

## A METODOLOGIA LEAN E A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

### THE LEAN METHODOLOGY AND THE CIVIL CONSTRUCTION INDUSTRY: A SYSTEMATIC REVIEW OF LITERATURE

Tiago Vilela Campos\*E-mail: [tiagovilelacampos@gmail.com](mailto:tiagovilelacampos@gmail.com)

Rogério Cabral de Azevedo\* E-mail: [rogerio@civil.cefetmg.br](mailto:rogerio@civil.cefetmg.br)

\*Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet – MG), Belo Horizonte, MG,

**Resumo:** Na construção civil a metodologia lean, ou construção enxuta, visa maximizar o uso de materiais e aproveitar ao máximo a mão de obra disponível. Esta pesquisa adota o método de revisão sistemática ProKnow-C para identificar as ferramentas, as contribuições e as dificuldades encontradas pela indústria da construção civil no uso da metodologia lean. Tal método visa analisar um portfólio de artigos selecionados de forma a representar o estado da arte sobre o uso do lean na construção civil. A análise do portfólio foi realizada por meio de cinco lentes de pesquisa: as fontes de perda na construção civil, os obstáculos para a implementação da metodologia, as ferramentas utilizadas, as vantagens da implementação da metodologia e a análise quantitativa da melhora que a aplicação do lean gera na indústria da construção civil. Com a análise do portfólio concluiu-se que as fontes de perdas mais presentes são: retrabalho, execuções ineficientes e períodos de espera. Como barreiras para a aplicação da metodologia tem-se a falta de conhecimento do corpo técnico e a baixa comunicação entre as equipes. Dentre as ferramentas apresentadas as mais aplicadas são: sistema de gestão de qualidade total e adoção de sistemas de gestão visual. A adoção de tais ferramentas gera como vantagem da aplicação da metodologia o aumento da eficiência produtiva. Percebe-se também, a ausência de trabalhos científicos que retratem quantitativamente a melhora que a aplicação das ferramentas da metodologia lean trazem ao canteiro de obras, o que se apresenta como uma futura oportunidade de pesquisa.

**Palavras-chave:** Lean; Construção Enxuta; *Lean Construction*; Gestão de Resíduos e Insumos.

**Abstract:** In civil construction lean methodology, or lean construction, aims to maximize the use of materials and make the most of available manpower. This research adopts the ProKnow-C systemic revision method in order to identify the tools, contributions and difficulties encountered by the construction industry in the use of lean methodology. Such method analyzes a portfolio of articles that represent the state of the art on the use of lean by civil construction. The portfolio analysis was carried out through five research lenses: the sources of waste in construction, the obstacles in order to the implementation of the methodology, the tools used, the advantages of implementing the methodology and the quantitative analysis of the improvement that the application of the lean manufacturing carry out in the construction industry. Through the analysis of the portfolio it was concluded that the most present sources of losses are: rework, inefficient executions and waiting periods. The main barriers to the application of the methodology are: lack of knowledge of the technical staff and the absence of communication between the teams. Among the tools presented the most applied are: total quality management system and adoption of visual management systems and the advantage of applying the methodology is the increase of productive efficiency. It is also noticed the absence of scientific works that quantitatively portray the improvement that the application of the tools of the lean methodology brings to the construction site, which shows an opportunity of future research.

**Keywords:** Lean; Lean Construction; Waste Management.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável considera o uso eficiente dos recursos para alcançar lucros operacionais e maximizar o valor de mercado, por meio de substituição de recursos naturais por produtos mais eficientes, respeitando o bem estar social e sem degradar a capacidade de recuperação dos ecossistemas (OLAWUMI; CHAN, 2018). Nas últimas três décadas, ouve uma crescente pressão não somente para a melhora na qualidade, produtividade, eficiência e efetividade, mas para que a indústria da construção civil se desenvolva de maneira sustentável (SAIEG *et al.*, 2018).

Dentre os desafios para a sustentabilidade do setor de construção, encontram-se: desperdício nos processos e excesso de produção de resíduos, excesso de confiança nos recursos, alto uso de energia, emissões de carbono, projetos mal desenvolvidos e baixa produtividade (AHUJA *et al.*, 2017). Além disso, processos administrativos ineficientes, apesar de raramente serem vistos como um fator de significância para a produtividade, podem influenciar diretamente na produção e normalmente são a primeira causa de atrasos durante a construção (BELAYUTHAM *et al.*, 2016). Nesse contexto de baixa eficiência industrial, a metodologia *lean*, se apresenta como uma metodologia de gestão para auxiliar no desenvolvimento de processos mais eficientes e sustentáveis.

Na construção civil a metodologia *lean*, ou construção enxuta, ou ainda, *lean construction*, visa minimizar o uso de materiais e aproveitar ao máximo a mão de obra disponível, evitando a produção de resíduos e a execução de atividades que não agregam ao valor ao produto. Sua aplicação tem garantido redução dos resíduos gerados, redução nos atrasos de obras, aumento na performance dos projetos por meio de práticas de planejamento, aumento da satisfação dos clientes e redução nos riscos construtivos (NIKAKHTAR *et al.*, 2015).

