida facilitava aos demais trabalhadores perceber que algo estava errado e despertava sua atenção, a fim de estabelecer-se a origem e possíveis soluções para o problema detectado.

2.2.8 Poka Yoke

“*Poka yoke*, uma palavra japonesa, é um dispositivo mecatrônico que funciona como a prova de erros, evitando-os e impedindo que defeitos fluam no processo. Ela aumenta a qualidade do processo construtivo e melhora as condições de segurança dos trabalhadores” (MARADZNO, DONDOFEMA e MATOPE, 2019, p.213). De acordo

com Ikuma, Nahmens e James (2011) pesquisadores descobriram que o grau de sucesso em iniciativas *lean* está significativamente correlacionado ao uso de ferramentas que melhoram ergonomia e segurança do projeto.

O *poka yoke* é uma ferramenta diretamente relacionada ao *jidoka*, pois também tem como objetivo a detecção e o aviso da existência de erros na produção. A sua concepção parte do pressuposto filosófico de que os seres humanos são criaturas suscetíveis ao erro e por essa razão a ferramenta em questão foi desenvolvida para detectar e alertar sobre anormalidades de forma a impedir que uma atividade seja executada de maneira irregular. Sendo assim, para atingir-se o nível produtivo de zero defeitos o sistema precisa passar a detectar os erros antes que estes se transformem em defeitos.

2.2.9 Total Productivity Maintenance (TPM)

A expressão em inglês pode ser traduzida como manutenção para produtividade total, essa ferramenta tem como princípio o foco no estado de conservação dos aparelhos e máquinas utilizados e na aplicação das correções caso necessário. Segundo Maradzano, Dondofema e Matope (2019, p. 212) o TPM mistura os conceitos de manutenção e produção, colocando ênfase na capacitação dos operadores de maquinário a fim de auxiliar nos processos de manutenção dos equipamentos. Como numa construção são diversos os equipamentos necessários para a realização de uma obra, essa ferramenta *lean* pode ser um grande diferencial para assegurar que os prazos de entrega sejam executados conforme o planejamento.

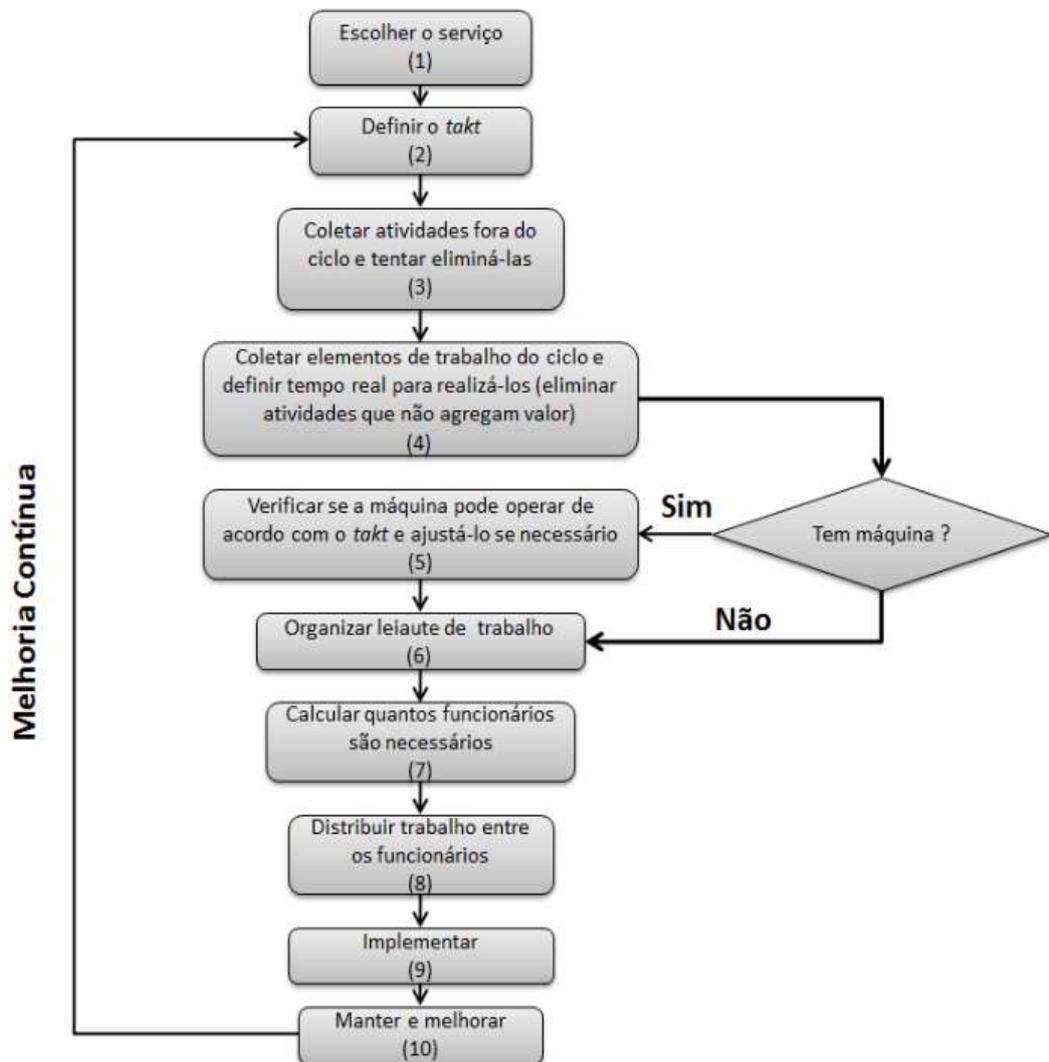
2.2.10 Padronização de Operações

Para Ohno (1988) o trabalho padronizado pode ser definido como a execução de tarefas da folha produtiva baseadas em 3 elementos: o *takt time*, sequência produtiva e os estoques. Thomas, Horman e Souza (2002) concluíram que a variabilidade causada por fluxos não confiáveis deve ser reduzida a níveis aceitáveis e a variabilidade restante deve ser enfrentada por meio de estratégias eficazes de gerenciamento da força de trabalho. A análise também revelou que havia variabilidade do fluxo de trabalho em todos os projetos, mesmo aqueles com desempenho muito bom. Tira-se disso a conclusão de que as iniciativas devem focar

em reduzir a variabilidade na produtividade da força de trabalho ao invés da variabilidade do produto final.

Na indústria da construção civil, o trabalho padronizado pode servir como um meio de reduzir a improvisação de serviços, reduzindo assim o aparecimento de desperdícios durante a obra. Essa padronização eleva a disciplina exigida na realização das atividades e possui como fim a diminuição da variabilidade dos serviços executados em relação ao que foi planejado.

Figura 10 – Fluxograma de proposta de padronização das atividades de trabalho na construção.



Fonte: Mariz e Picchi (2013)

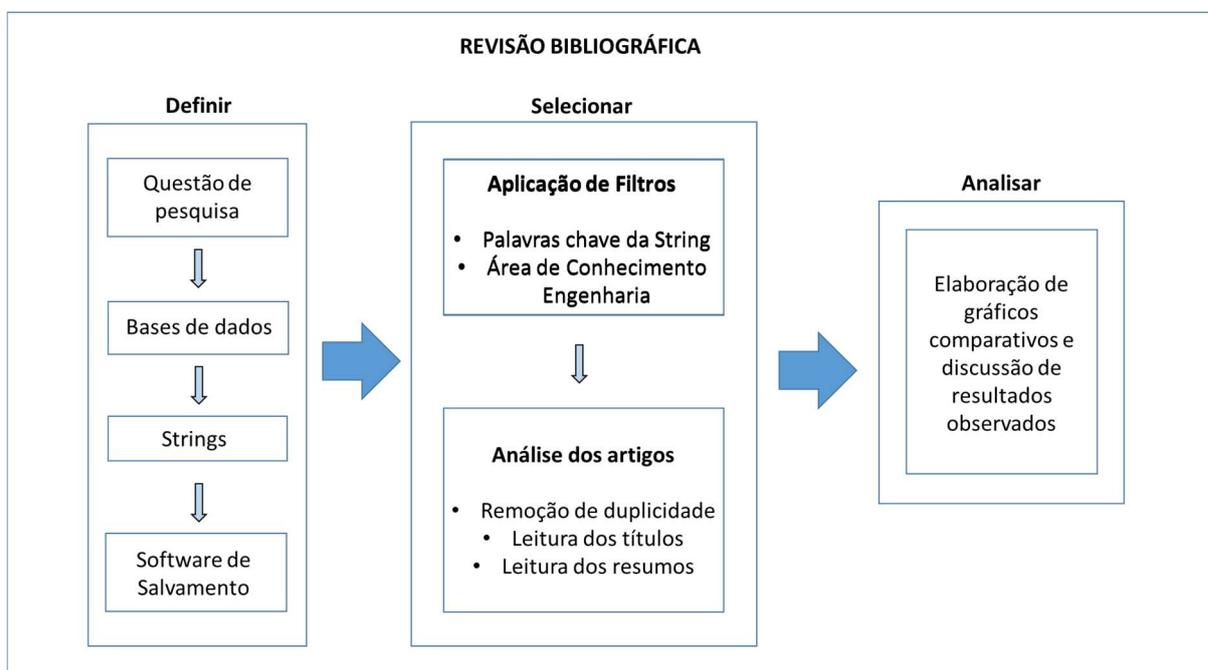
3. MÉTODO

O estudo realizado possui como base metodológica um levantamento bibliográfico, de acordo com Sousa (2021 p.65) “A pesquisa bibliográfica está inserida principalmente no meio acadêmico, e tem a finalidade do aprimoramento e atualização do conhecimento através de uma investigação científica de obras já publicadas”. Mas essa metodologia não caracteriza apenas uma simples revisão daquilo que já foi publicado, para Lakatos e Marconi (2003 p.183) “[...] a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

O trabalho em questão tem ainda como característica metodológica apresentar um manual que auxilie de maneira didática a aplicação de ferramentas do LC numa obra, com base nas informações obtidas nos estudos do levantamento bibliográfico. Com as informações levantadas, serão apresentados nos próximos capítulos a introdução aos princípios da filosofia do *lean*, os benefícios gerados pela sua aplicação, como os princípios do pensamento enxuto vieram parar na construção civil, quais ferramentas podem ser aplicadas em obra e como aplica-las.

Para o levantamento bibliográfico, foi realizada a revisão sistemática da literatura (RSL), como ferramenta para o embasamento da metodologia do presente estudo. A Figura 11 representa o fluxograma de tomada de decisão para a realização da revisão sistemática da literatura.

Figura 11 – Fluxograma da Revisão sistemática da literatura



Fonte: Autor

3.1 QUESTÃO DE PESQUISA

O primeiro passo para a execução da RSL será a formulação da questão de pesquisa, conforme foi abordado na introdução deste trabalho, embora o LC já seja utilizado por algumas empresas e construtoras brasileiras, ainda existe uma lacuna muito grande no conhecimento de seus fundamentos, como aplicá-los, e a potencialidade de seus benefícios quando utilizados na construção civil.

3.2 BASES DE DADOS

Definida a questão de pesquisa, o próximo passo adotado foi o da definição das bases de dados a serem consultadas para a obtenção das publicações a serem consideradas durante a RSL. Para garantir uma maior pluralidade nos resultados encontrados, foram adotadas quatro bases de dados diferentes. Todas elas foram selecionadas considerando as bases com um maior número de publicações que fossem relevantes a engenharia e ao tema em questão. Deste modo as quatro fontes de publicações científicas online selecionadas foram: *Web of Science*, *Scielo*, *Scopus*

e *International Group for Lean construction (IGLC)*.

3.3 STRINGS DE BUSCA

Para a escolha das *strings* de busca, foram definidas primeiramente as palavras chave, adotando-se termos em inglês, a fim de se obter um maior número de resultados para serem considerados no processo de seleção de artigos. As palavras chave selecionadas foram: “*lean construction*” e “*guide*”. Para a *string* de busca adotou-se as palavras chaves anteriormente mencionadas, adotando o operador booleano *AND*, para garantir a exibição de resultados que apresentassem correspondência com ambos os termos adotados. Exclusivamente para a pesquisa a base de dados *IGLC*, fez-se o uso de uma *string* de busca contendo palavra-chave mais restritiva, visto que diferentemente das outras 3 bases consultadas essa base de dados contém publicações científicas voltadas para o tema do LC, portanto considerou-se que adotar o termo “*lean construction*” não se mostraria como uma escolha eficiente na procura de publicações. Para o *IGLC*, adotou-se a *string* de busca contendo como palavra-chave o termo “*construction management*”.

3.4 SALVAMENTO

Para o auxílio durante o processo de busca, foi-se utilizado o software Mendeley Desktop que atua no processo de salvamento e gerenciamento das referências encontradas durante o processo de RSL. Por meio de um *plugin* instalado no navegador, o software conseguiu arquivar as referências encontradas nas quatro bases de dados, destacando o título, autores, ano, fonte da publicação, e resumo da obra, possibilitando a realização de uma análise posterior. Por fim, o mesmo software consegue detectar se há duplicidade nos resultados encontrados nas diferentes bases adotadas, eliminando erros de contagem na base final de publicações selecionadas como base argumentativa.

3.5 PROCESSO DE BUSCA

As consultas as bases de dados online foram realizadas primeiramente pesquisando-se as *strings* de busca definidas, em seguida a fim de restringir o número de resultados para assegurar a presença de artigos realmente relacionados a questão

de pesquisa definida, foram utilizados filtros presentes nos sites. Para a pesquisa não foram aplicadas restrições de ano de publicação visto que o objetivo era a realização de uma análise da literatura independentemente do seu ano de publicação. Após o processo de filtragem de resultados, estes foram adicionados à base de dados criada no Mendeley Desktop.

3.6 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Na continuação do processo da RSL, deu-se início a realização da seleção de artigos. Com auxílio da ferramenta de gerenciamento de referências, foram eliminados todos os artigos em duplicidade encontrados no banco de dados, em seguida com auxílio da mesma ferramenta, foram lidos os títulos de todos os artigos e aqueles que apresentavam títulos desconexos ao tema foram eliminados. Por fim foram lidos os resumos das obras restantes e foram selecionadas para continuar apenas aquelas que se adequavam a proposta de pesquisa.

3.7 ANÁLISE DO CONTEÚDO SELECIONADO

Com a leitura dos resumos de todas as obras selecionadas, foi possível realizar uma análise de seu conteúdo e perceber semelhanças entre os textos. Foi feito um agrupamento das pesquisas mais parecidas e realizou-se uma categorização daqueles que mais se mostravam compatíveis em relação as ideias discutidas.

A Tabela 1 sintetiza todo o processo de busca e seleção de artigos realizado nas bases de dados online que foram consideradas para a execução dessa pesquisa, observa-se que houve uma redução de aproximadamente 98% dos artigos que foram encontrados inicialmente na busca antes do processo de filtragem.

