XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PRINCÍPIOS LEAN NA PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA[1]

SOUSA, Matheus G. S. de (1); CAMPOS, Vanessa R. (2); MACIEL, Francisco W. F. (3)

(1) Universidade Federal do Ceará (UFC), matheusgomes@alu.ufc.br
(2) Universidade Federal do Ceará (UFC), vanessa.campos@ufc.br
(3) Universidade Federal do Ceará (UFC), wandisley@alu.ufc.br

RESUMO

A pesquisa tem como objetivo investigar, por meio de revisão sistemática, a influência de técnicas, práticas e ferramentas lean construction na produtividade de mão-de-obra da construção civil. Utilizou-se o software start para definição de parâmetros de pesquisa, seleção e extração de trabalhos, resultando na análise de 16 artigos. Em geral, a pesquisa demonstrou que a implementação do lean construction no canteiro de obras promove o aumento da produtividade da mão-de-obra, comprovando-se a influência benéfica da aplicação do pensamento enxuto na construção civil.

Palavras-chave: *Construção enxuta. Produtividade. Construção civil. Revisão sistemática.*

ABSTRACT

The objective of this research is to investigate, by a systematic review, the influence of the techniques, practices and tools regarded to lean construction on the laboral productivity in construction industry. The software start was used in order to define the research parameters, and to select and extract papers, resulting in the analysis of 17 arcticles. The results showed that the implementation of lean construction on construction sites promotes an improvement on the labor productivity, proving the good influence of the application of lean thinking in construction.

Keywords: *Lean construction. Productivity. Construction industry. Systematic review.*

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil possui elevada relevância econômica pela grande quantidade de recursos financeiros e humanos mobilizados (BREITBACH, 2009) e se caracteriza pela alta flexibilidade da produção, arranjo físico posicional e produtos únicos, cuja escala não permite que estes sejam deslocados e que abrigam diversos processamentos internamente (MAIA; SOUZA, 2003). Em virtude dessas características e do baixo grau de industrialização dos processos construtivos, a construção civil é

[1] SOUSA, Matheus G. S. de; CAMPOS, Vanessa R.; MACIEL, Francisco W. F. Análise da influência dos princípios lean na produtividade da mão-de-obra da construção civil: uma revisão da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

objeto de críticas por causa dos desperdícios gerados, da alta rotatividade e baixa qualificação da mão-de-obra e, por consequência, da baixa produtividade (LORENZON; MARTINS, 2006).

Então, a relação entre a alta representatividade econômica do setor construtivo com suas características e condicionantes singulares, levando-se em conta as altas taxas de perdas e desperdícios e a baixa produtividade de mão de obra, leva as organizações a perseguirem a redução ou mesmo a eliminação das deficiências na gestão da indústria da construção civil (REIS *et al.*, 2017), sendo a filosofia *Lean Construction* uma das ferramentas para consecução dessa meta.

A partir dessa discussão, o objetivo do presente trabalho é, a partir de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), analisar a produção científica a respeito do *Lean Construction* e produtividade na construção civil de modo a responder a seguinte pergunta-chave: De que maneira a adoção das técnicas *Lean Construction* influencia a produtividade da mão de obra da construção civil?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produtividade é uma medida da eficiência da transformação de recursos de entrada, ou insumos, de um sistema de agregação de valor em saídas, ou produtos. Quando há múltiplas entradas e saídas, no entanto, é necessária uma homogeneização de unidades num denominador comum, via de regra, o custo das entradas e o valor das saídas, culminando em uma relação econômica para expressar a produtividade (CORREA; CORREA, 2007).

No contexto da construção civil, a produtividade pode ser visualizada, estudada e gerida em vários aspectos, como equipamentos, fornecedores, clientes, insumos e mão de obra (ARAÚJO; SOUZA, 2001). A medição dessa variável adota o indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP), no qual a razão entre entradas e saídas é o resultado da quantidade de homens-hora utilizados pela quantidade de serviço executado, respectivamente. Essa medição é útil para um gerenciamento de obra mais preciso.

Ao encontro desta ideia de melhoria de gerenciamento, em prol da eliminação de desperdícios e aumento de eficiência, surge o *Lean Construction*, ou construção enxuta, em tradução literal, cujas práticas objetivam atingir as necessidades dos clientes enquanto se utiliza da menor quantidade possível de recursos (HOWELL, 1999).