Esta pesquisa tem como objetivos identificar e caracterizar as diferentes ferramentas do *lean construction* implementadas na indústria da construção, seus desafios e os benefícios que estas podem trazer. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, busca-se alcançar esses objetivos respondendo as seguintes perguntas:

- Quais as fontes de perdas encontradas na indústria da construção civil que poderiam ser reduzidas ou eliminadas com a aplicação do *lean*?
- Quais as ferramentas do *lean* aplicadas na indústria da construção civil e identificadas nos artigos que apresentam o estado da arte sobre o tema?
- Quais são as dificuldades encontradas para a aplicação do *lean* na construção civil?
- Quais os benefícios obtidos por meio da aplicação de ferramentas da metodologia *lean* na construção civil?

A avaliação do cenário atual de pesquisas sobre o uso da metodologia *lean* na indústria da construção civil visa expor as informações existentes sobre a aplicação desta metodologia que são importantes para identificar os seus gargalos, as ferramentas mais utilizadas e as vantagens obtidas. A análise das informações obtidas pode evidenciar lacunas de pesquisa sobre o tema que possam subsidiar novos trabalhos sobre a forma de aplicação da metodologia *lean* na construção civil e gerar novas contribuições ao meio acadêmico.

## 2 MÉTODO

A execução de uma revisão bibliográfica tradicional representaria uma percepção subjetiva sobre o *lean construction* realizada por um especialista usando um grupo seletivo de estudos para apoiar sua conclusão. Com o intuito de produzir um estudo científico imparcial e obter-se o estado da arte sobre a metodologia do *lean construction* optou-se por realizar uma revisão sistemática. Por meio da revisão sistemática consideram-se todos os estudos publicados sobre uma determinada questão e as conclusões são tiradas com base nas evidências disponíveis, sendo assim, uma visão completa sobre o tema pode ser apresentada (GREEN, 2005).

Dentre os vários métodos de revisão sistemática existentes optou-se por adotar o método: ProKnow-C (Knowledge Development Process – Constructivist), desenvolvido pelo Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão da Universidade Federal de Santa Catarina (LabMCDA/UFSC) e adotado por diversos pesquisadores (AFONSO et al., 2012; ANSAH; SOROOSHIAN, 2017; DOS

SANTOS; AZEVEDO, 2018; DUTRA et al., 2015; ENSSLIN et al., 2015; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012; SALLES et al., 2017) .

O ProKnow-C pode ser dividido em três etapas: seleção do portfólio, bibliometria e análise sistemática. A primeira etapa, a seleção do portfólio, baseia-se em uma série de passos reproduzíveis para a coleta e seleção de artigos que resultará em um portfólio contendo os artigos que melhor representam o estado da arte sobre o tema.

Os passos desta etapa são os seguintes: (i) definição das palavras-chave que definem o tema de pesquisa; (ii) definição das bases de dados onde a busca será realizada; (iii) teste de aderência das palavras-chave usadas; (iv) verificação de existência de novas palavras-chave; (v) exclusão de artigos duplicados; (vi) seleção dos artigos pela verificação do alinhamento do título com o tema de pesquisa (exclusão de artigos não alinhados); (vii) seleção dos artigos pelo reconhecimento científico dado pela quantidade de citações; (viii) seleção dos artigos pela verificação do alinhamento do resumo com o tema de pesquisa (exclusão dos artigos não alinhados); (ix) busca por artigos não selecionados pelo reconhecimento científico, recentes (publicados nos dois últimos anos) ou de autores já selecionados; e (x) seleção dos artigos pelo alinhamento do texto completo com o tema de pesquisa.

A próxima etapa, a análise bibliométrica, analisa a relevância científica do portfólio. Tal relevância é obtida por meio da contagem de citações e da qualificação (CAPES, JCR, etc) do periódico onde o artigo foi publicado. Na última etapa do ProKnow-C é realizada a análise sistemática dos artigos (AFONSO *et al.*, 2012; AZEVEDO *et al.*, 2014; DE CARVALHO *et al.*, 2017; GARZA-REYES, 2015).

A escolha do ProKnow-C foi feita com o intuito de apresentar o estado da arte do conteúdo dos artigos selecionados de maneira sistêmica e reproduzível, a fim de evitar linhas de tendência nos materiais obtidos como base da pesquisa.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

Adotando-se uma abordagem conservadora, foram determinadas como palavras chave: “*lean construction*” apenas. Para a realização da pesquisa foram selecionadas três bases de dados: Science Direct, Scopus e Compendex, visto que as três apresentam acervos de periódicos com relevância significativa na área de

construção civil e apresentaram o maior retorno em termos de quantidade de artigos com o uso do termo de busca “*lean construction*”.

Seguindo os passos propostos pelo método, a partir da identificação de dois artigos totalmente alinhados com o tema de pesquisa, foi feito o teste de aderência das palavras-chave utilizadas na pesquisa. O teste não evidenciou a necessidade de inclusão de novas palavras chave. Após esta comprovação realizou-se a filtragem dos conteúdos por data de publicação. Foram selecionados artigos publicados por periódicos após 2008. Com tais filtros foram obtidos na base de dados Science Direct 131 artigos, na base de dados Scopus 718 artigos e na base de dados Compendex 714 artigos, totalizando assim 1563 títulos.

Após a seleção dos artigos, as informações dos mesmos foram transferidas para o software Mendeley (software de gerenciamento de referências). Com o auxílio do Mendeley realizou-se a busca por artigos duplicados. Esta busca identificou 194 artigos duplicados que foram excluídos do portfólio, passando este a contar com 1161 artigos. Após este passo, os artigos foram analisados quanto ao alinhamento de seu título com o tema de pesquisa, o que resultou na seleção de 106 artigos, não duplicados, com o título alinhado ao tema de pesquisa.