Tabela 1 – Síntese do processo de levantamento e seleção de artigos

Bases de Dados: Scopus , Web of Science, Scielo, International Group of Lean Construction (IGLC)		Trabalhos Encontrados
Palavras-chave	Lean AND Construction AND Management AND Guide	2555
Filtros	Área de conhecimento: Engenharia (menos 1654)	901
	Palavras chave: Lean Construction e Construction Industry Lean Production e Construction Management (menos 540)	361
	Sem duplicidade (menos 18)	343
	Leitura dos Títulos (menos 219)	124
	Leitura dos Resumos (menos 70)	54

Fonte: Autor

Após a análise das obras restantes, foi-se observado que embora não tenha sido adotado como caráter exclusivo de seleção apenas foram selecionadas obras publicadas a partir do ano de 2002, a Figura 12 sintetiza a classificação das 54 obras selecionadas e sua distribuição por ano de publicação. Faz-se importante ressaltar que nesse caso de pesquisa, mesmo o LC tendo sido introduzido em 1992, apenas 20 anos depois observou-se um artigo que abordasse maneiras de aplicar seus ensinamentos. Observa-se que apenas a partir de 2011 houve um crescimento no número de publicações relacionadas ao tema da pesquisa e que a partir de 2017 esse crescimento não apenas se intensificou como também se consolidou, apresentando uma menor disparidade entre obras publicadas no período (2017-2020) do que as observadas entre (2013-2016). No período precedente ao ano de 2010, quase não foram encontradas obras que se adequassem ao tema, sendo que apenas 3 artigos foram encontrados, 2 do ano de 2002 e 1 no ano de 2007.

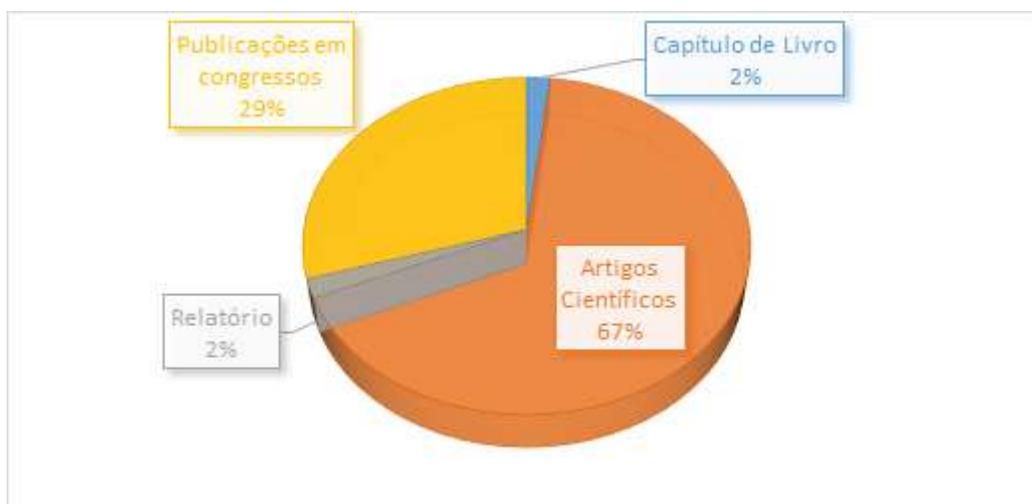
Figura 12 – Número de publicações aderentes ao tema por ano



Fonte: Autor

Após a leitura na íntegra de todo o material selecionado como base para a revisão sistemática da literatura, foi-se verificado que as fontes das 54 publicações consideradas estavam fragmentadas em 4 categorias diferentes, sendo elas: artigos científicos, publicações apresentadas em congressos, capítulos de livros e informes científicos, como ilustra a Figura 13. A grande maioria dos materiais considerados são originários de artigos científicos publicados em periódicos sobre engenharia civil e construção.

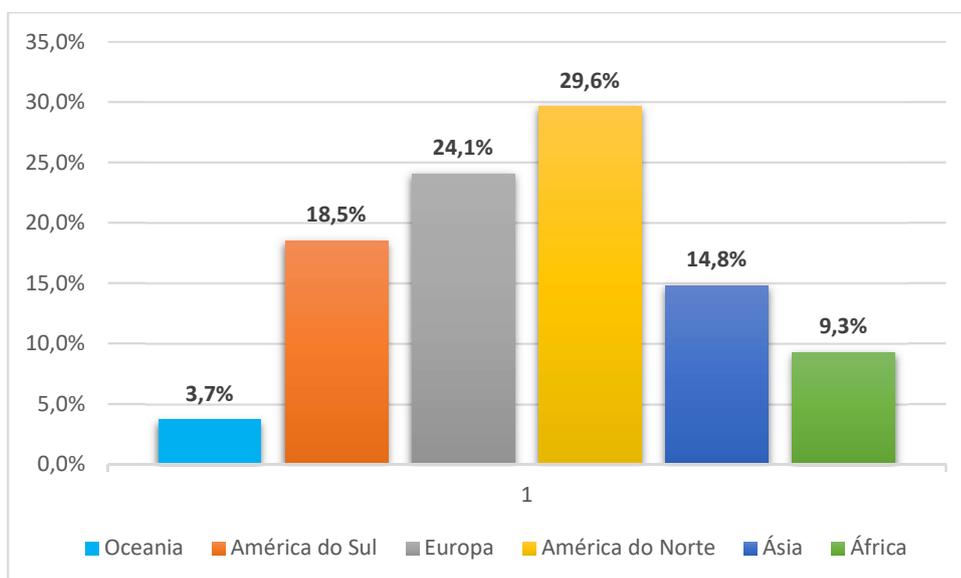
Figura 13 – Distribuição percentual das fontes de publicação do material considerado na RSL



Fonte: Autor

A respeito da origem dos trabalhos, foi-se realizado um levantamento quanto às suas origens. Para melhor visualização os trabalhos foram subdivididos por continentes e os resultados estão ilustrados na Figura 14. Observa-se que a Europa, local de nascimento da filosofia *Lean* aplicada a construção, é o segundo continente que mais produziu pesquisas, perdendo apenas para a América do Norte que concentra quase 30% do material levantado. A América do Sul ocupa a terceira posição, o que evidencia que os países deste continente estão cada vez mais interessados nos benefícios e ensinamentos do *lean* aplicados a construção civil, dentre eles o Brasil, que foi um grande responsável pela produção dos trabalhos científicos pertencentes a essa categoria.

Figura 14 – Distribuição percentual geográfica das fontes consideradas

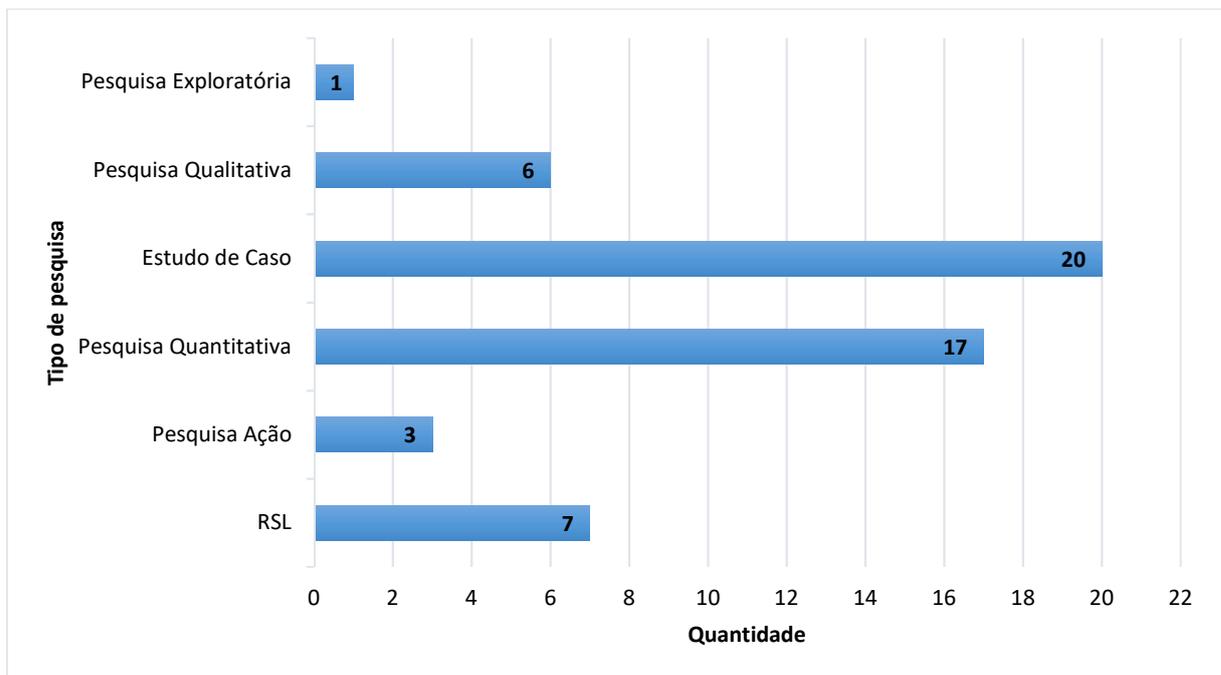


Fonte: Autor

De forma a possibilitar uma melhor compreensão da abordagem científica utilizada em cada obra, estas foram subdivididas de acordo com a principal metodologia de pesquisa adotada em seu desenvolvimento. Foram observadas 6 metodologias de pesquisa dentre todas as publicações analisadas, a classificação é ilustrada pela Figura 15. Analisando-se a figura é possível verificar que a maioria absoluta dos pesquisadores adotaram o estudo de caso como metodologia a ser seguida para o desenvolvimento de suas produções científicas. Para John Gerring um estudo de caso é “um estudo intensivo de uma única unidade ou um pequeno número de unidades (os casos), com o propósito de compreender uma classe maior de unidades semelhantes (...)”. A abordagem dos estudos de caso, busca analisar o fenômeno em um ou mais casos específicos entender e relacionar os resultados observados a outros casos semelhantes que se encontram contidos no espectro da questão de pesquisa. Em segundo lugar, por uma pequena diferença em número de publicações, está a pesquisa quantitativa. De acordo com Fonseca (2002, p.20) “A pesquisa quantitativa se centra na objetividade (...) recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, relações entre variáveis, etc.”. Com essa

abordagem os pesquisadores procuraram quantificar a questão de pesquisa, entendê-la e respondê-la com o auxílio de dados obtidos e trabalhados com o auxílio de ferramentas matemáticas.

Figura 15 – Distribuição percentual quanto a metodologia dos artigos

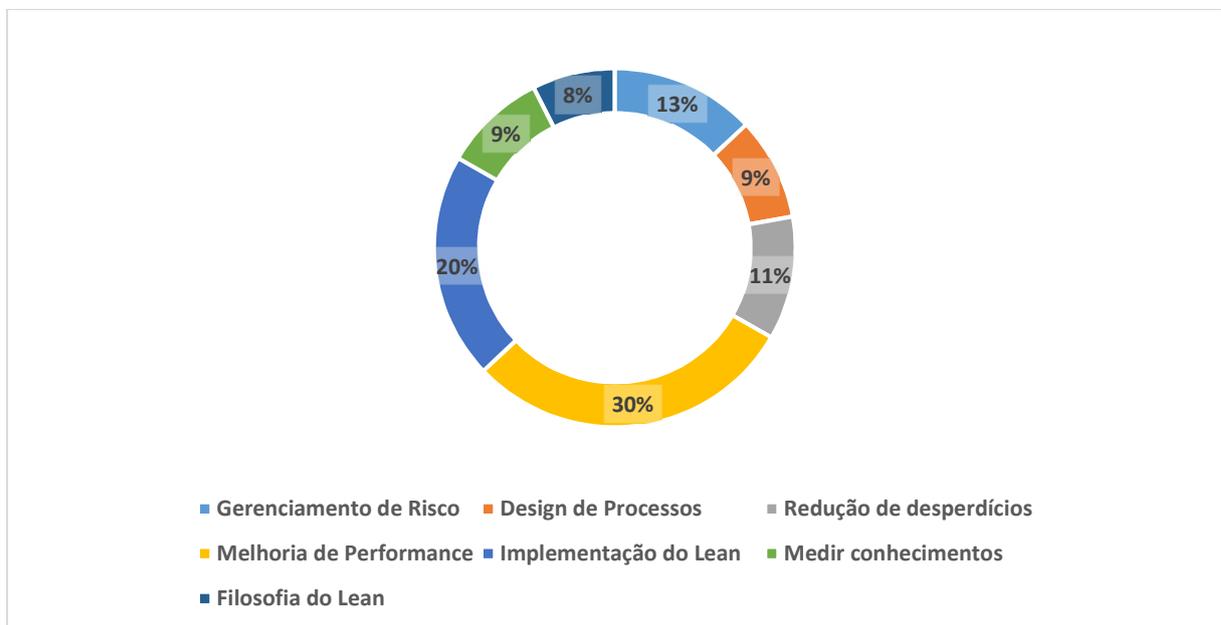


Fonte: Autor

A Figura 16 exemplifica a categorização dos artigos da RSL de acordo com o principal ponto do uso do *lean* que a obra aponta. Embora o LC seja útil para atender todas as categorias relacionadas abaixo e muitos artigos foquem em mais de um ponto principal, a categorização foi feita para observar qual o principal objetivo abordado pelos trabalhos. Sendo assim é possível evidenciar qual abordagem do *lean* é priorizada pelos autores e aparece como ponto de maior interesse das publicações. Ficou claro que o principal ponto abordado representando cerca de 30% das obras foi o de melhoria de performance de atividades da construção, utilizando ferramentas *lean*. Em seguida temos artigos que focam em metodologias de implementação do LC o que ressalva o interesse acadêmico no objetivo deste trabalho em questão. Em

terceiro lugar houve um empate técnico entre as categorias de gerenciamento de risco, que priorizam a redução das incertezas decorrentes do planejamento e execução das atividades de uma obra de construção e a de redução de desperdícios, que está altamente relacionada com as questões de sustentabilidade e minimização da emissão de resíduos na construção, temas que vêm ganhando relevância nos últimos anos.

Figura 16 – Agrupamento dos artigos da RSL quanto ao foco principal da abordagem *lean*



Fonte: Autor

O tema de pesquisa proposto mostrou-se extremamente relevante, principalmente ao longo dos últimos 4 anos pois foi observado que existe um grande aumento no número de publicações acadêmicas a respeito da implementação do *lean* nas atividades relacionadas a construção. Um aspecto que foi muito pouco abordado e não figurou entre as categorias de publicações abordadas na Figura 16 foi o da redução dos custos de obras obtidos adotando-se ferramentas e técnicas *lean*. Esse fato evidencia uma lacuna que pode ser explorada e preenchida por futuras produções acadêmicas, visto que muitas empresas e construtoras que não conhecem ou não

utilizam o *lean* podem ser convencidas ao observar a economia de recursos financeiros proporcionada pela adoção do *lean* no planejamento de projeto e na execução das atividades de obra.