O conceito *Lean* tem origem na produção manufatureira, mais especificamente no Sistema Toyota de Produção, concebido no final dos anos 1940 e desenvolvido nas décadas seguidas, cujo foco era identificar e eliminar as perdas e reduzir os custos da produção por meio de diversas técnicas próprias de processos enxutos, por exemplo eliminação de estoques, produção contrapedido, separação do homem e da máquina, redução do *lead time* e flexibilização (SHINGO, 1996).

Koskela (1992) sumarizou o pensamento enxuto em onze princípios, a saber: (1) reduzir as atividades que não agregam valor; (2) aumentar o valor fornecido, considerando as demandas do cliente; (3) reduzir variabilidade; (4) reduzir tempo de ciclo; (5) minimizar número de etapas; (6) aumentar flexibilidade; (7) aumentar transparência do processo; (8) foco no controle do processo completo; (9) promover melhoria

contínua ao processo; (10) equilibrar melhoras de fluxo com de conversão; e (11) realizar *benchmarking*.

Partindo-se de tais princípios, Koskela *et al.* (2016) afirmam que um sistema enxuto de entrega de projeto é aquele estruturado, controlado e melhorado buscando-se os objetivos de transformação/fluxo/valor (TFV), utilizando-se das mais variadas técnicas disponíveis para a obtenção de tais objetivos. A teoria TFV considera o projeto de construção como uma combinação de transformação e fluxo que progressivamente agregam valor e vai ao encontro das necessidades dos clientes (PANDEY; AGRAWAL; MAHESWARI, 2018).

Quando se discute sobre transformação e fluxo, o papel do gerenciamento da produtividade na construção se faz importante na implantação do pensamento enxuto, pois a gestão inapropriada de projeto frequentemente leva a inconsistências entre o planejado e o trabalho efetivamente executado, reduzindo-se a produtividade pela descontinuidade do progresso, atrasos, interferências entre trabalhos e perda de materiais (CHUN; CHO, 2015).

3 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática de Literatura foi elaborada utilizando-se como ferramenta de apoio o *software State of The Art through Systematic Review* (START), em três plataformas de pesquisa: *Science Direct, Web of Science* e *Scopus*. A pesquisa no *software* seguiu o delineamento presente na Figura 1.

Figura 1 – Delineamento da RSL



Fonte: autores (2020)

A *string* utilizada para cada base de dados foi "*Lean construction*" AND "*Productivity*", em inglês, e a pesquisa foi direcionada para tópicos (título, autores ou assunto).

305 artigos foram selecionados, a partir de 2015, com temas variados, relacionados à construção enxuta, estudos de produtividade e alguns poucos contendo estudos a respeito da influência da adoção de ferramentas *Lean Construction* na produtividade da mão de obra da construção civil. Desse total, após as fases de seleção e extração, aceitaram-se 16 artigos, seguindo-se uma ordem de prioridade.

Os artigos que apresentam estudos de caso diretamente a respeito da avaliação de produtividade de mão de obra após adoção de princípios *Lean* foram considerados de prioridade muito alta; aqueles que promovem estudos mais generalizados dos aspectos da produção, mas que englobam a produtividade em ambiente enxuto classificaram-se como prioridade alta; já os artigos que apenas comentam sobre os benefícios da adoção de conceitos *lean* na produtividade juntaram-se aos de prioridade baixa.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das publicações revisadas

As referências dos 16 artigos resultantes da aplicação da metodologia de revisão sistemática encontram-se no link <https://bityli.com/VPcGQ>. A Tabela 1 a seguir enumera os periódicos e anais referentes às publicações encontradas, e as respectivas datas de publicação.