O próximo passo da etapa de seleção de artigos do método ProKnow-C é a seleção pelo reconhecimento científico. No entanto, dada a quantidade de artigos do portfólio (106 artigos), os autores optaram por não executar este passo e aplicar o passo seguinte (seleção pelo alinhamento do resumo do artigo) a todos os 106 artigos do portfólio. Esta opção resultou na classificação dos 106 artigos segundo sua abordagem em relação ao tema, a saber: (i) oito artigos que retratavam a aplicação do *lean construction* em outras estruturas que não residenciais, (ii) seis artigos com a aplicação da metodologia em projetos, (iii) trinta e seis artigos revisando o uso de algumas ferramentas específicas do *lean construction*, (iv) quarenta e dois artigos sobre os mais diversos temas dentro do contexto da metodologia *lean* e (v) quatorze artigos sobre a aplicação da metodologia do *lean construction* voltada para edificações residenciais ou comerciais.

A leitura do texto integral dos 14 artigos selecionados para o portfólio confirmou a aderência total dos mesmos ao tema e objetivos da pesquisa. Como o passo de filtragem pelo reconhecimento científico dos artigos (dada pela quantidade

de citações obtidas pelos artigos) não foi executada, não foi necessária a avaliação dos artigos recentes (e conseqüentemente, pouco citados), uma vez que todos os artigos foram avaliados. Os artigos, seus respectivos autores e periódicos são apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1** - Artigos selecionados para o portfólio final em ordem alfabética

ARTIGOS	CITAÇÕES
Abhiram, P., Asadi, S. S., & Prasad, A. V. S. (2016). Implementation of Lean methodology in Indian construction. <i>International Journal of Civil Engineering and Technology</i> , 7(6), 641–649.	8
Al-Aomar, R. (2012). Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. <i>Lean Construction Journal</i> , 2012, 105–121.	33
Alinaitwe, H. M. (2009). Prioritising Lean Construction Barriers in Uganda's Construction Industry. <i>Journal of Construction in Developing Countries</i> , 14(1), 15–30. <a href="https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-1237(11)80008-0">https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0377-1237(11)80008-0</a>	76
Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. <i>Journal of Engineering, Design and Technology</i> , 16(4), 533–556. <a href="https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031">https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031</a>	2
Belayutham, S., González, V. A., & Yiu, T. W. (2016). Clean-Lean Administrative Processes: A Case Study on Sediment Pollution during Construction. <i>Journal of Cleaner Production</i> , 126, 134–147. <a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.091">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.091</a>	9
Costa Neto, E. N., Sartori Filho, H., Santiago, M. V., Santos, P. R., Santana, P. L., & Silva, R. B. (2015). Avaliação da utilização dos princípios da construção enxuta em duas empresas do setor da construção civil no município de Rondonópolis -. <i>Espacios</i> , 36(19), 11–28.	-
Dixit, S., Mandal, S. N., Sawhney, A., & Singh, S. (2017). Area of linkage between lean construction and sustainability in indian construction industry. <i>International Journal of Civil Engineering and Technology</i> , 8(8), 623–636. Retrieved from <a href="https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028312536&amp;partnerID=40&amp;md5=de36c5d06517689354290494ebf01074">https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028312536&amp;partnerID=40&amp;md5=de36c5d06517689354290494ebf01074</a>	11
Li, S., Wu, X., Zhou, Y., & Liu, X. (2017). A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 71, 846–851. <a href="https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112">https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112</a>	14
Marhani, M. A., Bari, N. A. A., Ahmad, K., & Jaapar, A. (2018). The implementation of lean construction tools in Malaysia. <i>Chemical Engineering Transactions</i> , 63, 289–294. <a href="https://doi.org/10.3303/CET1863049">https://doi.org/10.3303/CET1863049</a>	-
Nowotarski, P., Paślowski, J., & Matyja, J. (2016). Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies – Cost Case Study. <i>Procedia Engineering</i> , 161, 1037–1042. <a href="https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.845">https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.845</a>	9
Ogunbiyi, O., Oladapo, A., & Goulding, J. (2013). An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. <i>Construction Innovation</i> , 14(1), 88–107. <a href="https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045">https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045</a>	59
Ruppenthal, J. E. (2016). Experiências sobre a implementação da filosofia lean em uma obra de condomínio horizontal de interesse social em Santa Maria - RS. <i>Revista Espacios</i> , 36(16), 4.	3
Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., & Karim, A. (2017). Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. <i>Construction Economics and Building</i> , 17(1), 46–69. <a href="https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098">https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098</a>	14
Small, E. P., Hamouri, K. Al, & Hamouri, H. Al. (2017). Examination of Opportunities for Integration of Lean Principles in Construction in Dubai. <i>Procedia Engineering</i> , 196, 616–621. <a href="https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.049">https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.049</a>	1

**Fonte:** O autor.

### 3.1 Bibliometria

Para ressaltar a relevância acadêmica do portfólio de artigos selecionados, os mesmos foram avaliados por diversos índices de relevância, tais como H5 do google acadêmico, CAPES e SJR, e quantidade de citações dos artigos. Os índices de relevância são apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2** – Classificação de qualidade dos periódicos que compõe o portfólio de artigos