Poucos artigos se referem a estudos de caso realizados no Brasil o que também representa outra lacuna existente na pesquisa nacional quanto as metodologias de implementação e ferramentas educativas para auxiliar a adoção dos conceitos de construção *lean* no mercado brasileiro. Entretanto o crescimento no interesse da sociedade quanto a alternativas mais sustentáveis e ecologicamente melhores pode servir como base de apoio para o aparecimento de novas obras abordando o LC, visto que essa metodologia está relacionada a redução de desperdícios de tempo e de recursos o que permite uma ótima sinergia com os conceitos de construção sustentável que foca na redução da pegada ambiental das atividades de construção, eliminando o máximo possível a produção de resíduos.

Embora existam pesquisas que abordem a aprendizagem e o ensinamento das técnicas e o uso do LC, nenhuma forneceu um passo a passo de como implementá-las em uma obra, o que torna singular a proposta do trabalho em questão, podendo abrir caminho para outras obras similares que abordem diferentes atividades ou aspectos construtivos.

4. RESULTADOS

A tabela 2 apresenta um resumo dos principais temas abordados por cada um dos 54 artigos considerados, bem como seus autores, ano de publicação e as principais barreiras mapeadas ou sugeridas em suas obras para a implementação dos conceitos e ou ferramentas do LC abordadas.

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
1	A production model for construction: A Theoretical Framework	Ricardo Antunes; Vicente Gonzalez	2015	Revisão da literatura sobre o ciclo construtivo de um projeto de uma edificação. Realizaram um mapeamento teórico do framework de um projeto buscando analisar oportunidades para melhoramentos, medir riscos e controlar melhor os fluxos	Complexidade das ferramentas e técnicas, falta de conhecimentos
2	Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology	Javier Freire; Luis F. Alarcón	2002	Proposta de melhoria de design de processos utilizando o <i>lean</i> em 4 fases (diagnóstico e avaliação, implementação das mudanças, controle, padronização). As ferramentas adotadas foram mapeamento de fluxo de valor e a padronização de processos. Como resultados positivos observou-se o aumento de eficiência e eficácia.	Resistência a mudança na mentalidade, falta de conhecimento

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
3	Application of 7s methodology: A systematic approach in a bucket manufacturing organisation	N. Sukdeo; K. Ramdass; G. Petja	2020	Metodologia complementar ao 5'S que adiciona 2 itens para promover segurança e o espírito de equipe. O trabalho compara a nova metodologia com a atual e também ensina como aplicar o 5'S.	Falta de conhecimento, resistência à mudança
4	Application of lean in construction using value stream mapping	Prasanna Venkatesan Ramani; Laxmana Kumara Lingan KSD	2019	Aplicação do mapeamento de fluxo de valor numa obra e como resultados observou-se melhoria na produtividade, reduzindo-se a duração em 13 dias (30% do tempo previsto)	Falta de conhecimento
5	Application of lean principles in the south african construction industry	Isabellah Maradzano; Stephen Matope; Richmore Aron Dondofema	2019	Estudo que mapeia todas as metodologias <i>lean</i> e identifica se estão sendo utilizadas na África do sul através de uma RSL	Resistência a mudança na mentalidade, falta de conhecimento, dificuldade para encontrar oportunidades de uso do <i>lean</i>

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
6	Applying lean thinking in construction and performance improvement	Remon Fayek Aziz; Sherif Mohamed Hafez	2013	Discute métodos, princípios e como implementar o <i>lean</i> na construção, minimizando os desperdícios. Abordando o LPS, metodologia de avaliação de processos.	Falta de apoio dos líderes, falta de conhecimentos
7	Combined application of earned value management and last planner system in construction projects	Mark Novinsky; Claus Nesensohn; Nadia Ihwas; Shervin Haghsheno	2018	Estudar os impactos do controle de obra usando EVM e LPS. O LPS possui foco em medir e otimizar o fluxo de trabalho EVM é um processo complementar com enfoque no custo financeiro.	Falta de integração das partes interessadas em todas as etapas dos projetos
8	Developing a tool to assess workers' understanding of lean concepts in construction	F.R.Hamzeh; R.M. Albanna	2019	Desenvolver uma ferramenta para medir o conhecimento dos trabalhadores sobre o LC. Trabalhadores não acreditam nos benefícios do <i>lean</i> , não conseguem entender e utilizar metodologias de redução de desperdício.	Falta de conhecimento, falta de incentivos dos líderes

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
9	Diffusion of lean construction in small to medium-sized enterprises of housing sector	Mani Poshdar; Vicente Gonzales A; Ricardo Antunes; Nariman Ghodrati; Milad Katebi; Stanislau Valasiuk; Hamzah Alqudah; Saeed Talebi	2019	Estudo que avalia a difusão das práticas <i>lean</i> em empresas de pequeno e médio porte na Nova Zelândia,	Falta de conhecimentos, problemas na comunicação, falta de apoio dos líderes
10	Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações	Iamara Rossi Bulhões; Flávio Augusto Picchi	2011	Propões diretrizes para a implementação de fluxo contínuo na construção civil, através de uma pesquisa ação que sugere combinar mentalidade enxuta com ferramentas de planejamento e controle de produção	Falta de conhecimento, complexidade das ferramentas, falta de comunicação entre as partes envolvidas
11	DMAIC manual for an integrated management system: Application in a construction company	Mariana Bravo; Camila Augusto Euphrosino; Patricia Stella Pucharelli Fontanini	2020	Fornecimento de um passo a passo para o método de implementação do <i>Lean Six Sigma</i> usando um estudo de caso aplicado a uma empresa de real estate brasileira	Falta de apoio dos líderes

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
12	Effects of Last Planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects	Tito Castillo; Luis F Alarcón; José Luis Salvatierra	2018	9 obras tiveram dados coletados sobre uso de LPS, métricas de network social, e indicadores de performance. Observou-se a relação entre os três e indícios de melhor performance quando utilizado o LPS.	Dificuldade de uso da ferramenta, falta de comunicação, falta de envolvimento de todas as partes
13	Epistemological Explanation of Lean Construction	Lauri Koskela; Andrea Ferrantelli; Jarkko Niiranen; Ergo Pikas; Bhargav Dave	2019	Estudo da influência filosófica aristotélica e platoniana na implementação do <i>lean</i> , descobriu-se que muita epistemologia de Platão está relacionada a geração de problemas de gerenciamento na construção. Enquanto os maiores benefícios do <i>lean</i> estão relacionados a epistemologia de Aristóteles.	Falta de envolvimento de todas as partes interessadas, falta de compartilhamento de informações, dificuldade para adquirir conhecimento

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
14	Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction	Mughees Aslam; Zhili Gao; Gary Smith	2020	Estudo que objetiva oferecer estratégias de implementação de <i>lean</i> para construtoras, oferecendo uma base para selecionar e implementar as melhores ferramentas de acordo com a necessidade.	Falta de conhecimento, falta de incentivos dos líderes, resistência à mudança
15	Framework for the implementation of lean construction strategies using the interpretive structural modelling (ISM) technique: A case of the Saudi construction industry	Jamil Ghazi Sarhan; Bo Xia; Sabrina Fawzia; Azharul Karim; Ayokunle Olubunmi Olanipekun; Vaughan Coffey	2019	Fornecer ferramenta de aplicação de framework <i>lean</i> para as construtoras da Arábia Saudita. Descobriu-se que os motivos para o sucesso da implementação estão divididos em quatro clusters autonomia, ligação, dependência e direcionamento	Falta de conhecimentos, problemas na comunicação, falta de apoio dos líderes

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
16	Guidelines for practice and evaluation of sustainable construction sites: a lean, green and wellbeing integrated approach	Iuri Aragão de Vasconcelos; Luis Felipe Cândido; Luiz Fernando Mählmann Heineck; José de Paula Barros Neto	2015	Desenvolvimento de modelo para verificar como e até onde o <i>lean</i> , conceito <i>green</i> e o conceito de bem-estar social estão sendo implementados no canteiro de obras em Fortaleza, utilizando <i>Design Science Research</i> (DSR)	Falta de conhecimento, falta de incentivo dos líderes
17	Identifying barriers in lean implementation in the construction industry	Sevilay Demirkesen; Nadia Wachter; Svenja Oprach; Shervin Haghsheno	2019	Estudo conduzido no Egito com o objetivo de identificar barreiras de implementação do <i>lean</i> na construção, e categoriza-las, seu grau de importância foi definido por meio de questionários aplicados à profissionais do <i>lean</i> .	27 barreiras divididas em 4 setores, econômico, político, técnico e social

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
18	Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time	Usama Hamed Issa	2013	Nova técnica para identificar e minimizar riscos usando princípios do <i>lean</i> . Uso do LPS analisando 2 indicadores: PET – percentual esperado de ultrapassagem de tempo, e PPC - percentual completo do planejado. Observou-se que o PET foi reduzido e o PPC foi aumentando à medida que ferramentas <i>lean</i> foram sendo incorporadas na obra	Falta de conhecimento, falta de manutenção das máquinas, falta de compartilhamento de informações, falta de envolvimento de todas as partes interessadas
19	Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies - Cost Case Study	Piotr Nowotarskia; Jerzy Paslawski; Jakub Matyja	2016	Demonstrar aplicabilidade e benefícios do uso do <i>lean</i> no canteiro, usando como base as atividades de concretagem de colunas, gerenciamento de estoque de obra, e gerenciamento dos andaimes. Como resultado os custos de obra foram reduzidos	Falta de conhecimento

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
20	Improving project efficiency using lean construction	Putu Dana Karningsih; Dewanti Anggrahini; Mohammad Busyral Karim; Rizki Adhitama	2018	<p>Uso de ferramentas LC tais como o mapeamento de fluxo de valor e uso dos 5 porquês em um estudo feito para identificar os desperdícios em uma construtora e uma incorporadora. Em ambos os casos a principal prioridade de risco identificada foi a de espera, que gerou maior desperdício.</p>	Falta de conhecimento, falta de compartilhamento de informações, falta de incentivo dos líderes, falta de envolvimento de todas as partes interessadas
21	Improving transparency in construction management: a visual planning and control model	Denise Ann Brady; Patricia Tzortzopoulos; John Rooke; Carlos Torres Formoso; Algan Tezel	2018	<p>Aplicação do LC por meio de Design Science research, e ferramentas visuais (LPS, 5'S e MFV), auxiliando planejamento de longo, médio e curto prazo, aumentando a transparência.</p>	Resistência à mudança

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
22	Interrelationships among critical factors of work flow reliability in lean construction	Lianying Zhang; Xi Chen; Yongqing Suo	2017	Aplicação de um questionário para coletar dados, identificar fatores críticos no fluxo de trabalho e explorar a relação entre eles. Como resultado, fica mais fácil entender fluxos de trabalho e basear a tomada de decisão para as medidas de implementação do LC	Falta de conhecimento, falta de compartilhamento de informações, falta de incentivo dos líderes, falta de envolvimento de todas as partes interessadas
23	Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos	Paulo Ricardo Ramos Santos; Débora de Gois Santos	2017	Verificar a ocorrência de trabalho inacabado nos processos construtivos e o seu impacto no tempo de ciclo. Levantamento de campo em 5 canteiros. Falhas na gestão de tarefas e gestão de qualidade desencadearam o trabalho inacabado, sendo que as obras que possuíam planejamento de curto prazo foram capazes de atenuar esses efeitos	Resistência à mudança

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
24	Lean and Agile Management Synergy in Construction of High-Rise Office Building	P. Nowotarski; J. Paslawski	2016	Identificar oportunidades de sinergia no uso de dois métodos <i>lean Management</i> e Metodologia Ágil na concretagem de colunas. Uso simultâneo dos dois permitiu resultados positivos pra diferentes cenários no canteiro de obras	Problemas de comunicação, Falta de planejamento, resistência à mudança, falta de conhecimento
25	Lean construction – LC bajo pensamiento Lean	Miguel David Rojas López; Mariana Henao Grajales; María Elena Valencia Corrales	2017	Revisão de literatura comentando o LT e como aplicá-lo na construção civil	Improvisação durante a execução de tarefas e serviços, resistência à mudança
26	Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey	Algan Tezel; Yasemin Nielsen	2013	Resultados de um questionário para medir o uso do LC na Turquia e discutir resultados. Estudo mapeou fraquezas e pontos fortes dos empreiteiros para implementação do <i>lean</i>	Falta de conhecimento, falta de incentivo dos líderes

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
27	Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America	Eder Martinez; Carolina K. Reid; Iris D. Tommelein	2019	Estudo de caso no Equador sobre uso do <i>lean</i> em todas as fases de uma construção e concepção de projetos de casas populares. Redução de custos e prazo de entrega foram observados, sem sacrificar a escolha do consumidor.	Falta de integração das partes interessadas em todas as etapas dos projetos, falta de incentivos da liderança
28	Lean construction management: The Toyota way	Shang Gao; Sui Pheng Low	2014	Livro sobre STP e LC	Falta de conhecimentos, problemas na comunicação, falta de apoio dos líderes, resistência à mudança, falta de integração das partes interessadas
29	Lean methods to improve end user satisfaction in higher education buildings	Makram Bou Hatoum; Reina El Mustapha; Christelle Nassar; Hayyan Zaheraldeen; Farook Hamzeh	2018	Estudo de caso sobre uma obra de alto padrão, A partir de questionários que os usuários finais responderam sobre a obra. Usuários finais ficaram decepcionados com o resultado em pontos que os projetistas acreditavam que seria o contrário.	Falta de comunicação, falta de envolvimento de todas as partes interessadas

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
30	Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation	Haitao Yu; Mohamed Al-Hussein; Saad Al-Jibouri; Avi Telyas	2013	Desenvolver e implementar um sistema de produção para aplicação efetiva de ferramentas <i>lean</i> na pré-fabricação de componentes construtivos usando 5'S, <i>takt time</i> , trabalho padronizado e MFV.	Falta de conhecimento
31	Mapping of BIM process for teaching lean	Shobha Ramalingam	2018	Estudo com quatro equipes de estudantes que capturaram modelos 2D e transformaram em 3D usando MFV e BIM, ajudando a aprender princípios <i>lean</i> e reduzir desperdícios	Complexidade das ferramentas e técnicas, falta de conhecimentos, resistência à mudança
32	Measuring project value: A review of current practices and relation to project success	Salam Khalife; Farook Hamzeh	2020	RSL sobre as medidas para medição de valor de projeto. Há escassez de métodos eficientes para quantificar valor. Oferece maneiras viáveis de medir o valor e alinhar necessidades das partes interessadas.	Falta de comunicação, falta de envolvimento de todas as partes interessadas