Tabela 1 – Artigos por periódicos e anais de congressos

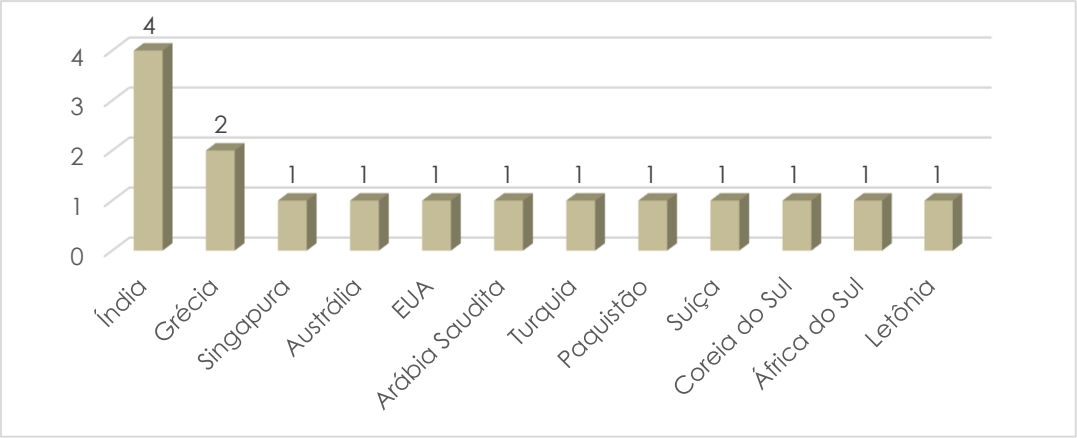
Periódico*	Número de publicações	Ano das publicações
International Group of Lean Construction (IGLC)	6	2015, 2016, 2017, 2018
Springer Nature	2	2018, 2019
International Journal of Chemical Science	2	2016
Automation in Construction	1	2019
Journal Of Civil Engineering And Management	1	2015
Civil Engineering Journal	1	2018
Construction Economics and Building	1	2017
Journal of Asian Architecture and Building Engineering	1	2015
IOP Conference	1	2015

Fonte: autores (2020)

Após rápida análise das características dos artigos obtidos, infere-se que a frequência de estudos se mantém constante ao longo dos últimos cinco anos e que a principal fonte de publicação dos artigos sobre o tema é o *International Group of Lean Construction* (IGLC), congresso internacionalmente reconhecido pelo desenvolvimento de pesquisas e trabalhos voltados ao pensamento enxuto no âmbito da construção civil.

Além disso, nota-se também que os locais de publicação são bastante variados, o que demonstra uma preocupação global com o assunto, como se observa no gráfico da figura 1 a seguir.

Figura 1 – Publicações por países



Fonte: autores (2020)

4.2 *Lean Construction* na produtividade da indústria da construção civil

De um modo geral, as publicações selecionadas conforme os critérios definidos na metodologia buscam demonstrar os efeitos práticos que a adoção de princípios, conceitos e ferramentas *lean* geram às construções civis, em termos de qualidade, produtividade, economia, dentre outros. Alguns com abordagens mais generalistas, como Usmen e Vilnitis (2015), outros com estudos de caso aplicados, com vistas à análise da produtividade em um cenário pós-adoção do pensamento enxuto, como em Zannoti, Maranhão e Aly (2017).

Sahran *et al.* (2017) em seu estudo sobre a implementação da construção enxuta na indústria da construção civil da Arábia Saudita realizaram uma ampla revisão das ferramentas *lean* consagradas, como *Last Planner System*, trabalho padronizado, processo 5S, *Kaizen*, *Kanban*, entre outros e estruturaram oitocentos questionários destinados a vários *stakeholders* da construção árabe para investigar a que ponto as ferramentas e técnicas *lean* estavam sendo empregadas, por meio de perguntas em que os entrevistados deveriam atribuir notas de 1 a 5, a depender do grau de concordância com o item.

Como resultados, os autores constataram que a implementação da construção enxuta estava bem distribuída entre os níveis do processo construtivo, com destaque para os estágios do planejamento, projeto e execução das obras (valores de média maiores do que para operação, manutenção e entrega). Além disso, uma outra questão levantada, chave para o objetivo do presente trabalho, foi a avaliação da percepção dos benefícios que a adoção dos princípios *lean* traz ao processo, em que o quesito "melhoria na produtividade" teve papel de destaque, com 3,88 de nota média dentre os respondentes (SAHRAN *et al*., 2017).

Em estudos similares, Kumar e Ramasamy (2016) e Memon *et al*. (2018) chegaram a resultados semelhantes e coerentes entre si quando propuseram questionários a respeito da percepção das vantagens de se utilizar técnicas *lean* na construção civil indiana e paquistanesa, respectivamente. Ambos os trabalhos apontaram, como um dos resultados, que a melhora na produtividade laboral é fator perceptível quando da aplicação da construção enxuta no canteiro de obras, com base nas médias das respostas obtidas nas entrevistas.