PERIÓDICOS	QTD ARTIGOS	CAPES	H5	JCR	SJR
<i>International Journal of Civil Eng. and Technology</i>	2	-		9.7820	-
<i>Lean Construction Journal</i>	1	B3		-	0.204
<i>Journal of Construction in developing Countries</i>	1	-		-	-
<i>Journal of Engineering, Design and Technology</i>	1	B3	12	-	0.212
<i>Journal of Cleaner Production</i>	1	A1	117	-	1.467
Revista Espacios	2	B4	2	-	-
<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	1	A1	161	-	3.036
<i>Chemical Engineering Transactions</i>	1	B2	10	-	0.293
<i>Procedia Engineering</i>	2	A1	50	-	0.282
<i>Construction Innovation</i>	1	-	17	-	0.498
<i>Construction Economics and Building</i>	1	-	14	-	0.379

Fonte: O autor.

Dentre os artigos analisados pode-se identificar estudos com os mais diversos objetivos relacionados à construção enxuta. S. Li, Wu, Zhou, & Liu (2017) analisaram como o *lean construction* é implementado em duas empresas chinesas e quais são os fatores que contribuem para a pouca implementação do método no país. Small, Hamouri, & Hamouri (2017) analisaram os esforços e as barreiras para a aplicação do *lean* nas atividades construtivas no Oriente Médio, focando especificamente nos mercados dos Emirados Árabes Unidos. Abhiram, Asadi, & Prasad (2016) buscaram identificar os principais fatores geradores de resíduos e fontes de desperdício na indústria da construção civil na Índia, bem como propuseram medidas de mitigação necessárias. Também na Índia, Dixit et al. (2017) estudaram a área de ligação entre a construção enxuta (*lean construction*) e a sustentabilidade na indústria de construção e classificaram as ferramentas

identificadas no *lean construction*, com base na sua aplicação para projetos de construção. M.S. Bajjou & Chafi (2018) buscaram explorar qual o nível atual de conhecimento das ferramentas de construção enxuta entre os profissionais da construção civil marroquinos para avaliar os benefícios potenciais derivados dessas práticas, além de identificar as principais barreiras que impedem uma implementação bem sucedida da metodologia no país.

Ogunbiyi et al. (2013) buscaram explorar por meio da análise do estado da arte e de questionários a contribuição da implementação do *lean construction* para construções sustentáveis no Reino Unido. Belayutham et al. (2016) aplicaram a metodologia *lean* nos processos administrativos de empresas de construção civil na Malásia com o intuito de avaliar quais as melhorias seriam obtidas em tais processos devido à redução nas atividades administrativas que não agregavam valor ao produto. Ainda na Malásia, Marhani et al. (2018) investigaram a aplicabilidade de ferramentas de *lean construction* e suas implicações para a qualidade de um produto de construção. Sarhan et al. (2017) investigaram o estado atual da implementação da construção enxuta na indústria da construção na Arábia Saudita identificando os tipos de perdas existentes na construção, o nível de utilização de ferramentas que suportam a implementação da construção enxuta, os estágios de aplicação da metodologia *lean* e os benefícios do *lean construction*. Al-Aomar (2012) analisou as atuais práticas de construção enxuta presentes nas empresas de construção de Abu Dhabi e desenvolveu uma estrutura prática para a adoção de técnicas de construção enxuta, medindo o desempenho por meio dessa metodologia.

Os artigos selecionados foram analisados com o objetivo de identificar quais as ferramentas do *lean construction* são mencionadas em cada um deles, os benefícios associados à sua implementação e as dificuldades encontradas para tal aplicação. A revisão de todos os artigos e a análise sistemática de seus conteúdos resultou em dados qualitativos sobre as diversas aplicações do *lean* em obras residenciais ou comerciais em diversos países. Os resultados são apresentados usando textos, tabelas e gráficos para facilitar a visualização.

### 3.2 Lentes de pesquisa

Para a avaliação dos artigos conforme o método ProKnow-C, foram estabelecidas cinco lentes teóricas para a avaliação. Sendo assim, observam-se as seguintes lentes teóricas de avaliação do tema: (i) as fontes de perda na construção civil; (ii) os obstáculos para a implementação da metodologia; (iii) as ferramentas utilizadas; (iv) as vantagens da implementação da metodologia; e (v) análise quantitativa da melhora que a aplicação do *lean* gera na indústria da construção civil.

## 3 RESULTADOS

A primeira lente de pesquisa explicita quais as fontes de perda mais presentes na construção civil de acordo com o portfólio avaliado e é apresentada na Tabela 1. Dentre os quatorze artigos apenas três artigos Abhiram et al. (2016), Al-Aomar (2012) e Sarhan et al. (2017) retrataram as fontes de perdas na construção civil. As fontes observadas pelos autores foram: perdas de prazos, longos processos de aprovação, atraso para início das atividades, trabalhos de reparação, repartição de equipamentos, períodos de espera de materiais e mão de obra, longo tempo de transportes, defeitos nos trabalhos, materiais danificados, interrupção de trabalhos, retrabalhos, necessidade de esclarecimento de projetos, erros em projetos, erros de execução, movimentos excessivos para o trabalho, manuseio excessivo de materiais, reverificação de trabalhos, medidas de segurança excessivas, trabalhos ineficientes, tempo de treinamento excessivo, supervisão excessiva, trabalhos incompletos, excesso de estoque, uso excessivo de equipamentos, extravio de materiais, uso excessivo de espaço, recursos superqualificados, problemas no fluxo de caixa e erros de planejamento.