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
33	Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings	Huseyin Erol; Irem Dikmen; M. Talat Birgonul	2017	Desembaralhar aplicações práticas do LC e evidenciar seus benefícios para todos. Comparando abordagens <i>lean</i> e não <i>lean</i> em projetos residenciais (simulação Monte Carlo – é um modelo estatístico usado para prever possíveis cenários de um evento onde não se há certeza). Uso do LC prova-se eficaz para a redução do tempo de obra	Falta de comunicação, resistência à mudança
34	Método para aplicação do trabalho padronizado	Renato Nunes Mariz; Flávio Augusto Picchi	2013	Não existem conhecimentos suficientes sobre a forma eficaz de adaptação do trabalho padronizado à construção. Propõe-se um método para aplicação por dois estudos exploratórios em assentamento de porcelanato no piso e execução de estaca franki.	Resistência à mudança

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
35	New Operating System for Project Management: Consequences and Opportunities	Gregory A. Howell	2011	Mudança pra um novo modelo operacional baseado em teoria, princípios e práticas de produção, reflexão no modelo o artigo explora consequências das perspectivas de mudança e apresenta reflexões sobre os ensinamentos em tempos de mudanças rápidas	Falta de envolvimento das partes interessadas
36	Panel Stacking, Panel Sequencing, and Stack Locating in Residential Construction: Lean Approach	John P. Shewchuk; Cheng Guo	2012	Como estocar painéis de uma maneira <i>lean</i> , garantindo um fluxo contínuo, minimizando a quantidade e melhorando as condições de estoque. Criação de um algoritmo para a execução da tarefa, sem restrição de forma e garantindo soluções viáveis.	Complexidade da ferramenta

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
37	Performance measurement in lean production systems: An exploration on requirements and taxonomies	Karina B. Barth; Carlos T. Formoso; Marcus P. Sterzi	2019	Resultados sobre pesquisas preliminares a respeito dos requisitos de sistemas de medição de performance para uma perspectiva <i>lean</i> , Discutindo o escopo das métricas de performance adotadas por cinco empresas da américa do sul, envolvendo a implementação de <i>lean production systems</i> .	Complexidade da ferramenta
38	Planning model based on lean construction for short term Works	Virgílio Cruz-Machado; Pedro Rosa	2007	Aplicação de um modelo proposto para redução de perdas e otimização dos processos produtivos, demonstrando os benefícios do LC. A empresa escolhida é uma empresa pequena, e se mostrou flexível e adaptável as decisões necessárias.	Falta de envolvimento de todas as partes interessadas

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
39	Proactive Productivity Management at Job Sites: Understanding Characteristics of Assumptions Made for Construction Processes during Planning Based on Case Studies and Interviews	Te Gao; Semiha Ergan; Burcu Akinci; James H. Garrett	2014	Abordagem formal para capturar e representar suposições e verifica-las para reduzir incertezas nos projetos de construção. Dois estudos de caso e sete entrevistas com profissionais experientes da construção para categorizar as suposições e ajudar profissionais a evitar os impactos negativos de suposições inválidas na construção	Realização de suposições e não verificar se são realmente verdadeiras
40	Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building	Danny Murguia; Xavier Brioso; Lucia Ruiz-Conejo; Leandro Fernandez	2017	Desenvolver um framework integrado de melhoria de visualização e comunicação na fase de design alinhando gerenciamento de projeto e BIM. Dados coletados por meio de estudo de caso em uma obra residencial em Lima.	Falta de comunicação, Falta de envolvimento das partes interessadas, complexidade da ferramenta, falta de conhecimento

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
41	Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process	André Luiz Aquere; José Dinis-Carvalho; Rui M. Lima	2013	Abordagem de célula de projeto para o gerenciamento de projeto na fase de design, a abordagem foi adotada pelo ministério brasileiro da educação na construção de um jardim de infância. Estudo de caso, melhorou a produtividade no processo de design.	Problemas de comunicação, falta de incentivo dos líderes
42	Quality Assurance and Quality Control of High-Rise Enclosure Design Using Lean Principles	Allan Chung; Ivan Mutis	2020	Estratégia para implementação do <i>lean</i> nos processos de design e pré-construção. Estudo de caso pra ilustrar conceitos LC envolvidos no controle de qualidade e métodos de design e produção.	Barreiras de idioma, falta de conhecimento

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
43	Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle	H. Randolph Thoma; Michael J. Horman; Ubiraci Espinelli Lemes de Souza; Ivica Zavrski	2002	Relação entre variabilidade e performance de projetos para testar a noção de redução da variabilidade de performance nas tarefas. Vários testes baseados em dados obtidos de diversos projetos demonstraram que existe correlação entre variabilidade na produtividade das atividades e performance do projeto.	Falta de entendimento dos conceitos
44	Stabilizing Production Flow of Interior and Finishing Works with Reentrant Flow in Building Construction	Irina Brodetskaia; Rafael Sacks; Aviad Shapira	2013	Método de controle de produção puxada através de priorização de trabalho pendente usando o LPS. Avaliação usando simulação de eventos discretos de um projeto. Os resultados demonstram importância do controle de alocação de produção garantindo o fluxo ininterrupto e evitando etapas de espera	Falta de entendimento dos conceitos, falta de capacidade de planejamento, falta de comunicação entre as equipes

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
45	Status of lean construction implementation among small and medium building contractors (SMBCs) in Ghana	Emmanuel Nsiah Ankomah; Joshua Ayarkwa; Kofi Agyekum	2020	Verificar o quanto empreiteiros de obras pequenas e médias se adequam aos conceitos do <i>lean</i> em Gana. Um estudo de caso qualitativo, adotando entrevistas face a face. Não conseguiu identificar grandes níveis de implementação das técnicas e ferramentas no país em questão	Falta de recursos, resistência à mudança
46	The evolution of lean construction education (part 2 of 2): At US-based companies	Lincoln H. Forbes; Zofia K. Rybkowski; Cynthia C.Y. Tsao	2018	Estudo sobre as principais empresas que empregam o LC nos EUA, analisando como o ensino é transmitido para as equipes incluindo a mão de obra. Quiz para os gestores, de empresas membros do <i>Lean Construction Institute</i> . Algumas empresas desenvolveram seus próprios métodos de aplicação e implementação	Falta de incentivos da liderança, falta de conhecimentos, resistência à mudança

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
47	The relationship between the last planner® System and collaborative planning practice in UK construction	Emmanuel Itodo Daniel; Christine Pasquire; Graham Dickens; Herman Glenn Ballard	2017	<p>Verificar como planejamento colaborativo interage com o LPS, abordagem exploratória e qualitativa: entrevistas semiestruturadas, análise documental, e observação estruturada. Foram conduzidas 30 entrevistas durante 12 meses com consultores, clientes e empreiteiros. Resultado, planejamento colaborativo está ligado ao LPS até certo ponto. Os entrevistados achavam que eles eram a mesma coisa.</p>	Falta de conhecimento, complexidade das ferramentas
48	Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review	Sam Solaimani; Mohamad Sedighi	2020	<p>RSL para fornecer uma compreensão de como o LC contribui para a sustentabilidade, apresentando um framework de implementação focando nas iniciativas <i>lean</i> alinhadas à sustentabilidade na construção</p>	Falta de comunicação, custo das iniciativas e ferramentas

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
49	Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding	Laura H. Ikuma; Isabelina Nahmens; Joel James	2011	Estudo de caso usando kaizen e segurança (SLIK) em uma construção de casa modular. Análise dos processos e determinação de melhorias. Identificação de mudanças rápidas e de baixo custo ao layout da estação e ao design de trabalho, resultaram no aumento da segurança. Produtividade e segurança podem ser melhorados simultaneamente através do SLIK.	Resistência à mudança, falta de conhecimento, falta de segurança nos processos
50	Using Design Science Research and Action Research to Bridge the Gap Between Theory and Practice in Lean Construction Research	Sheriz Khan; Patricia Tzortzopoulos	2018	Pesquisa ação e <i>Design Science Research</i> sobre o LPS em três casos de LC em que elas foram usadas com sucesso. Com isso, os autores visam diminuir a distância entre teoria e prática na implementação do <i>lean</i>	Falta de comunicação, custo das iniciativas e ferramentas

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
51	Value for whom?	Frode Drevland, Patricia A. Tillmann	2018	O trabalho visa a realização de uma reflexão de como fazer a definição do que é valor de maneira a permitir que seja possível mapeá-lo para atender melhor o consumidor final. O trabalho consiste em uma RSL e entrevistas com profissionais da indústria.	Falta de envolvimento das partes interessadas
52	Variants of Swedish Lean Construction Practices Reported in Research: Systematic Literature Review and Critical Analysis	Dimosthenis Kifokeris	2021	RSL englobando todas as esferas da cadeia construtiva na Suécia. Constatou-se que o LC na Suécia foca mais em melhorar processos de parâmetros em relação as outras áreas de melhorias oferecidas pelo <i>lean</i> , o autor concluí que os outros pontos ainda necessitam de melhorias.	Falta de incentivos da liderança, falta de conhecimentos

Tabela 2 – Resumo do conteúdo dos artigos da RSL (continuação)

Nº	Título	Autores	Ano	Resumo	Barreiras de implementação
53	Visual Management of Daily Construction Site Space Use	Audrey M. Bascoul; Iris D. Tommelein; Danielle Douthett	2020	Elaboração de um software via Microsoft excel que auxilia na visualização do planejamento da construção, oferecer transparência e facilitar o gerenciamento através de um programa de fácil acesso e familiar a um grande número de pessoas.	Falta de coordenação de trabalho; falta de conhecimento
54	Why lean projects are safer	Gregory Howell; Glenn Ballard; Sevilay Demirkesen	2017	Curta reflexão sobre os benefícios do <i>lean</i> e metodologias de aprendizado, oferecendo explicações sobre o porquê de seu uso atribuir maior nível de segurança aos projetos. O trabalho é embasado em pesquisas com duração de três anos e no princípio de respeito as pessoas	Falta de comunicação

Fonte: Autor

A seguir serão discutidas as informações obtidas após a leitura dos artigos selecionados na revisão sistemática. Posteriormente será realizada uma apresentação e exemplificação do uso de ferramentas do LC (5S's e *kanban*) nas atividades de um canteiro de obras.

4.1 BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO LC

Um dos pontos comuns em muitos trabalhos foi a realização de questionários ou entrevistas com profissionais do setor de construção com o objetivo de mapear quais os principais pontos que os profissionais do setor entendem como obstáculos de implementação de técnicas *lean* em seu dia a dia.

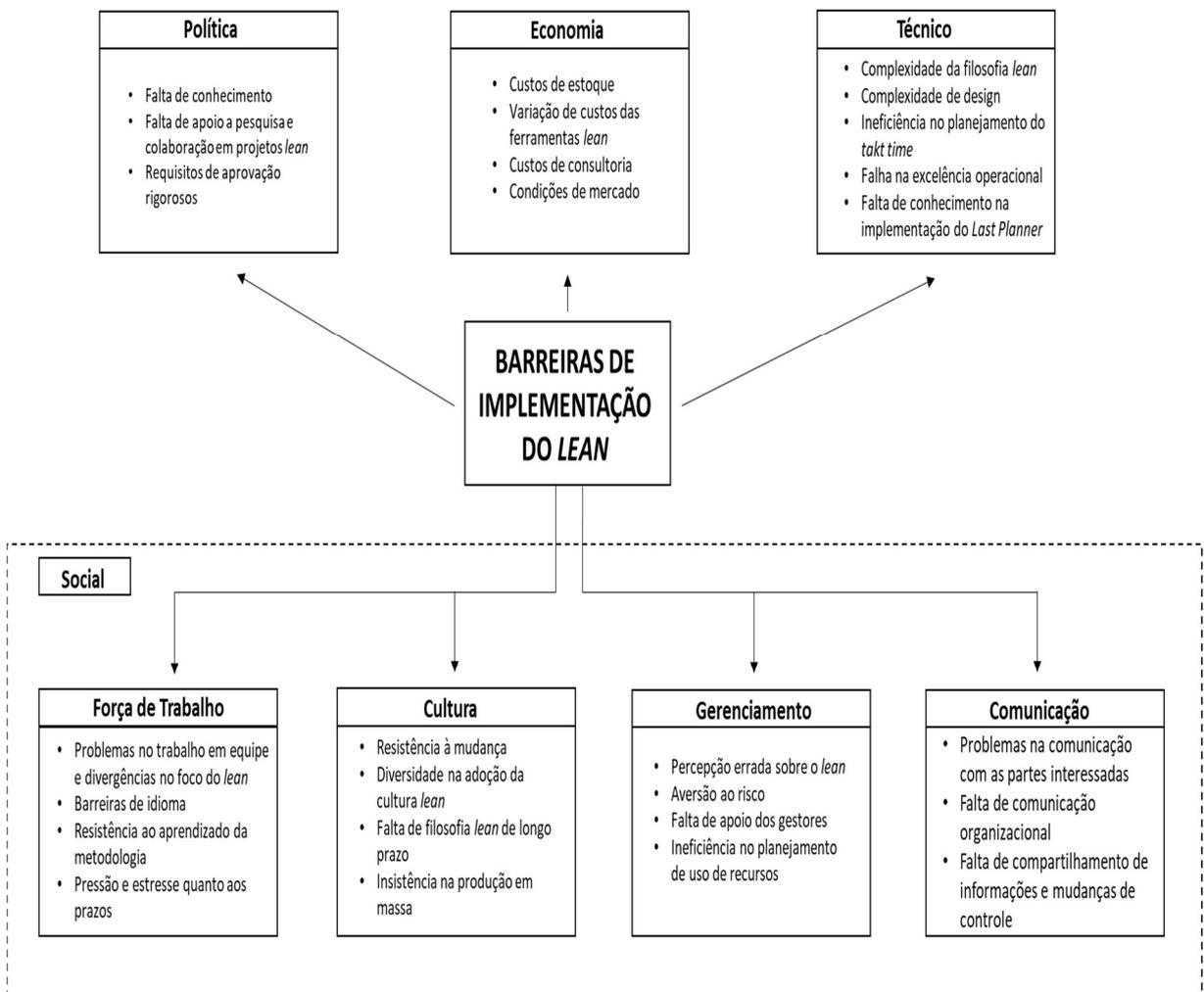
No estudo do Poshdar e Gonzalez (2019), as principais barreiras identificadas foram falta de suporte dos gestores, falta de treinamento para os empregados de obra e comunicação precária. Na mesma linha Hamzeh e Albanna (2019) notaram que os trabalhadores apresentavam pouco entendimento sobre os conceitos de redução de desperdícios em obra, produção puxada, organização de canteiro e padronização de tarefas. Segundo eles os trabalhadores davam pouca importância pois não compreendiam sua relevância, motivo que se deve aos líderes não envolverem seus empregados no processo de planejamento de projeto e ajuda-los a entender a importância das práticas para o cumprimento do planejamento de obra.