Ajay e Shridhar (2016), por sua vez, propuseram-se a implementar, em um período de

22 dias de trabalho em um canteiro de obras na Índia, o sistema 5S (sensos de: utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina), ferramenta *lean*, e comparar as produtividades de mão de obra com dados coletados antes e após a implementação. Ao longo desta implementação, os autores reuniram as equipes para treinamentos e propuseram, na presença de supervisores, algumas alterações para o fluxo de trabalho, como realizar a seleção dos materiais, ferramentas e equipamentos mais relevantes para as atividades, padrões de atividades para serem repetidos, limpeza regular da obra, rearranjo do almoxarifado para redução de tempo de ciclo, dentre outras.

Como resultado, os autores verificaram que a produtividade da mão de obra aumentou de maneira vertiginosa após os 22 dias de implementação. Para expor os resultados, os autores utilizaram-se de gráficos comparando as quantidades produzidas de cada serviço para uma mesma quantidade de mão de obra antes e após a implementação do sistema 5S. Para reboco interno, por exemplo, com 65 operários, a quantidade produzida saiu de 479,75 m² para 668,25 m², um aumento de 39,29%. Para reboco do forro, com 46 operários, de 385,41, para 475,32, 23,32% de aumento (AJAY; SHRIDHAR, 2016).

Fernandes *et al.* (2015), em seu estudo sobre a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado ao processo de impermeabilização com membrana acrílica em um canteiro de obras de uma construtora brasileira, realizaram um diagnóstico das atividades realizadas no processo e propuseram alterações na sequência destas, baseados no princípio de padronização de trabalho do processo enxuto, em prol da busca por maior produtividade laboral e da implantação da melhoria contínua no processo.

Os autores primeiramente caracterizaram o estágio inicial das atividades, então a equipe de impermeabilização foi acompanhada nos dois turnos para monitoramento dos tempos de execução; em seguida as atividades críticas foram identificadas e a rotina de trabalho de impermeabilização foi padronizada (objetivo do trabalho) e apresentada à equipe por meio de treinamentos (FERNANDES *et al*., 2015).

Como resultados, os autores constataram que, anteriormente à padronização dos processos, a equipe produzia doze apartamentos por mês, com tempo de ciclo de pouco mais de sete dias. Após a implementação da ferramenta *lean* e o rearranjo da sequência das atividades, a produção mensal aumentou para dezesseis apartamentos, um acréscimo de 33,33% em relação ao estágio inicial (FERNANDES *et al*., 2015).

Zanotti, Maranhão e Aly (2017) propuseram uma estratégia para implementação de práticas *lean* em uma obra de infraestrutura de abastecimento de água de 83 quilômetros em seis meses de prazo. Os autores utilizaram métodos de incremento contínuo *kaizen*, com a confecção de um formulário para o registro das atividades e ações tomadas no campo, ao longo dos processos de escavação, assentamento da tubulação, reaterro e compactação do terreno.

Como resultados, os autores confeccionaram gráficos contendo a relação do número de formulários *kaizen* produzidos com a taxa de produtividade laboral em homem-hora por metro (Hh/m) e perceberam uma correlação direta entre ambas as variáveis, aumentando-se a taxa de produtividade (diminuindo-se o índice) a medida em que a quantidade de formulários aumentava (ZANOTTI; MARANHÃO; ALY, 2017).

5 CONCLUSÕES

O objetivo da pesquisa foi alcançado na medida em que os artigos extraídos do procedimento de revisão sistemática da literatura demonstraram, de um modo geral e conforme as particularidades envolvidas em cada estudo, que a influência da adoção de práticas *lean* é positiva, melhorando-se a taxa de produtividade das equipes quando se empregam as mais diversas técnicas de construção enxuta no processo.

A análise dos trabalhos se mostrou importante, principalmente por apontar as tendências que a adoção das ferramentas, princípios e conceitos *lean* no planejamento, controle e execução de obras podem seguir a fim de melhorar seus processos, com vistas à diminuição de desperdícios, de atividades não essenciais, dentre outras medidas.