**Tabela 1** – Fontes de perdas na construção civil de acordo com portfólio

Fontes de perdas	Al-Aomar (2012)	Abhiram et al. (2016)	Sarhan et al. (2017)
Períodos de espera de materiais / mão de obra	X	X	X
Retrabalhos	X	X	X
Trabalhos Ineficientes	X	X	X
Interrupção de trabalhos	X	X	
Defeitos nos trabalhos	X		X
Excesso de estoque	X		X
Longo tempo de transporte	X		X
Movimentos excessivos para o trabalho	X		X
Atraso para início das atividades	X		
Erros de execução	X		
Erros em projetos	X		
Longos processos de aprovação	X		
Manuseio excessivo de materiais	X		
Materiais danificados	X		
Medidas de segurança Excessivas	X		
Necessidade de esclarecimento de projetos	X		
Perda de prazos	X		
Recursos Superqualificados	X		
Repartição de Equipamentos	X		
Reverificação de trabalhos	X		
Roubo	X		
Supervisão Excessiva	X		
Tempo de treinamento excessivo	X		
Trabalhos de reparação	X		
Trabalhos incompletos	X		
Uso excessivo de equipamentos	X		
Uso excessivo de espaço	X		
Erros nos planejamentos		X	
Furo no fluxo de Caixa		X	

**Fonte:** O autor.

Apesar de serem apresentados inúmeras fontes de perdas nos artigos de Abhiram et al. (2016), Al-Aomar (2012) e Sarhan et al. (2017), percebe-se que nos três estudos há a recorrência de três fontes de perdas: (i) longos períodos de espera tanto da mão de obra quanto de materiais; (ii) execução de trabalhos ineficientes e; (iii) a necessidade de retrabalhos. Tais fontes de perda são oriundas de diferentes pontos de ineficiência produtiva. O item (i) pode ser enquadrado de acordo com Formoso *et al.* (1997), como perda por: espera, transporte e movimento. Estas perdas estão vinculadas às atividades que não agregam valor ao produto. Por outro

lado, as perdas descritas em (ii) e (iii) podem ser classificadas como perdas por processamento ou pela produção de produtos defeituosos. Tais perdas têm origem na execução de processos fora do padrão proposto pelos procedimentos operacionais (FORMOSO et al., 1997). A aplicação das ferramentas da metodologia *lean* aparece nesse contexto como uma forma de auxiliar a redução de tais perdas. Porém existe uma série de dificuldades e barreiras que podem comprometer a aplicação de tais ferramentas. Essas barreiras representam a segunda lente de pesquisa observada nos artigos e são apresentadas na Tabela 2.

De acordo com Alinaitwe (2009), Bajjou & Chafi (2018), Li et al. (2017) e Small et al. (2017), são barreiras para a implementação do *lean*: a falta de conhecimentos da metodologia por parte da gerencia e equipe, ausência de acesso à informação quando necessárias, falta de infraestrutura em transporte e comunicação, baixa comunicação entre equipes, cadeia de suprimentos ineficiente, instabilidade dos custos, metas diferenciadas entre as equipes, ausência de projetos detalhados, ausência de gestão participativa entre as equipes, planejamento ineficiente, falta de comprometimento da alta direção, falta de recursos financeiros e resistência às mudanças por parte da equipe.

**Tabela 2** – Barreiras para a implementação do *lean* segundo o portfólio

<i>Barreiras para a implementação do lean</i>	Alinaitwe (2009)	Li et al. (2017)	Small et al. (2017)	Bajjou & Chafi, (2018)
Baixa comunicação entre equipes	x	x	x	
Falta de conhecimento da metodologia por parte da gerência e equipe		x	x	x
Cadeia de Suprimentos ineficiente	x	x		
Falta de infraestrutura em transporte e comunicação	x	x		
Ausência de Projetos Detalhados	x		x	
Instabilidade dos custos	x		x	
Planejamento Ineficiente	x			x
Ausência de acesso à informação quando necessárias	x			
Ausência de Gestão Participativa entre as Equipes	x			
Metas diferenciadas entre as equipes	x			
Falta de comprometimento da alta direção				x
Falta de recursos financeiros				x
Resistência às mudanças por parte da equipe				x

**Fonte:** O autor

Observa-se que dentre os quatorze artigos que compõem o portfólio 4 retratam as barreiras encontradas para a aplicação de ferramentas da metodologia *lean*. Dentre tais artigos, observa-se uma diferença entre o número de barreiras elencadas: nove para Alinaitwe (2009), cinco para Bajjou & Chafi (2018), quatro para Li et al. (2017) e por fim quatro em Small et al. (2017). Ressalta-se que dentre tais barreiras, as mais citadas entre os quatro artigos são: a baixa comunicação entre as equipes e a falta de conhecimento da metodologia *lean* por parte da gerência e equipe.