Chung e Mutis (2020) também identificaram que um dos principais problemas na implementação do *lean* está ausência de flexibilidade dos líderes em oferecer treinamentos e capacitação aos seus funcionários para conseguirem aprender as metodologias e técnicas, além disso foram considerados que a falta de definições específicas de divisão de escopo de trabalho e o não envolvimento dos designers no acompanhamento da execução são fatores negativos na execução do *lean*. Ballard e Pasquire (2020), observaram que no Reino Unido as principais barreiras de aplicação de técnicas *lean* relacionadas ao planejamento são a resistência à mudança no ambiente de trabalho, perpetuando o modelo tradicional, e a falta de ações que promovam a inclusão de todas as partes interessadas no planejamento e execução do projeto, as duas razões anteriormente apontadas, levavam os profissionais a aplicarem apenas parte das práticas e ferramentas do LC, não conseguindo usufruir

de seus benefícios completos. Em seu estudo abordando 5 construtoras na América do sul que utilizam *lean* em suas obras, Barth, Formoso e Sterzi (2019) concluíram que todas apresentam dificuldades na implementação de sistemas de controle locais para acompanhamento das práticas.

Além dessas barreiras em comum entre os estudos anteriores, outras barreiras foram abordadas e classificadas em um mapeamento elaborado por Demirkesen, Watcher, et al. (2019) que se encontra ilustrado na figura 17

Figura 17 – Barreiras de implementação do *lean*



Fonte: Demirkesen, Wachter, Oprach, Haghsheno (2019) Traduzido

As barreiras são divididas e classificadas em 4 segmentos de acordo com sua origem: Política, Social, Economia e Técnico.

- **Política**

Nessa divisão encontram-se barreiras causadas por limitações políticas como a demora para a liberação de documentos necessários para execução das atividades de obra, falta de incentivos governamentais para práticas *lean* e falta de entendimento das autoridades sobre a filosofia, fatores que podem gerar impedimentos na sua implementação.

- **Economia**

A motivação econômica pode ser um empecilho na implementação do *lean*. A necessidade de disponibilizar recursos financeiros para o aprendizado e a execução das técnicas, contratação de profissionais para o apoio da execução da metodologia e um cenário econômico não favorável podem atuar como inibidores.

- **Técnico**

A complexidade da filosofia e suas técnicas deve ser vencida antes de tentar executar qualquer prática. O processo de design também é uma importante etapa a ser vencida para a implementação do *lean*, principalmente pois exige mais esforço do que no modelo tradicional de construção. Ferramentas de planejamento como o LPS e o *takt time* devem ser dominadas para a correta execução das práticas *lean* e exigem conhecimento técnico para tanto.

- **Social**

Por ser uma categoria mais complexa e abrangente, ela encontra-se dividida em outras 4 subcategorias

- **Força de Trabalho**

Problemas de ausência de cooperação, barreiras de idioma, estresse e pressão para cumprir prazos e resistência à mudança são fatores que atrapalham a implementação das práticas *lean*

- **Cultura**

A cultura é um dos maiores bloqueios, afetando tanto trabalhadores quanto gestores, a mentalidade resistente a mudar, falta de comprometimento com estratégias de longo prazo e a insistência no modelo de produção em massa no qual o setor de construção vem sendo submetido, são barreiras a serem vencidas.

- **Gerenciamento**

Gestores podem ter a impressão de que é muito trabalhoso aplicar técnicas *lean*, ou que todo o esforço não compensa. Além disso a falta de apoio dos superiores na adoção das práticas é um fator que pode prejudicar a implementação. O mal planejamento do uso dos insumos de obra pode ser um fator que compromete o desempenho pois atrapalha a redução dos desperdícios na execução das atividades, sendo assim o mal planejamento é considerado uma barreira.

- **Comunicação**

Problema na comunicação entre as partes interessadas afeta o planejamento e a atribuição de valor ao projeto, diminuindo os resultados. A ausência de organização entre as equipes também pode afetar a performance do projeto, sendo necessário uma via aberta de compartilhamento de informações entre os envolvidos para auxiliar em frente a incertezas e mudanças no projeto.

4.2 ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO LC

Após mapear as principais barreiras para aplicação das ferramentas, é possível traçar estratégias para implementar a filosofia. “As empresas de construção que desejam aplicar o LT devem começar com um planejamento estratégico de como implementar o pensamento *lean* dentro da organização para posteriormente poder executá-lo a nível operacional no processo construtivo da obra.” (Lopez, Grajales, Corrales, 2015, p. 126). Para vencer essas barreiras de implementação, é de extrema importância que a estratégia contemple o ensinamento dos princípios e ferramentas a todos os envolvidos, além de incentivos por parte de lideranças executivas, que promovam e apoiem essas práticas.

Em sua pesquisa, Forbes, Rybkowski e Tsao (2018) verificaram por meio de entrevistas e questionários quais as estratégias de ensinamento do *lean* são adotadas por empresas e entidades ligadas a construção civil nos Estados Unidos. O *Lean Construction Institute* (LCI), fundado em 1997 por Greg Howell e Glenn Ballard, é uma organização que possui como missão principal transformar a indústria da construção usando ferramentas, tecnologias e o pensamento enxuto. Nessa organização, as principais estratégias de ensinamento são, realização de Webinars, congressos, *lean coffees*, happy hours, livros, simulações e publicação de artigos no *Lean Construction Journal*. Outra organização abordada foi a *Associated General Contractors* (AGC) é a maior associação do setor de construção civil nos Estados Unidos. Para disseminação do *lean*, sua principal estratégia está fundamentada em uma parceria com a universidade de Michigan, que oferece programas de ensino de construção *lean* por todo o território dos Estados Unidos e conta com mais de 110 professores, oferecendo esses cursos tanto presencialmente quanto de maneira remota, ao concluir o programa o aluno recebe também uma certificação.

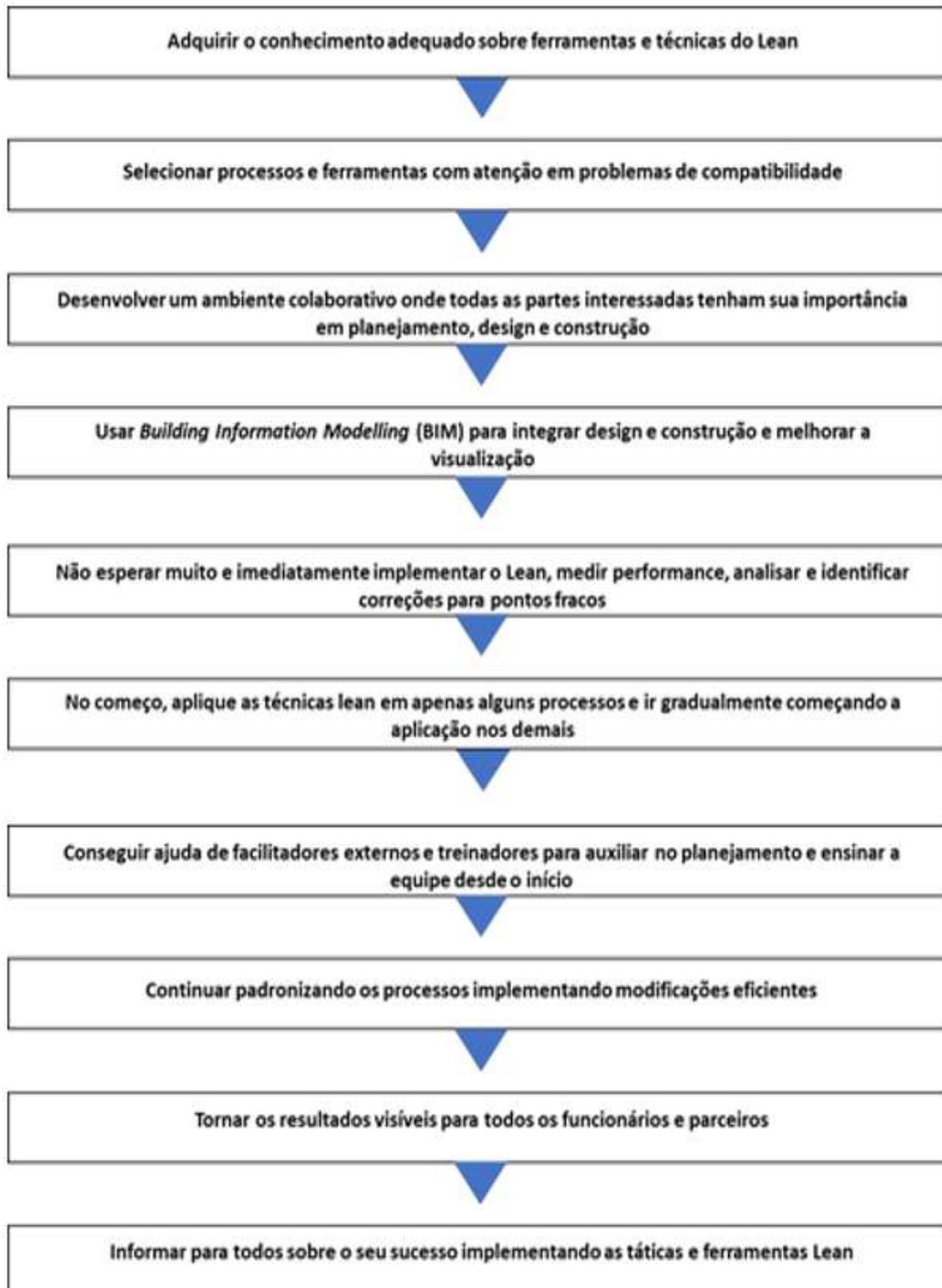
A empresa de construção J.E.Dunn, uma das maiores do país, é adepta ao uso da filosofia *lean* em seus projetos, para isso ela optou pela adoção de jogos simulação como ferramenta de ensino das práticas aos seus funcionários. Eles recebem um dia inteiro de treino focado no ensinamento dos fundamentos da filosofia *lean* e de ferramentas que serão usadas por eles no projeto que estão envolvidos. Num segundo dia, todos os funcionários da empresa aprendem sobre esses fundamentos e sobre

ferramentas para uso em suas funções de trabalho em geral. Além disso, contam também com o auxílio de uma funcionária que oferece consultoria ajudando as equipes a aplicar e aprender o *lean*.

Já na DPR Construction, os funcionários aprendem sobre *lean* antes mesmo de começarem a se envolver com o projeto em que irão trabalhar. Workshops são oferecidos a todos e neles os funcionários aprendem sobre o *mindset lean* através de jogos e simulações. A empresa conta também com o programa *Lean Leadership*, com duração de 9 semanas e que tem por objetivo formar líderes e construir equipes e profissionais melhores e mais fortes usando o *lean*. Na empresa Linbeck Group LLC, uma das primeiras empresas de menor porte a aplicar *lean* em seus projetos. Criou o sistema de *lean boards* uma ferramenta visual, para apoiar os funcionários no uso do LPS, ficando visualmente mais fácil planejar rotinas, puxar serviços e etc.

Pensando em estratégias de implementação do *lean* em uma empresa de construção civil, Aslam, Gao e Smith (2020) desenvolveram um passo a passo para auxiliar pessoas que não possuem experiência na implementação do *lean* como ilustra a figura 18

Figura 18 – Diretrizes para quem deseja começar a implementar o LC



Fonte: Aslam, Gao e Smith (2020) Traduzido

A metodologia divide-se em 10 passos:

- Adquirir conhecimento

Antes de poder iniciar a prática é recomendado que o profissional em questão busque o máximo de informações possível sobre conceitos, metodologias de aplicação, fundamentos e benefícios das práticas numa obra.

- Selecionar ferramentas

Com o conhecimento das diversas aplicações, é importante que o profissional realize uma análise de quais ferramentas se apresentam como mais eficazes para o projeto em questão. Deve-se considerar também a realidade em que se encontra o projeto e considerar possíveis problemas de compatibilidade e implementação na escolha das ferramentas.

- Desenvolver um ambiente colaborativo

A criação de um ambiente que envolva os interessados e permita o compartilhamento de informações entre as partes tem como objetivo aumentar o valor a ser entregue para o cliente. Murguia, Brioso, et al (2017) concluíram que quanto mais cedo o envolvimento das partes interessadas no projeto, melhor é a sua performance em termos de custo, qualidade e satisfação final. “Essa abordagem considera as necessidades dos usuários, pois possibilita a representatividade de seus interesses nas reuniões de projeto, o que permite que a troca de informações entre as partes ocorra de maneira mais clara e eficiente. Sendo assim, o projeto final tende a atender os níveis de satisfação de todas as partes interessadas.” (HATOUM, MUSTAPHA, NASSAR, 2018, p.194)

- Uso de ferramentas de visualização

Utilizar ferramentas como o *Building Information Modelling* (BIM) permite que os interessados pré visualizem o projeto em questão através de um modelo 3D gerado em computador, permitindo a identificação de incompatibilidades construtivas ou erros de design mesmo antes do início da fase de obra.

- Não esperar muito para aplicar as ferramentas

Aplicar as ferramentas que foram selecionadas adequadas para o projeto assim que possível é uma estratégia que tem como objetivo motivar o profissional. Ao aplicar as técnicas e realizar o acompanhamento dos resultados a equipe pode perceber os benefícios trazidos pelo *lean* e assim o engajamento com a metodologia aumenta.

- Aplicar as ferramentas de maneira gradual

Deve-se começar implementando ferramentas em alguns processos construtivos e posteriormente ir gradualmente aumentando até abranger todas as esferas do projeto. Dessa maneira os funcionários conseguem se adaptar e se familiarizar mais facilmente com as técnicas, além de compreender seu funcionamento completamente antes da metodologia atingir todas as tarefas produtivas.

- Conseguir ajuda de especialistas

Para melhorar os resultados e facilitar o processo de ensinamento das metodologias, pode-se considerar o auxílio de profissionais consultores *lean* que atuaram fornecendo diretrizes e facilitando a implementação das ferramentas até se conseguir atingir a implementação em todas as etapas do projeto.

- Padronizar processos

Numa obra, existem diversas atividades que necessitam de repetição, “Um projeto também pode ter repetitividade dentro de uma empreitada: por exemplo, a construção de produtos semelhantes, como unidades habitacionais, andaes de um arranha-céu ou a instalação de caixas em um poço de petróleo. Esses processos ilustram uma dimensão vertical da repetitividade, ou seja, a repetição do processo em um projeto único.” (ANTUNES e GONZALEZ, 2015, p.212). A padronização dessas atividades permite que as improvisações durante a execução sejam eliminadas, o que reduz as chances de desperdícios ao longo desses serviços.

- Tornar os resultados visíveis

Mostrar os resultados decorrentes das iniciativas *lean* para toda equipe fortalece o moral do time e ajuda a perpetuar a estratégia de longo prazo para a implementação do LC na empresa.

- Falar sobre seu sucesso implementando *lean*

Compartilhar seus resultados para os outros pares do setor é uma boa alternativa para espalhar o sucesso das técnicas e fundamentos da filosofia *lean* quando aplicada na construção civil, contribuindo para a propagação de informações até que todos os que atuam no setor tenham o conhecimento de seus benefícios.

