

## Tendências de pesquisa em Construção Enxuta: uma revisão sistemática de literatura

### Research trends in Lean Construction: a systematic literature review

---

Luiza Moreira\* - [luizainacarato@hotmail.com](mailto:luizainacarato@hotmail.com)

Leonardo do Nascimento Melo\* - [leonardo.melo@edu.udesc.br](mailto:leonardo.melo@edu.udesc.br)

Andressa Lourenço Cantu\* - [andressa.cantu@edu.udesc.br](mailto:andressa.cantu@edu.udesc.br)

Danielle Bond\* - [danielle.bond@udesc.br](mailto:danielle.bond@udesc.br)

Luciana Leite\* - [luciana.leite@udesc.br](mailto:luciana.leite@udesc.br)

Carla Roberta Pereira\*\* - [carla.pereira@open.ac.uk](mailto:carla.pereira@open.ac.uk)

\*Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

\*\* The Open University

---

#### Article History:

Submitted: 2024 - 04 - 11

Revised: 2024 - 06 - 10

Accepted: 2024 - 06 - 10

---

**Resumo:** A indústria da construção possui forte impacto na economia de um país; entretanto, o setor enfrenta desafios relacionados aos três aspectos da sustentabilidade, particularmente devido à geração de resíduos e às ineficiências. Nesse contexto, a construção enxuta atua como uma filosofia de gestão que visa reduzir desperdícios, aumentar a eficiência da construção e entregar produtos de alta qualidade. Apesar dos seus benefícios, persistem incertezas relativas à implementação dos princípios *Lean* e às suas interações no setor da construção. Assim, objetivo deste estudo é analisar tendências de pesquisa relacionadas à Construção Enxuta por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL) entre 1992 e 2022. Após a aplicação dos filtros, 214 de 601 artigos foram selecionados para leitura crítica e análise de conteúdo. A SLR revelou informações sobre estas tendências, incluindo principais pesquisadores, métodos de pesquisa e regiões geográficas. Além disso, explorou as principais ferramentas utilizadas na construção, a interação entre *Lean Construction* e outras abordagens, e as lacunas de pesquisa existentes na área.

**Palavras-chave:** Construção enxuta; Revisão Sistemática de Literatura; Ferramentas do Lean; Koskela; Gestão na construção.

**Abstract:** The construction industry has a significant impact on a country's economy. However, it faces challenges related to all three aspects of sustainability, particularly due to waste generation and inefficiencies. In this context, Lean Construction serves as a management philosophy that aims to reduce waste, enhance construction efficiency, and deliver high-quality products. Despite its benefits, uncertainties persist regarding the implementation of Lean principles and their interactions within the construction sector. The objective of this study is to analyze research trends related to Lean Construction through a systematic literature review (SLR) between 1992 and 2022. After applying filters, 215 out of 601 articles were selected for critical reading and content analysis. The SLR revealed valuable insights into these trends, including main researchers, research methods, and geographical regions. Additionally, it explored the primary tools used in construction, the interplay between Lean Construction and other approaches, and existing research gaps in the field.

**Keywords:** Lean Construction; Systematic Literature Review; Lean tools; Koskela; Construction management.

## 1. Introdução

A indústria da construção enfrenta desafios de ordem econômica, social e ambiental, manifestados por questões como atrasos na conclusão de projetos, elevados custos, retrabalho, desperdício de materiais, baixa eficiência construtiva e insatisfação do cliente (Mavridou et al., 2022). Segundo Souza et al. (2024), o cenário da construção civil passa por algumas ameaças, tais como a escassez de trabalhadores qualificados e consequente aumento custo de mão-de-obra, baixo nível de integração na cadeia de suprimentos, baixa produtividade e pouca sinergia em relação à industrialização, transformação digital e sustentabilidade.

No contexto dos impactos ambientais causados pelo setor, pode-se destacar que a construção civil, somente no ano de 2020, gerou cerca de 2,6 bilhões de toneladas de resíduos sólidos provenientes de reformas, demolições e de escavação e preparação de terrenos para obras civis (SINIR, 2021).

Apesar desses obstáculos, a notável relevância econômica dessa indústria, em escala global, torna necessária a revisão e aprimoramento das práticas adotadas no processo construtivo, visando abordar de maneira eficaz esses desafios (Bertram et al., 2019; Pérez et al., 2023). Para Souza et al. (2024), a construção deve investir em sistemas mais enxutos e industriais, uma vez que eles possuem alinhamento com conceitos sustentáveis, permitem que se aumente sua produtividade e reduza desperdício e quantidade de mão-de-obra dentro de um canteiro.