De acordo com o apresentado nos artigos de Alinaitwe (2009), Li et al. (2017) e Small et al. (2017), a baixa comunicação entre as equipes é uma barreira derivada de cadeias produtivas onde há uma hierarquia verticalizada, ou seja, os trabalhadores tem uma função limitada e não possuem autonomia de comunicação com outros setores, ficando limitados a realizar apenas suas funções operacionais. Por outro lado, Bajjou & Chafi (2018), Li et al. (2017) e Small et al. (2017) apresentam a falta de conhecimento da metodologia *lean* por parte da gerência e equipe como barreira para implementação de ferramentas *lean* e justificam isso pela falta de sistemas de capacitação e treinamento das equipes. Observa-se que tais barreiras poderiam ser mitigadas por meio de treinamentos sobre o uso de ferramentas da metodologia *lean* e por modificações nos sistemas hierárquicos das empresas.

A análise do portfólio por meio da terceira lente de pesquisa apresenta as ferramentas *lean* utilizadas nos estudos. Tais ferramentas são apresentadas na Tabela 3, bem como os artigos que as referenciaram. O levantamento das ferramentas *lean* é evidenciado em nove artigos do portfólio, apresentando ferramentas que atuam dentre as mais variadas etapas do processo construtivo, desde a fase de desenvolvimento do projeto até a entrega e uso do empreendimento. No portfólio há registro da aplicação das seguintes ferramentas *lean*: mapeamento do fluxo de valor, just in time, 5 s, 6 s, padronização de procedimentos, sistema de qualidade total, cross training, recursos visuais, trabalho em equipe, design enxuto, cadeia de suprimentos racionalizada, pequenos pacotes de trabalho, planejamento futuro, programação de trabalho em equipe/conferências

gerenciais (last planner system), engenharia concorrente, seis sigma, manutenção preventiva, BIM/ferramentas digitais e pré fabricação.

**Tabela 3** – Ferramentas *lean* apresentadas no portfólio

<b>Ferramentas lean para melhora do processo construtivo</b>	<b>Al-Aomar (2012)</b>	<b>Ogunbiyi et al. (2013)</b>	<b>Li et al. (2017)</b>	<b>Abhiram et al., (2016)</b>	<b>Dixit et al. (2017)</b>	<b>Sarhan et al. (2017)</b>	<b>Small et al. (2017)</b>	<b>Marhani et al. (2018)</b>	<b>Bajjou &amp; Chafi (2018)</b>
Sistema de Qualidade Total	x	x	x	x		x	x	x	x
Programação de trabalho em equipe/ Conferencias Gerenciais (Last Planner System)	x	x	x		x	x	x	x	
Recursos Visuais	x	x	x		x	x		x	x
5 S	x		x			x		x	
Just in Time	x	x	x			x			
Padronização de procedimentos	x			x				x	x
Engenharia Concorrente			x			x		x	
Mapeamento do fluxo de Valor	x	x							x
Trabalho em Equipe	x						x	x	
BIM / Ferramentas Digitais						x		x	
Cadeia de suprimentos racionalizada	x							x	
Design Enxuto	x					x			
Pequenos Pacotes de Trabalho	x			x					
Pré fabricação						x			x
Seis sigma					x	x			
6 S			x						
Cross training	x								
Manutenção Preventiva						x			
Planejamento Futuro	x								

**Fonte:** O autor.

Observa-se que o número de ferramentas adotadas é grande e disperso nas mais diversas etapas de controle e gestão. Algumas das ferramentas apresentadas são adequadas à fase de projeto do empreendimento, enquanto outras, mais

adequadas ao dia a dia do canteiro de obras, o que corrobora a grande versatilidade da aplicação do *lean* na construção civil.

As ferramentas *lean* mais citadas no portfólio de artigos são: (i) adoção de sistema de qualidade total; (ii) uso de recursos visuais; (iii) aplicação de programação de trabalho em equipe (*last planner system*); (iv) padronização dos processos; (v) just in time e; (vi) 5 s. O uso de tais ferramentas pode propiciar uma série de vantagens à indústria da construção civil.

A quarta lente de pesquisa aplicada ao portfólio visa identificar as vantagens da aplicação do *lean* na indústria da Construção Civil e é apresentada na Tabela 4. A análise dos artigos de Alinaitwe (2009), Dixit et al. (2017), Ogunbiyi et al. (2013) e Sarhan et al. (2017) evidenciou as seguintes vantagens: canteiro de obra organizado, existência de projetos detalhados, sistema de gerenciamento participativo entre as equipes, padronização dos processos, qualificação da mão de obra, comunicação eficiente entre as equipes, compreensão das necessidades do cliente, melhora na imagem corporativa, aumento da produtividade, redução do desperdício, redução no consumo de energia, redução dos custos, eliminação das atividades que não geram valor agregado, aumento na segurança do canteiro de obras, aumento na qualidade do produto e aumento na satisfação dos envolvidos no processo construtivo e na cadeia de suprimentos.

Todas essas vantagens podem ser agrupadas como formas de aumento da eficiência do processo produtivo. Em um mercado tão competitivo como o de hoje e com necessidades cada vez maiores de construções sustentáveis, a execução de empreendimentos eficientes agrega valor ao produto e atende às necessidades do mercado. Além disso, a consequência do aumento da eficiência no processo construtivo gera a possibilidade de maiores ganhos comerciais, seja por aumento do valor agregado do produto, seja por redução nos custos produtivos.