A abordagem de implementação em etapas é apoiada por Sarhan, Xia e Frawzia (2019), segundo eles, há vantagens numa implementação *lean* segmentada, pois problemas resultantes do processo de implementação podem ser facilmente associados ao seu momento de origem e facilmente resolvidos. Devido à participação de diversos profissionais com expertises diferentes, a segmentação auxilia o profissional da construção a entender melhor seu papel na implementação a cada passo.

4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DOS 5'S

O 5'S foi uma das ferramentas escolhidas para ser melhor discutida e exemplificada no presente trabalho devido a sua a suas características de baixo custo "O 5'S é um método que pode ser implementado com sucesso em vários processos construtivos devido ao seu baixo custo financeiro necessário para sua implementação" (NGUYEN,D.M, 2015, p.292). Considerando-se a afirmação anterior, essa ferramenta pode ser considerada um excelente exemplo a ser ensinado principalmente pois o foco do presente trabalho está em auxiliar a implementação de ferramentas *lean* em obras habitacionais de pequeno porte que geralmente não possuem grande disposição de recursos financeiros para serem utilizados na aquisição ou implementação das ferramentas.

Como já foi abordado na revisão de literatura do presente trabalho, o 5'S é uma metodologia de 5 etapas que visa melhorar a eficiência produtiva criando um ciclo de melhoria contínuo, prezando pela organização, segurança e limpeza no ambiente de trabalho. “Apesar dos projetos começarem com um plano bem definido para gerenciar e organizar o canteiro, esses planos não são seguidos. Inicialmente, as empresas começam a obra com o canteiro bem organizado, mas quando o trabalho começa, fica difícil manter o canteiro em ordem. Em alguns casos, isso pode até causar aumento nos custos de obra para a empresa [...]” (AYARKWA e AGYEKUM, 2020, p.1699).

Figura 19 – Palestra de apresentação dos conceitos do 5'S

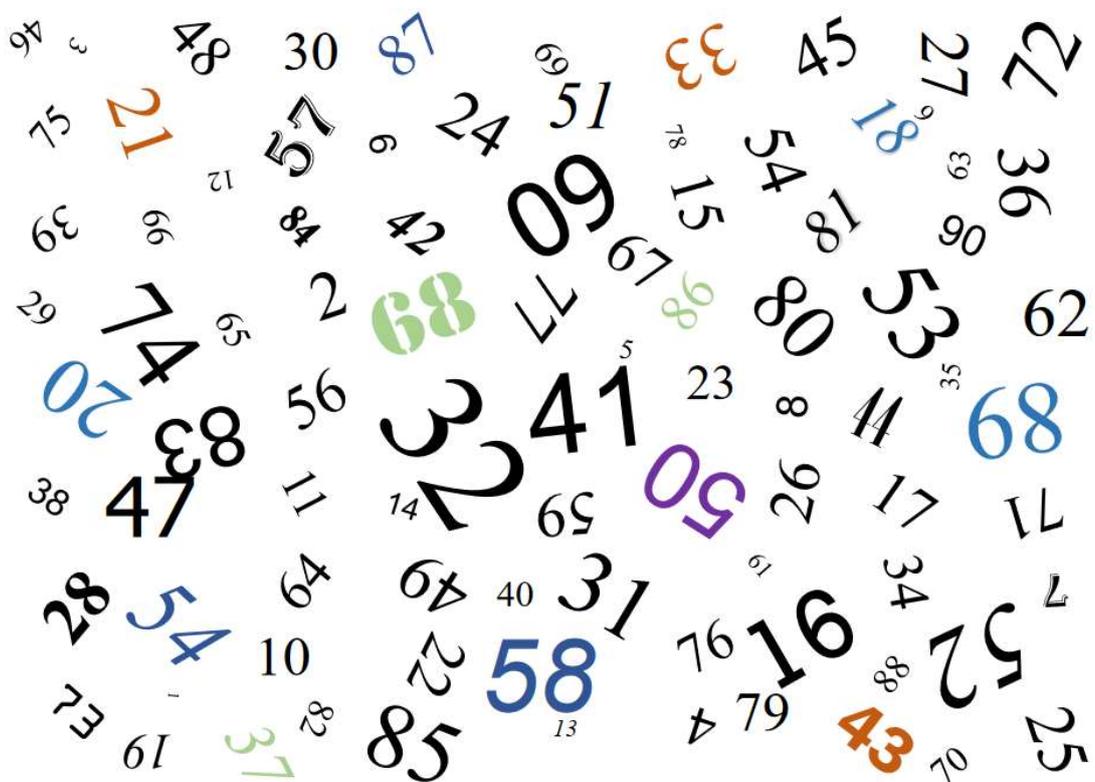


Fonte: Gonçalves (2019)

Em seguida pode-se realizar um exercício prático para a compreensão dos conceitos da ferramenta, como o jogo dos números. O exercício consiste em um jogo

no qual cada jogador recebe quatro folhas de papel, cada uma com um quadro contendo números e cada quadro representando uma etapa do jogo. Em todas as etapas, o jogador tem 30 segundos para encontrar e circular os números de 1 a 49. Ao final do tempo cada jogador anuncia até que número conseguiram chegar e anota-se o maior número conseguido na rodada. Na primeira rodada, os números estão completamente embaralhados sem nenhuma organização ou forma de arranjo.

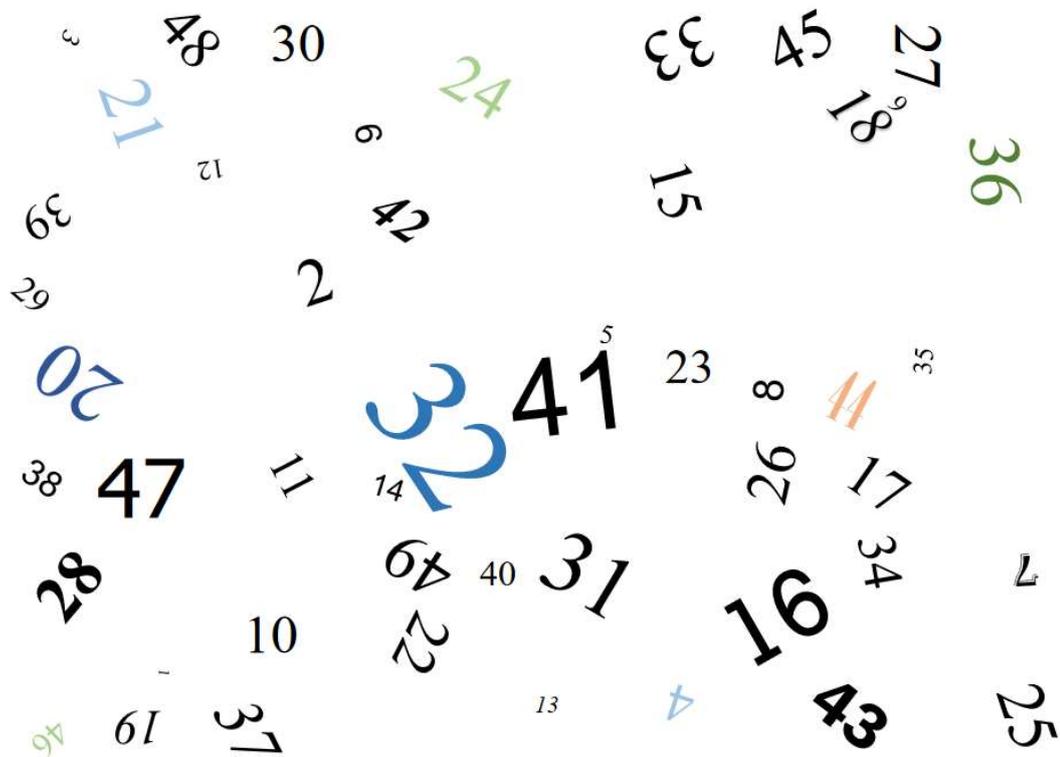
Figura 20 – Primeira etapa do jogo dos números



Fonte: Wine Australia

Após a primeira etapa, é natural que devido à grande desorganização do conjunto de números a maioria dos participantes não consiga bons resultados. Para a segunda etapa, os números de 50 a 90 foram removidos, aplicando-se assim a primeira etapa da metodologia (*Seiri*) o senso de utilização, separando o que é desnecessário para a realização da tarefa.

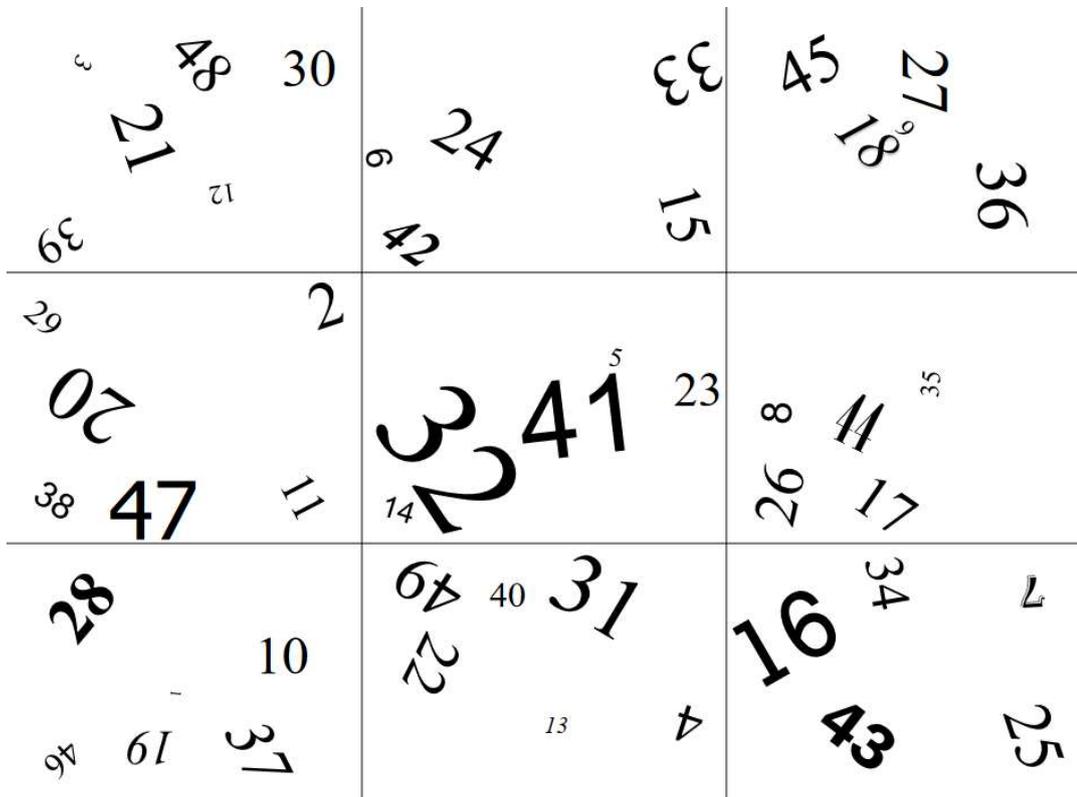
Figura 21 – Segunda etapa do jogo dos números



Fonte: Wine Australia

Ao final da segunda rodada, espera-se que os resultados tenham sido melhores do que na primeira e os participantes sintam a mudança de dificuldade com a alteração do arranjo de números. Para a terceira rodada a segunda e terceira etapas dos 5'S foram implementadas (*Seiton* e *Seiso*) dividindo os números em quadrantes e organizando os grupos numéricos de maneira que em sequência, cada um está em um quadrante diferente. Além disso todos os números foram “limpos” e estão com a mesma cor.

Figura 22 – Terceira etapa do jogo dos números



Fonte: Wine Australia

Após o final da terceira rodada, a adição dos quadrantes deve trazer uma grande facilidade para encontrar os números, principalmente quando o participante percebe que os números estão separados seguindo uma sequência de quadrantes. Na última rodada do jogo, foi implementado o (*Seiketsu*) e os números foram padronizados em ordem, tornando ainda mais fácil o objetivo de identificar todos dentro do tempo, visto que não há nenhuma outra etapa a ser realizada para decifrar a visualização da sequência numérica.

Figura 23 – Quarta etapa do jogo dos números

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	

Fonte: Wine Australia

O objetivo é ilustrar através de uma simulação como a aplicação dos princípios facilita a execução das atividades poupando tempo e aumentando os resultados. A próxima etapa deve acontecer no canteiro de obras onde os trabalhadores devem implementar os cinco princípios aprendidos na palestra e no jogo dos números.

Considerando-se o cenário de construção de uma obra residencial de pequeno a médio porte a presença de um engenheiro de obra que acompanhe diariamente os avanços da execução das tarefas é algo que costuma não ocorrer, devido ao alto custo. Nesse caso, faz-se extremamente necessário que o mestre de obras ou profissional responsável por garantir o acompanhamento e aplicação dos princípios do 5's em todo o canteiro.

As figuras 24 e 25 representam exemplos de situações de canteiro antes e depois da remoção dos materiais desnecessários para fora da área de trabalho, é possível perceber as diferenças no layout do canteiro.

Figura 24 – Canteiro antes da remoção de materiais desnecessários



Fonte:(Nowotarski, Paslawaski, Matyja, 2016)

Figura 25 – Canteiro após remoção de materiais desnecessários



Fonte:(Nowotarski, Paslawaski, Matyja, 2016)

As figuras 26 e 27 representam outro canteiro antes e depois da aplicação dos conceitos do 5's de limpeza, organização e remoção de elementos desnecessários para a execução do trabalho em questão

Figura 26 – Canteiro antes de aplicação do 5'S



Fonte: (Yu, Al Hussein, Al- Jibouri, 2013)

Figura 27 – Canteiro depois da aplicação do 5'S



Fonte: (Yu, Al Hussein, Al- Jibouri, 2013)

Para as figuras 28 e 29 ficam representados como eram os armários dos operários de obra antes e depois que foram corretamente identificados por etiquetas tornando-se mais fácil perceber onde guardar as vestimentas corretamente.

Figura 28 – Armário dos funcionários antes



Fonte: (Gonçalves, 2019)

Figura 29 – Armário dos funcionários depois



Fonte: (Gonçalves, 2019)

A figura 30 ilustra a separação e identificação das barras de aço no canteiro

de obras de acordo com o seu diâmetro, tornando mais fácil e rápido o seu manuseio pelos funcionários quando necessário.