Com o foco na redução de desperdício e na entrega de valor dentro da construção civil o finlandês Koskela (1992) elencou onze princípios que visavam eliminar desperdícios dentro do processo construtivo e consequentemente melhorar a eficiência da mão-de-obra e entregar um produto com maior qualidade, no caso da construção civil, as edificações. Essa filosofia ficou definida como *Lean Construction* (LC) e tem como principal desafio eliminar atividades que não são obrigatórias e não agregam valor ao produto entregue ao cliente final (Tezel et al., 2018). Segundo Pérez e Costa (2018), dentre os benefícios na aplicação do LC estão a redução nos prazos para execução de projetos, melhoria na qualidade, redução de acidentes de trabalho e de custos. Para Pérez et al. (2023), a implementação da filosofia enxuta tem como principais benefícios a eficiência de processos e cumprimento de prazos.

Dessa forma, a aplicação da filosofia Lean Construction tem se destacado como uma estratégia promissora para o desenvolvimento do setor da construção e minimização de suas respectivas fraquezas (Bajjou et al., 2017a). Porém, as particularidades do setor relacionadas a

construção *on-site*, dependência direta das condições climáticas, personalização individualizada dos projetos e interação entre as múltiplas operações podem acarretar num alto grau de incertezas e complexidade nos projetos (Ballard & Howell, 1998).

Assim, o desenvolvimento de pesquisas na área da construção civil pode fornecer diretrizes práticas, treinamentos e apoio técnico, capacitando as empresas e profissionais a implementar com sucesso de inovação na construção (Shapira & Rosenfeld, 2011). Portanto, este artigo tem como objetivo analisar as tendências de pesquisa voltadas à filosofia *Lean Construction*. Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) da literatura nacional e internacional publicados entre anos de 1992 e 2022.

Este artigo foi estruturado em cinco seções e começa apresentando a introdução com justificativa e o objetivo da pesquisa. Em seguida, apresenta uma visão geral do campo de pesquisa sobre a construção enxuta. O procedimento metodológico adotado para a condução da RSL é apresentado na terceira seção. Na seção de Resultados e Discussão, serão debatidos os principais resultado. Por fim, na seção cinco, encontram-se as considerações finais deste trabalho.

## 2. Referencial bibliográfico

### 2.1 A Construção Civil e seus desafios

O setor da construção civil é marcado por sua relevância na composição da economia de um país. Para Souza et al. (2015), a ascensão dos setores industriais e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) possui direta influência com os investimentos realizados em atividades ligadas à infraestrutura de uma região. Segundo Nunes et al. (2020), o PIB da construção civil possui forte correlação com o PIB do Brasil e a taxa de desemprego no Brasil é moderadamente influenciada pelo setor, respectivamente.

Em contrapartida, mesmo com a contribuição para o processo de civilização e desenvolvimento econômico, a construção civil atua como o fator-chave para os problemas ambientais atuais, tais como a escassez de solos, a utilização excessiva de energia, emissão de gases e poeira, poluição sonora, grande volume de utilização de recursos não-renováveis e pela notável parcela na geração de resíduos (Kaja & Goyal, 2023). Para Oliveira et al. (2020), o descarte incorreto de resíduos gerados pelo setor resulta também em problemas relacionados aos aspectos sanitários, como degradação dos mananciais, assoreamento dos cursos de água e comprometimento da drenagem urbana.

Visando solucionar os impactos causados pela construção, o setor vem buscando maneiras de realizar uma construção sustentável, porém, alguns desafios ainda atuam como gargalos na eficácia dessas atividades. Segundo Nusa et al. (2023), a construção sustentável sofre desafios externos e internos. Os principais desafios externos para a construção sustentável são a falta de incentivo e apoio governamental, as dificuldades de envolvimento e gerenciamento de terceiros na indústria e a falta de um sistema de medição ambiental real e eficaz. Já os desafios internos estão relacionados às dificuldades culturais no setor, limitações financeiras e o medo do fracasso no processo construtivo.

Assim, para Kaja & Goyal (2023), a adoção dos princípios enxutos antes e durante o processo de construção pode ser considerada como uma relevante estratégia para a superação dos desafios da construção civil. Ainda segundo estes autores, a abordagem enxuta aprimora o processo construtivo reduzindo os desperdícios ao mesmo tempo que aumenta a produtividade no canteiro de obras, garantindo assim uma atmosfera saudável e segura na construção civil.

## 2.2 A Construção Enxuta

O Lean Construction foi originado no setor da construção civil e fundamentado nos princípios da manufatura enxuta que, por sua vez, surgiu do Sistema Toyota de Produção (Koskela, 1992). A implementação do LC pode ser adotada por empresas de todos os portes (pequeno, médio e grande) que busquem melhorar a produtividade e qualidade de seus projetos por meio da eliminação de atividades que não agregam valor e da otimização do fluxo de trabalho (Pérez et al., 2023). Tais objetivos culminam na redução do tempo de ciclo, aumento na eficiência dos processos e eliminação desperdícios (Koskela, 2000). No Quadro 1 é possível visualizar pesquisas que relatam benefícios significativos na implementação do LC em projetos de construção.