**Tabela 4** – Vantagens na adoção das ferramentas do *lean* na construção civil

<b>Vantagens na adoção das ferramentas da metodologia lean</b>	<b>Alinaitwe (2009)</b>	<b>Ogunbiyi et al. (2013)</b>	<b>Dixit et al. (2017)</b>	<b>Sarhan et al. (2017)</b>
Comunicação eficiente entre as equipes	x	x		
Sistema de gerenciamento participativo entre as equipes	x	x		
Redução Consumo de Energia		x	x	
Redução de Desperdício		x	x	
Aumento na segurança nos canteiros de obras			x	x
Compreensão das necessidades dos clientes	x			x
Aumento da produtividade		x		x
Canteiro de obras organizado	x			
Existência de projetos detalhados	x			
Padronização dos processos	x			
Qualificação de mão de obra	x			
Melhora da imagem Corporativa		x		
Redução nos custos		x		
Eliminação das atividade que não geram valor agregado			x	
Aumento na qualidade do produto				x
Aumento na satisfação dos envolvidos no processo construtivo e na cadeia de suprimentos				x

**Fonte:** O autor.

Na quinta lente de pesquisa observa-se a carência de estudos que quantifiquem os ganhos obtidos com a aplicação de ferramentas *lean*, seja em termos de produtividade ou em relação ao consumo de insumos na construção civil. Tal fato gera oportunidade para o desenvolvimento de pesquisas que possam avaliar a aplicação das ferramentas do *lean construction* de maneira quantitativa, sob óticas de índices de produtividade, consumo de insumos e resíduos, dentre outras. Dessa forma, poder-se-ia realizar uma avaliação mensurável das vantagens reais da aplicação de ferramentas do *lean construction*.

#### 4 CONCLUSÃO

A análise sistemática realizada sobre o portfólio de artigos selecionados permitiu identificar e analisar as diferentes ferramentas *lean* implementadas na indústria da construção e seus benefícios na agenda de sustentabilidade. Aplicando-se cinco lentes de pesquisa: apresentação das fontes de perdas na construção civil,

apresentação das barreiras para aplicação do *lean*, ferramentas da metodologia *lean* aplicadas na indústria da construção, as vantagens da aplicação de tal metodologia e o estudo quantitativo da aplicação da metodologia pode-se desenvolver a análise do estado da arte sobre o tema.

A aplicação das cinco lentes de pesquisa permitiu explicitar os seguintes fatos:

- As fontes de perdas presentes concorrentemente nos três artigos do portfólio que tratam de tal questão são: retrabalho, execuções ineficientes e períodos de espera por materiais ou mão de obra. Observa-se na Tabela 1 que das oito fontes de perda mais citadas nos artigos, quatro delas são maneiras diferentes de explicitar que as perdas têm origem em trabalhos mal executados e quatro são oriundas de falhas no planejamento dos ciclos produtivos.
- Na Tabela 2, observou-se que são inúmeras as barreiras para a aplicação das ferramentas da metodologia *lean* na construção civil. Cada um dos autores ressaltou as dificuldades de aplicação das ferramentas de acordo com o ambiente e o contexto em que estavam inseridos. Dessa maneira, a avaliação do grau de intensidade com que cada barreira afeta a adoção das ferramentas *lean construction* apresenta-se como oportunidade para uma pesquisa futura.
- Dentre as ferramentas apresentadas as mais citadas no portfólio de artigos são: sistema de gestão de qualidade total, adoção de sistemas de gestão visual, programação de trabalho em equipes por meio de reuniões gerenciais (last system planner), just in time e 5 s;
- Dentre as vantagens da aplicação da metodologia podem ser citadas: o aumento da eficiência produtiva, sendo por meio de menor desperdício ou por meio do aumento no valor agregado do produto;
- Ausência de trabalhos científicos que retratem quantitativamente em termos de índices de produtividade, consumo de insumos e geração de resíduos a melhora que a aplicação das ferramentas da metodologia *lean* podem trazer ao canteiro de obras, o que se apresenta como uma oportunidade de pesquisa futura para sanar essa ausência.

Além disso, este estudo permitiu identificar evidências de que as ferramentas *lean* implementadas na indústria da construção civil procuram lidar com a melhora na relação entre o custo e tempo além de aumentar a qualidade dos projetos de construção.

Não obstante, o estudo permite associar as ferramentas da metodologia *lean* com potenciais contribuições para a redução de problemas construtivos dos empreendimentos, auxiliando na mitigação dos impactos adversos que tais problemas geram à indústria da construção civil. Sendo assim, recomenda-se que mais pesquisas sejam realizadas para avaliar quais as vantagens reais que a aplicação de tal metodologia agrega aos empreendimentos.

## REFERÊNCIAS

ABHIRAM, P.; ASADI, S.S.; PRASAD, A.V.S. Implementation of lean methodology in Indian construction. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 7, n. 6, p. 641–649, 2016.

AFONSO, Michele Hartmann Feyh; SOUZA, Juliane Vieira De; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa: aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 47–62, 2012.  
<https://doi.org/10.5773/rgsa.v5i2.424>. Disponível em:  
<http://www.revistargsa.org/ojs/index.php/rgsa/article/view/424>

AHUJA, Ritu; SAWHNEY, Anil; ARIF, Mohammed. Driving lean and green project outcomes using BIM: A qualitative comparative analysis. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 6, n. 1, p. 69–80, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.10.006>.  
Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016300991>

AL-AOMAR, R. Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry. **Lean Construction Journal**, v. 2012, p. 105–121, 2012.