Figura 30 – Identificação e separação das barras de aço por diâmetro



Fonte: (Gonçalves, 2019)

Por último as figuras 31 a 32 representam a tentativa dos responsáveis da obra para a manutenção das práticas da metodologia através do último passo (*Shitsuke*) que representa a disciplina por parte de todos para manter os resultados conquistados ao longo da implementação dos passos anteriores, prezando pela organização, limpeza

Figura 31 – Propagação do senso de limpeza e de disciplina



Fonte: (Gonçalves, 2019)

Figura 32 – Propagação do senso de limpeza e de disciplina nos sanitários



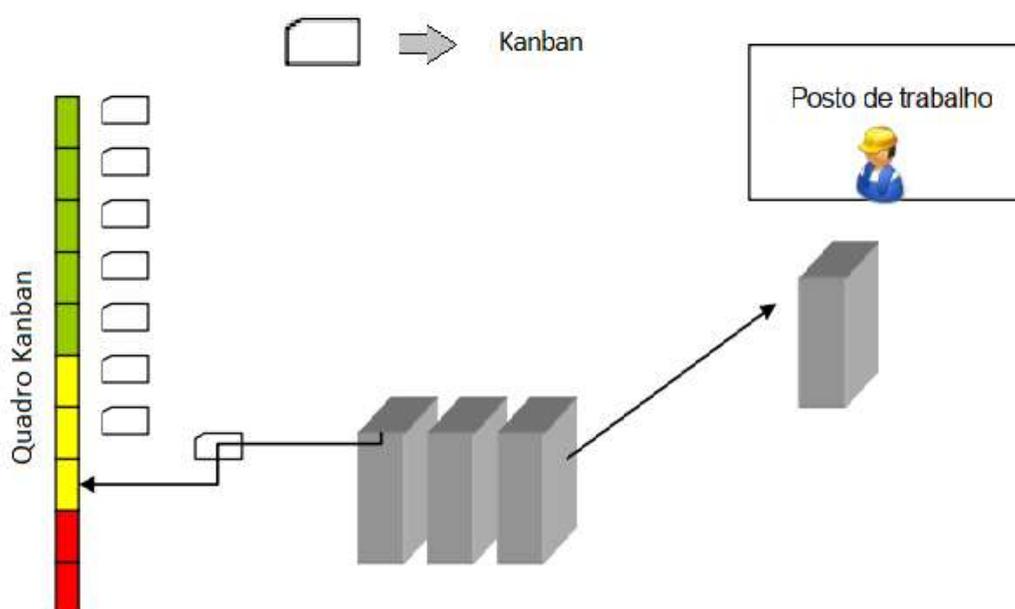
Fonte: (Gonçalves, 2019)

4.4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO KANBAN

A escolha do *kanban* como segundo método a ser aplicado também foi baseada no baixo custo de implementação e menor complexidade teórica e técnica para se aplicar em uma obra residencial de pequeno porte. Além disso, a ferramenta em questão é um mecanismo que visa implementar a redução dos desperdícios através do sistema de produção puxada pela demanda, um dos principais pilares do STP e do *lean thinking*. Uma vez dominada essa ferramenta, fica mais fácil iniciar a implementação de outras ferramentas mais complexas e relacionadas ao *kanban*, como o LPS por exemplo.

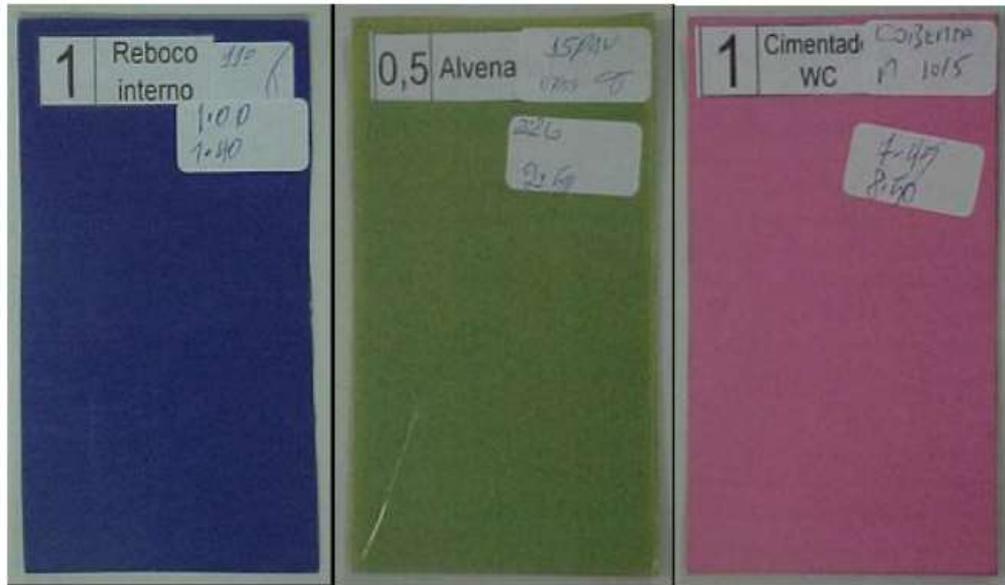
Como já foi abordado anteriormente, com o auxílio do sistema *kanban* a produção é regida pelo fluxo puxado, sendo que nada é produzido enquanto o cliente daquele processo não solicita sua execução. Os *kanbans* podem ser divididos em dois grupos de acordo com sua função, os de produção e os de requisição. Os de produção fornecem autorização para a fabricação do produto em questão, já os de requisição autorizam a movimentação do lote entre o cliente e seu fornecedor. Os cartões são alocados no quadro *kanban* e dessa forma é possível acompanhar as necessidades de produção e o que já foi produzido. O quadro possui 3 níveis, o nível verde indica que não é necessário produzir, o amarelo indica que é preciso produzir e o vermelho indica necessidade imediata de produção.

Figura 33 – Exemplo de funcionamento do *kanban*



Fonte: Autor

Figura 34 – Exemplo de cartão *kanban* de produção

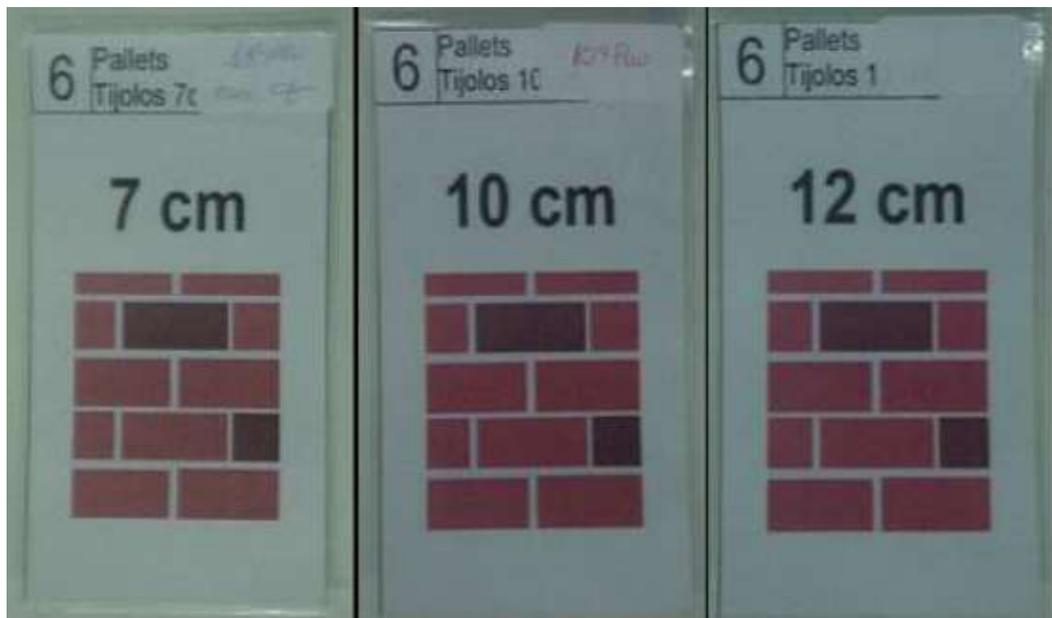


Fonte: (Leite, et al, 2004)

A figura 34 ilustra um exemplo de *kanbans* utilizados para reger a produção de argamassa, cada cartão contém informações como quantidade do traço da argamassa, informações sobre o local de destino e o horário do pedido. Cada tipo de argamassa possui um cartão de cor diferente para facilitar a visualização. Para um grupo que não está familiarizado com o uso do *kanban*, é necessário a realização de palestras para os integrantes da equipe, de maneira a exemplificar e transmitir os pilares e conceitos por trás desta ferramenta visual.

Já para sua execução no dia a dia da obra, os cartões são distribuídos no início de uma tarefa, e a partir da ordem de colocação das fichas no quadro, o insumo é produzido e destinado para o setor que o *kanban* indica.

Figura 35 – Exemplo de cartão *kanban* de transporte



Fonte: (Leite, et al, 2004)

A figura 35 ilustra um exemplo de *kanbans* utilizados para reger a movimentação de tijolos pela obra, cada cartão contém informações de dimensão, local de destino. A principal função do responsável pelo *quadro kanban* é coordenar e reger o transporte e produção dos produtos do quadro garantindo que somente o necessário seja produzido a fim de se evitar superprodução, ao mesmo tempo que ele deve se atentar a não deixar que exista demanda não atendida. Dessa forma, o *kanban* pode auxiliar na manutenção de um fluxo contínuo de trabalho na obra, controlando a produção a partir da puxada de fluxo. “Fluxo de trabalho é um aspecto importante do *lean construction*, ter fluxos confiáveis pode levar a redução de desperdícios, melhorar a produtividade dos trabalhadores e o desempenho do projeto como um todo.” (ZHANG, CHEN, SUO, 2017, p. 621).

Segundo Brodetskaia, Sacks e Shapira (2013) o controle da puxada de fluxo de trabalho pode ser aplicado tanto no nível de planejamento do início das obras quanto no nível operacional ajustando a taxa de realização de serviços com a capacidade de absorção destes pelas outras equipes à frente da cadeia produtiva. O sistema de *kanbans* pode servir para contribuir na puxada de fluxo e permitir que as atividades

sejam realizadas de acordo com o JIT, além disso ele também pode ser aplicado junto ao nível de planejamento operacional, pois é uma ferramenta que complementa a atuação do LPS.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivos principais uma apresentação das origens e características do pensamento enxuto bem como a sua adaptação para aplicação no setor da construção civil e suas principais metodologias de uso e execução. Analisando as obras de referência obtidas pela revisão sistemática foram mapeadas as principais barreiras para o uso do *lean* nas empresas de construção. A partir da análise de diversos estudos de caso contendo entrevistas e questionários aplicados à funcionários de obras ao redor do mundo, foi possível compreender que na percepção deles os principais entraves são a falta de apoio, moral e educacional, por parte dos superiores quanto ao uso das técnicas *lean*. A mentalidade voltada a manutenção do modelo tradicional de construção e também a falta de conhecimento dos trabalhadores a respeito de conceitos de LC e suas ferramentas.

Foram apresentados 10 passos para implementar o pensamento enxuto em obras, integrando uma metodologia que busca vencer essas barreiras, focando principalmente na busca e divulgação de conhecimento para posterior aplicação gradual das ferramentas, envolvendo todas as partes interessadas, e a divulgação dos resultados obtidos e melhorias conquistadas para os todos os participantes da obra, buscando convencê-los e educa-los quanto aos benefícios do *lean*. Na exemplificação das metodologias de aplicação do 5's e do *kanban* em uma obra, buscou-se oferecer um passo a passo para aqueles que desejam tentar implementar a ferramenta. Como sugestão de estudos futuros fica a realização de um estudo de caso para quantificar os resultados da adoção da metodologia de aplicação do 5's em uma obra ou até mesmo um estudo de caso que verifique a aplicação dos 10 passos a seguir para implementar o LC em uma empresa de construção.

O LC é uma metodologia de construção que pode ser aplicada em qualquer empresa do setor de construção independentemente de seu porte, área de atuação, ou anos de experiência no mercado, basta que todos os envolvidos estejam dispostos para o enfrentar o desafio. O caminho para o *lean* é longo e exige disciplina, mas os seus resultados com certeza compensam a jornada.

REFERÊNCIAS

ABECIP. Financiamento imobiliário dispara, bate recorde e projeta alta de 34% para o ano. **ABECIP.org**. Mai. 2021, Disponível em <https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/financiamento-imobiliario-dispara-bate-recorde-e-projeta-alta-de-34-para-o-ano>. Acessado em 23 Maio. de 2021.

AQUERE, A.; DINIS-CARVALHO, J.; LIMA, R. Project Cell: Cellular Organization of the Building Design Process. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 139, n. 5, p. 538-546. Maio. 2013. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000590>. Acesso em: 11 Jun. 2021

ANKOMAH, E.N.; AYARKWA, J.; AGYEKUM; K. Status of lean construction implementation among small and medium building contractors (SMBCs) in Ghana, **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 18 n. 6, p. 1691-1709, Fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2019-0345>. Acesso em: 14 Jun 2021

ANTUNES, R.; GONZALES, V. A production model for construction: a theoretical framework. **Buildings**. Auckland, v. 5, n. 1, p. 209-228. Mar. 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-5309/5/1/209/htm>. Acesso em: 20 Maio. 2021.

ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction **Journal of Cleaner Production**. v. 277, Dez. 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620333400>. Acesso em: 25 Maio 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. Rio de Janeiro, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6034**: informação e documentação: índice: apresentação. Rio de Janeiro, 2004.

AZIZ, R. F.; HAFEZ, S. M. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**. Alexandria, v. 52, n. 4, p. 679-695. Maio. 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S111001681300046X>. Acesso em: 19 Maio 2021

BARTH, K. B.; FORMOSO, C. T.; STERZI, M. P. Performance Measurement in Lean Production Systems: An Exploration on Requirements and Taxonomies. **27th Annual Conference of the International Group for Lean construction, IGLC 2019**. Dublin, p. 629-640. Jul. 2019. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1675>. Acesso em: 13 Jun. 2021

BASCOU, A. M.; TOMMELEIN, I; DOUTHETT, D. Visual Management of Daily Construction Site Space Use, **Frontiers in Built Environment**, v. 6, Set. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.00139/full>. Acesso em: 05 Jun 2020

BRADY, D.; TZORTZOPOULOS, P.; ROOKE, J.; et al. Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. **Engineering, Construction and Architectural Management**. Stuttgart, v. 25, n. 10, p. 334-336. Out. 2017. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-07-2017-0122/full/html>. Acesso em: 30 Maio 2021.

BRAVO, M.; EUPHROSINO, C.; FONTANINI, P. DMAIC Manual for an Integrated Management System: Application in a Construction Company. **28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC28)**. Berkeley, p. 169-180. Jul. 2020. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1822> Acesso em: 30 Maio 2021.

BRODETSKAIA, I.; SACKS, R.; SHAPIRA, A. Stabilizing Production Flow of Interior and Finishing Works with Reentrant Flow in Building Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 139, n. 6, p. 665-674. Jun. 2013. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000595>. Acesso em: 16 Jun. 2021

BULHOES, I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 205-223. Dez. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400014&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 20 Maio. 2021.