Essa constatação pode ser percebida tanto nos artigos que empregam questionários e entrevistas semiestruturadas com os mais variados *stakeholders* da construção civil, em diferentes níveis de planejamento, demonstrando-se na percepção dos entrevistados, quanto naqueles artigos em que se verificam, in loco, de que maneira o uso de algumas ferramentas da construção enxuta, como 5S, sistemas *Kanban* e *Kaizen*, melhora a produtividade global.

Como sugestão para trabalhos futuros, podem-se inserir *strings* em português para pesquisas em bases nacionais, a fim de se verificar o estado da arte no Brasil, se ainda incipiente ou em desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FUNCAP pelo apoio financeiro nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AJAY, R.; SRIDHAR, M. B. Incorporation of 5S Methodology in Construction Practices. ***International Journal of Chemistry Science***, 14º, p.127-134, 2016.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. ***Produtividade da Mão de Obra na Execução de Alvenaria*:** Detecção e quantificação de fatores influenciadores. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EPUSP, 2001. 24p.

BREITBACH, A. **Indústria da Construção Civil – a retomada**. *Revista Indicadores Econômicos FEE*, v. 37, n 2, 2009. Disponível em: < http://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/view/2318/2696>. Acesso em: 16 jun. 2019

CHUN, J.; CHO, J. Improvement of Productivity through the Control of Continuity and Variation of Work Flow in Building Space. ***Journal of Asian Architecture and Building Engineering***, n.14, p. 89-96, 2015.

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. ***Administração de produção e operações*:** manufatura e serviços – uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 690p.

FERNANDES, N. B. L. S.; SAGGIN, A. B.; VALENTE, C. P.; BRITO, F. L.; MOURÃO, C. A. M. A. The Standardized Work Tool applied to the Waterproofing Process With Acrylic Membrane. ***Anais...*** International Group of Lean Construction, 23º, p. 133-142, 2015.

HOWELL, G. A. What is Lean Consruction. In: **Anais...** International Group of Lean Construction, 7º, Berkeley, CA, 1999.

KOSKELA, L. ***Application of the new production philosophy to construction***. Stanford, CA: EUA, Center for Integrated Facility Engineering - CIFE, Stanford University (Technical Report No 72). 1992.

KOSKELA, L.; HOWELL, G.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **The foundations of lean construction**.

Design and Construction: Building in Value, 2016.

KUMAR, U. V.; RAMASAMY, G. A critical study of various lean techniques in practice and developing a frameowork for different construction building projects. ***Int. Journal of Chemistry Science***, 14º, p. 175-187, 2016.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na *lean construction*. In: **Anais...** Simpósio de Engenharia de Produção, 13º, Bauru, SP, 2006.

MAIA, A. C.; SOUZA, U. E. L. ***Método para conceber o arranjo físico dos elementos do canteiro de obras de edifícios*:** fase criaiva. São Paulo: EPUSP, 2003.

MEMON, Aftab Hameed et al. Adoptability of Lean Construction Techniques in Pakistan's Construction Industry. ***Civil Engineering Journal***, [s.l.], v. 4, n. 10, p.2328-2337, 30 out. 2018. Italian Journal of Science and Engineering.

PANDEY, P.; AGRAWAL, S.; MAHESWARI, J. U. Optimizing Flow Process Through Syncronization of Cycle Time. In: *International Group of Lean Construcion*, 26º, p. 786-796, 2018.

REIS, C. C. C.; MORO, M. F.; FLORES, S. A.; WEISE, A. D. Construção civil: análise do comportamento da mão de obra e da produtividade na cidade de Santa Maria (RS). ***Revista Científica Hermes***, n. 17, p. 167-183, 2017.

SAHRAN, Jamil Ghazi et al. Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry**. *Construction Economics And Building***, [s.l.], v. 17, n. 1, p.46-69, 31 mar. 2017. University of Technology, Sydney (UTS).

SHINGO, S. ***O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção***. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 282p.

USMEN, M; VILNITIS, M. Evaluation of Safety, Quality and Productivity in Construction. ***Iop Conference Series:*** *Materials Science and Engineering*, [s.l.], v. 96, p.01-11, 2 nov. 2015. IOP Publishing.

ZANOTTI, Nero Lenotti; MARANHÃO, Flávio Leal; ALY, Vitor Levy Castex. Bottom-up Strategy for Lean Construction on Site Implementation. *25th Annual Conference Of The International Group For Lean Construction*, [s.l.], p.325-331, 9 jul. 2017. International Group for Lean Construction.