ALINAITWE, Henry Mwanaki. Prioritising lean construction barriers in Uganda's Construction Industry. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 14, n. 1, p. 15–30, 2009.  
Disponível em: [http://web.usm.my/jcdc/vol14\\_1\\_2009/2\\_Henry\\_\(p.15-30\).pdf](http://web.usm.my/jcdc/vol14_1_2009/2_Henry_(p.15-30).pdf).

ANSAH, R.H.; SOROOSHIAN, S. Effect of lean tools to control external environment risks of construction projects. **Sustainable Cities and Society**, v. 32, p. 348–356, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.03.027>

AZEVEDO, Rogério Cabral De; ENSSLIN, Leonardo; JUNGLES, Antônio Edésio. A review of risk management in construction: opportunities for improvement. **Modern Economy**, v. 5, p. 367–383, 2014. <https://doi.org/10.4236/me.2014.54036>

BAJJOU, M.S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533–556, 2018. <https://doi.org/10.1063/1.5032018>

BELAYUTHAM, Sheila; GONZÁLEZ, Vicente A.; YIU, Tak Wing. Clean-lean administrative processes: a case study on sediment pollution during construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 126, p. 134–147, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.091>

DE CARVALHO, A.C.V.; GRANJA, A.D.; DA SILVA, V.G. A systematic literature review on integrative lean and sustainability synergies over a building's lifecycle. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 7, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9071156>

DIXIT, S; MANDAL, S N; SAWHNEY, A; SINGH, S. Area of linkage between lean construction and sustainability in indian construction industry. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 8, p. 623–636, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85028312536&partnerID=40&md5=de36c5d06517689354290494ebf01074>.

DOS SANTOS, C. M; AZEVEDO, Rogério Cabral. Selection and Analysis of Bibliographical Research Set of Disaster Risk Assessment Using ProKnow-C. v. 7, n. 82, p. 64–70, 2018.

DUTRA, Ademar; RIPOLL, Vicente M; ENSSLIN, Sandra; FILLOL, Arturo Giner; ENSSLIN, Leonardo. The construction of knowledge from the scientific literature about the theme seaport performance evaluation. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, n. 2, p. 243–269, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2014-0015>

ENSSLIN, Leonardo; ENSSLIN, Sandra Rolim. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, p. 59–78, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000100005>

ENSSLIN, Leonardo; GRAZIANO, Luiz Antonio Giardino; DUTRA, Ademar; DEZEM, Vinicius. Construção de Conhecimento sobre o Tema Avaliação de Desempenho da Comunicação em Órgãos. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, p. 243–269, 2015.

FORMOSO, Carlos T.; CESARE, Cláudia M. De; LANTELME, Elvira M. V.; SOIBELMAN, Lucio. As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **Revista da Escola de Engenharia**, Porto Alegre, v. 25, n. 3, p. 45–50, 1997.

GARZA-REYES, Jose Arturo. Lean and green – a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 18–29, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615004394>. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>

GREEN, Sally. Evidence Based Medicine And Health care Systematic reviews and meta-analysis. **Singapore Med Journal**, v. 46, n. 6, p. 270–274, 2005.

LI, Shuquan; WU, Xiuyu; ZHOU, Yuan; LIU, Xin. A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 846–851, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116311650>.

MARHANI, M.A.; BARI, N.A.A.; AHMAD, K.; JAAPAR, A. The implementation of lean

construction tools in Malaysia. **Chemical Engineering Transactions**, v. 63, p. 289–294, 2018.

NIKAKHTAR, A.; HOSSEINI, A.A.; WONG, K.Y.; ZAVICHI, A. Application of lean construction principles to reduce construction process waste using computer simulation: a case study. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 20, n. 4, p. 461–480, 2015. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.068528>

OGUNBIYI, Oyedolapo; OLADAPO, Adebayo; GOULDING, Jack. An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. **Construction Innovation**, v. 14, n. 1, p. 88–107, 2013. <https://doi.org/10.1108/CI-08-2012-0045>

OLAWUMI, Timothy O.; CHAN, Daniel W.M. Identifying and prioritizing the benefits of integrating BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts. **Sustainable Cities and Society**, v. 40, n. p. 16–27, March 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.03.033>.

SAIEG, Pedro; SOTELINO, Elisa Dominguez; NASCIMENTO, Daniel; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 788–806, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.030>

SALLES, P. V.; BATISTA, R. P.; VIANA, T. M.; AZEVEDO, R. C.; POGGIALI, F. S. J.; RODRIGUES, C. S. Carbonation of Recycled Aggregates Concrete - Application of the ProKnow-C Methodology in the Selection of Bibliographic Portfolio , **Systematic and Bibliometric Analysis**, v. 8, n. 5, p. 1–5, 2017.

SARHAN, J.G.; XIA, B.; FAWZIA, S.; KARIM, A. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction Economics and Building**, v. 17, n. 1, p. 46–69, 2017. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098>

SMALL, Edgar P; HAMOURI, Khaled Al; HAMOURI, Husameddin Al. Examination of Opportunities for Integration of Lean Principles in Construction in Dubai. **Procedia Engineering**, Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia, v. 196, p. 616–621, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.049>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817331752>.



Artigo recebido em: 20/11/2020 e aceito para publicação em: 07/06/2021  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v21i2.4173>