CASTILLO, T.; ALARCON, L. F.; SALVATIERRA, J. L. Effects of Last planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**. Guimaraes, v 144, n. 3, Maio. 2013. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001443>. Acesso em: 25 Maio 2021.

CHUNG, A.; MUTIS, I. Quality Assurance and Quality Control of High-Rise Enclosure Design Using Lean Principles. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**. v. 25, n. 1, p. 1-11. Fev. 2020. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29SC.1943-5576.0000463>. Acesso em: 05 Jun. 2021

CRUZ-MACHADO, V; ROSA, P. Planning Model based on Lean Construction for Short Term Works. **Inf. tecnol.**, La Serena , v. 18, n. 1, p. 107-118, 2007. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000100015&lng=en&nrm=iso&tng=en. Acesso em: 13 Jun. 2021

DANIEL, E.I.; PASQUIRE, C.; DICKENS, G.; BALLARD, H.G. The relationship between the last planner® system and collaborative planning practice in UK construction, **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24 n. 3, p. 407-425, Maio 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2015-0109>. Acesso em: 20 Jun 2021

DEMIRKESEN, S.; WACHTER, N.; OPRACH, S.; HAGHSHENO, S. Identifying barriers in lean implementation in the construction industry. **27th Annual Conference of the International Group for Lean construction, IGLC 2019**. Dublin, p. 157-168. Jul. 2019. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1631>. Acesso em: 29 Maio 2021.

DREVLAND, F.; TILLMANN, P. A. Value for Whom?, **26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. Chennai, p. 261-270, Jul 2018. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1549>. Acesso em: 21 Jun 2021

EROL, H.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, T. Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 2, p. 241-251, 6 Feb. 2017. Disponível em: <https://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/963>. Acesso em: 02 Jun. 2021.

FIGUEIREDO, P. Construção civil representa 6,2% do PIB do Brasil. **FIBRA**, Brasília, Fev. 2017. Assessoria de Comunicação – SINDUSCON - DF. Disponível em: <http://www.brazilnet.com.br/contexts/brasilrevistas.htm>. Acesso em: 13 maio. 2021.

FONSECA, J. J. S. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002, p. 20

FORBES, L. H. , RYBKOWSKI, Z. K.; TSAO, C. C. The Evolution of Lean Construction Education (Part 2 of 2): At US-Based Companies, **26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. Chennai, p. 1024-1034, Jul. 2018. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1497>. Acesso em: 20 Jun 2021

FREIRE, J.; ALARCÓN, L. F. Achieving Lean Design Process: improvement methodology. **Journal Of Construction Engineering And Management**. Santiago, v. 128, n 3, p. 248-256. Maio. 2002. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282002%29128%3A3%28248%29>. Acesso em: 22 Maio. 2021.

GAO, S.; LOW, S. P. **Lean Construction Management: The Toyota Way**, Singapore: Springer, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8> . Acesso em: 10 Jun. 2021.

GAO, T.; ERGAN, S.; AKINCI, B.; GARRET, J. H. Proactive Productivity Management at Job Sites: Understanding Characteristics of Assumptions Made for Construction Processes during Planning Based on Case Studies and Interviews. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 140, n. 3, p. 629-640. Jul. 2014. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000816>. Acesso em: 09 Jun. 2021

GERRING, J. **Case Study Research: Principles and Practices**. Cambridge University Press. p. 37, 2007.

GONÇALVES, E. Aplicação do programa 5S no canteiro de obra. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Tecnológica do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25417/1/programacanteiroobra.pdf>. Acesso em: 15 Setembro. 2021.

GOPALAKRISHNAN, S.; GANESHKUMAR, P. Systematic Reviews and Meta-analysis: Understanding the Best Evidence in Primary Healthcare. **Journal of family medicine and primary care**, v. 2 n. 1, p. 9–14, Mar. 2013 Disponível em: <https://doi.org/10.4103/2249-4863.109934>. Acesso em: 13 Maio. 2021.

HAMZEH, F, R; ALBANNA, R., M. Developing a tool to assess workers' understanding of lean concepts in construction. **27th Annual Conference of the International Group for Lean construction, IGLC 2019**, Dublin, p. 179-190. Jul. 2019. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1633>. Acesso em: 22 Maio. 2021.

HATOUM, M. B.; MUSTAPHA, R. E.; NASSAR, C.; et al. Lean Methods to Improve End User Satisfaction in Higher Education Buildings. **IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Chennai, p. 187-198 Jul 2018. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1541>. Acesso em: 01 Jun. 2021.

HOWELL, G. A. New Operating System for Project Management: Consequences and Opportunities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 10, p. 882-886, Out 2011. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000323>. Acesso em: 08 Jun. 2021.

HOWELL, G.; BALLARD, G.; DEMIRKESEN, S. Why Lean Projects Are Safer, **25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. Heraklion, p. 895-901, Jul 2017 Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1469>. Acesso em: 08 Jun 2020.

IKUMA, L.; NAHMENS, I.; JAMES, J. Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 7, p. 551-560, Jul. 2011. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000330>. Acesso em: 18 Jun 2021.

ISSA, U. H. Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. **Alexandria Engineering Journal**. Alexandria, v. 52, n. 4, p. 697-704. Abr. 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1110016813000641>. Acesso em: 25 Maio 2021.

KARNINGSIH, P.; ANGGRAHINI, D; MOHAMMAD B; *et al.* Improving project efficiency using lean construction **2017 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)**. Surabaya, p. 334-336, Out 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8387613>. Acesso em: 04 Mar. 2021.

KHALIFE, S.; HAMZEH, F. Measuring Project Value: A Review of Current Practices and Relation to Project Success. **IGLC 28 - 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2020**, Berkeley, p. 37-48, Jul 2020. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1783>. Acesso em: 06 Jun. 2021.

KHAN, S.; TZORTZOPOULOS, P. Using Design Science Research and Action Research to Bridge the Gap Between Theory and Practice in Lean Construction Research. **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**, Chennai, p. 209-219, Jul 2018. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1543> Acesso em: 15 Mar. 2021.

KIFOKERIS, D. Variants of Swedish Lean Construction Practices Reported in Research: Systematic Literature Review and Critical Analysis, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 7, Jul. 2021. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0002079>. Acesso em: 03 Jul 2021

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**, Technical report No. 72, CIFE, Stanford University, Stanford, California, 1992. Disponível em: <https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em 27 Maio. 2021.

KOSKELA, L.; FERRANTELLI, A.; NIIRANEN, J.; PIKAS, E.; DAVE, B. Epistemological Explanation of Lean construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 145, n. 2, Fev. 2019. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001597>. Acesso em: 21 Maio 2021.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Principles of Lean (figura). **Lean Enterprise Institute**, Disponível em: <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>. Acesso em: 03 Jul. 2021

LEITE, O. M.; PINHO, B. I.; PEREIRA, E.P; et al. Aplicação do Sistema Kanban no transporte de materiais na construção civil. **Revista Produção Online**. Florianópolis, v. 4, n. 4, p. 667-673. Nov. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v4i4.1847>. Acesso em: 20 Maio 2021

MARADZANO, I.; DONDOFEMA, R. A.; MATOPE, S. Application of lean principles in the south african construction industry. **South African Journal of Industrial Engineering**. Stellenbosch, v. 30, n. 3, p. 210-223. Nov. 2019. Disponível em: <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/2240>. Acesso em: 20 Maio 2021

MARIZ, R. N.; PICCHI, F. A. Método para aplicação do trabalho padronizado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 7-27, Out. 2013 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000300002>. Acesso em: 10 Jun. 2021.

MARTINEZ, E.; REID, C.; TOMMELEIN, I. Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. **Construction Innovation**, v. 19, n. 4, p. 570-593, Mai. 2019 Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-02-2019-0015/full/htm>. Acesso em: 12 Jun. 2021.

MURGUIA, D.; BRIOSO, X.; RUIZ-CONEJO, L.; et al. Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building. **Procedia Engineering**. v. 196, p. 462-469. Jul. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817330989?via%3Dihub>. Acesso em: 09 Jun. 2021

NEWS, G. Brasil tem o menor investimento público em infraestrutura entre 21 países da América Latina e do Caribe em 2019, diz relatório do BID. **G1**. Jun. 2020, Disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/07/30/brasil-tem-o-menor-investimento-publico-em-infraestrutura-entre-21-paises-da-america-latina-e-do-caribe-em-2019-diz-relatorio-do-bid.ghtml>. Acessado em 3 Mai. de 2021.

NOVINSKY, M.; NESENSOHN, C.; IHWAS, N.; HAGSHENO, S. 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**. Chennai, v. 2, p. 775-785. Jul. 2018. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1602>. Acesso em: 24 Maio 2021

NOWOTARSKI, P.; PASLAWSKI, J. Lean and Agile Management Synergy in Construction of High-Rise Office Building. **Archives of Civil Engineering**. v. 62, n. 4, p. 133 - 148. Nov. 2016. Disponível em: <http://archive.sciendo.com/ACE/ace.2016.62.issue-4/ace-2015-0112/ace-2015-0112.pdf>. Acesso em: 22 Maio 2021.

NOWOTARSKI, P.; PASKAWSKI, J.; MATYJA, J. Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies - Cost Case Study. **Procedia Engineering**. Poznan, v. 161, p. 1037-1042. Jun. 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816330806>. Acesso em: 29 Maio 2021.

OHNO, T. **Toyota Production System**. Productivity Press. Cambridge, Massachusetts and Norwalk, Connecticut, 1988.

PEZI, D. Os 7 desperdícios do lean – resumo (figura). **LinkedIn**, Out. 2018. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/os-7-desperd%C3%ADcios-do-lean-resumo-daniel-pezi>. Acesso em: 02 Jul. 2021.

PLOOMES, S. E. Entenda o sistema Toyota de produção enxuta (figura). **Blog Ploomes**. Mai. 2018, Disponível em <https://blog.ploomes.com/index.php/2019/05/28/sistema-toyota-de-producao/>. Acessado em 27 Jul. de 2021.

POSHDAR, M.; GONZALEZ, V. Diffusion of lean construction in small to medium-sized enterprises of housing sector. **27th Annual Conference of the International Group for Lean construction, IGLC 2019**, Dublin, p. 383-392. Jul. 2019. Disponível em: <http://iglc.net/Papers/Details/1652>. Acesso em: 20 Maio. 2021.

RAMALINGAM, S. Mapping of BIM Process for Teaching Lean. **IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Chennai, v. 2, p. 1291-1301, Jul 2018. Disponível em: <https://iglc.net/Papers/Details/1524>. Acesso em: 01 Jun. 2021.

RAMANI, P. V.; KSD, L. K. L.; MULONGO, G. N. Application of lean in construction using value stream mapping. **Engineering, Construction And Architectural Management**. Mumbai, v. 28, n. 1, p. 216-228. Nov. 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-12-2018-0572/full/html> . Acesso em: 21 Maio 2021

ROJAS, M. D. L.; HENAO, M. G.; VALENCIA, M. E. C. Lean construction - LC under lean thinking. **Revista Ingenierías**, v. 16, n. 30, p. 115-128, 7 Nov. 2015. Disponível em: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/1163>. Acesso em: 04 Jun. 2021.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Lean Enterprise Institute, 2003

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. G. Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39 - 52. Jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200145>. Acesso em: 30 Maio 2021.

SARHAN, J. G.; XIA, B.; FRAWZIA, S.; et al. Framework for the implementation of lean construction strategies using the interpretive structural modelling (ISM) technique: A case of the Saudi construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**. Queensland, v. 27, n. 1, p. 1-23. Set. 2019. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-03-2018-0136/full/html>. Acesso em: 28 Maio 2021.

SHEWCHUK, J.; GUO, C. Panel Stacking, Panel Sequencing, and Stack Locating in Residential Construction: Lean Approach, **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 9, p. 1006-1016, Set. 2012. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000520>. Acesso em: 15 Jun 2021

SOLAIMANI, S.; SEDIGHI, M. Toward a holistic view on lean sustainable construction: A literature review, **Journal of Cleaner Production**, v. 248, p. 119-213, Mar. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619340831?via%3Dihub>. Acesso em: 17 Jun 2021

SOUZA, L. C. B. 5s e a mudança de comportamento das pessoas (figura). **Blog Fundação Roge**. Disponível em https://www.fundacaoroge.org.br/blog/5s-e-a-mudanca-de-comportamento-das-pessoas?hs_preview=XArvYxYk-23587374410. Acessado em 27 Jul. de 2021.

SUKDEO, N; RAMDASS, K; PETJA, G. Application of 7s methodology: A systematic approach in a bucket manufacturing organisation. **South African Journal of Industrial Engineering**. Joanesburgo, v. 31, n. 4, p. 178-193. Dez 2020. Disponível em: <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/2283>. Acesso em: 20 Maio. 2021.

TEZEL, A.; NIELSEN Y. Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 3, p. 236-250, Jul. 2012. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000145>. Acesso em: 02 Jun. 2021.

THOMAS, H. R.; HORMAM, M. J.; SOUZA. U; et al. Reducing Variability to Improve Performance as a Lean Construction Principle. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 128, n. 2, p. 144-154. Abr. 2002. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282002%29128%3A2%28144%29>. Acesso em: 11 Jun. 2021.

VASCONCELOS, I. A; CÂNDIDO, L. F.; HEINECK. L.F; et al. Guidelines for Practice and Evaluation of Sustainable Construction Sites: A Lean, Green and Wellbeing Integrated Approach. **IGLC 2015 - Proceedings of the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. Perth, p. 773-782. Jul. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280567786_GUIDELINES_FOR_PRACTICE_AND_EVALUATION_OF_SUSTAINABLE_CONSTRUCTION_SITES_A_LEAN_GREEN_AND_WELLBEING_INTEGRATED_APPROACH. Acesso em: 4 Mar. 2021.

WINE AUSTRALIA. The 5S numbers game (figuras). **Wine Australia**. 2016, Disponível em https://www.wineaustralia.com/getmedia/e2d39043-bde1-4ff3-86c6-06ac8b84a74c/2016_Lean-production-5s-numbers-game.pdf. Acessado em 15 Ago. de 2021.

WOLKE, V. Só 12% das indústrias de construção utilizam mais de 10 técnicas de produção enxuta, diz pesquisa da CNI. **Agência de notícias CNI**. Abr. 2019, Disponível em <https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/financiamento-imobiliario-dispara-bate-recorde-e-projeta-alta-de-34-para-o-ano>. Acessado em 23 Maio. de 2021.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES K. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine os desperdícios e crie riqueza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YU, H.; AL-HUSSEIN, M.; AL-JIBOURI, S.; et al. Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 1, p. 103-111, Jan. 2013 Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000115](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000115). Acesso em: 02 Jun. 2021.

ZHANG, L.; CHEN, X.; SUO, Y. Interrelationships among critical factors of work flow reliability in lean construction. **Journal of Civil Engineering and Management**. v. 23, n. 5, p. 621- 632. Maio. 2017. Disponível em: <https://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/1092>. Acesso em: 23 Maio 2021.