O LC é comumente implementado a partir da utilização de ferramentas, tais como o *Just-in-time*, o *Last Planner System* (LPS), o *Kanban* e o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), e elas visam garantir maior envolvimento dos trabalhadores e melhorias no processo construtivo, bem como, diminuição de perdas. Esses fatores podem gerar ainda mais representatividade no mercado e “eficiência empresarial” (Parfenova et al., 2020). No entanto, Sarhan et al. (2019) ressaltam que a aplicação do LC pode variar conforme as características próprias de cada cultura e que a aplicação desse conceito concede melhorias na performance geral do setor.

Quadro 1 - Benefícios da implementação do *Lean Construction*

<b>Benefícios</b>	<b>Autores</b>
Minimização de desperdícios na construção e melhoria no desempenho do processo construtivo.	Bajjou & Chafi (2018)
Destques econômicos nas empresas que o aplicam, redução de prazos, custos e aumento de qualidade da construção.	Silva (2022)
Aumento no nível de segurança do trabalho.	Gao et al. (2023)
Melhorias no gerenciamento de projetos e facilita a adoção da indústria 4.0 no setor.	Balkhy et al. (2021)
Redução dos impactos ambientais dos projetos de construção.	Bajjou & Chafi (2018)
Aumenta a produtividade e o nível de satisfação do cliente.	Oakland & Marosszeky (2017)

Fonte: Os autores (2024)

### 3. Método de pesquisa

Esse artigo apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre as tendências de pesquisa sobre o Lean Construction. Para Denyer & Tranfield (2009), a RLS possui sua importância na geração de evidências a partir de estudos já publicados e na sua capacidade de criar conhecimentos compilando as obras existentes e direcionando futuras pesquisas. Nesse sentido, uma RSL promove a seleção e inclusão de estudos, avalia a qualidade das pesquisas realizadas e as sintetiza de forma objetiva e transparente, seguindo um processo replicável (Tranfield et al., 2003). Neste contexto, esta pesquisa adotou as etapas de elaboração de uma RSL propostas por Tranfield et al. (2003), conforme Figura 1.

#### 3.1 Planejamento

Visando atingir o objetivo da pesquisa, a fase de planejamento engloba as cinco questões de revisão, a *string* e os campos de busca. Nesta fase foram definidas também as bases de dados e o período de publicação dos estudos revisados. Os constructos utilizados nessa revisão foram respaldados por meio de encadeamento de palavras-chaves voltadas ao Lean Construction. A etapa de planejamento é descrita no Quadro 2. Como o objetivo da pesquisa é fazer um apanhado da situação atual das pesquisas em LC, optou-se por utilizar apenas um único constructo, entendendo que este seria o mais relevante para esta área de investigação.

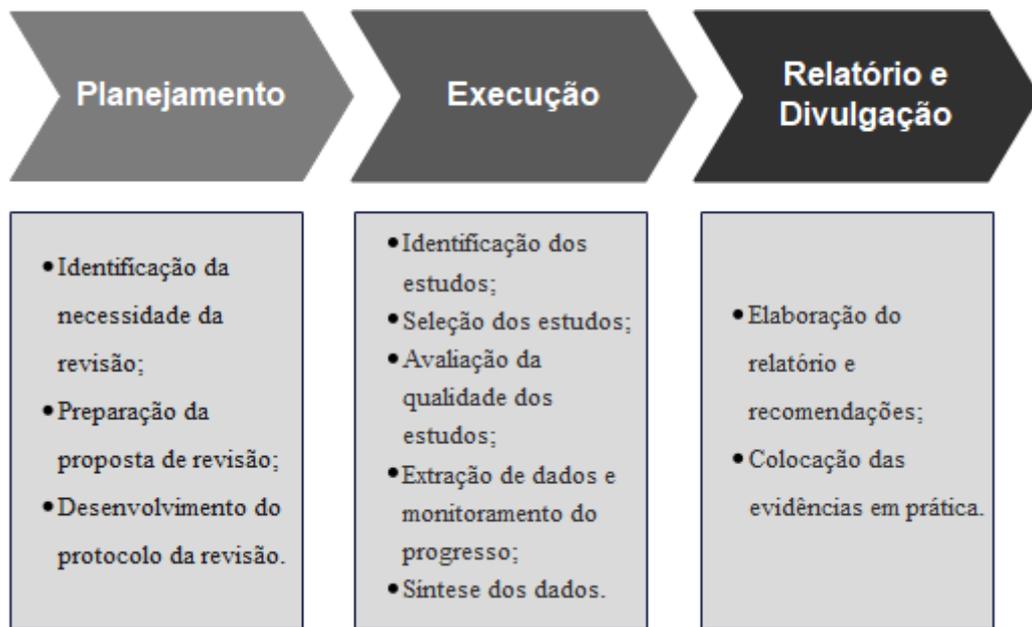


Figura 1 - Etapas para realização de RSL  
 Fonte: Adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003)

Quadro 2 - Benefícios da implementação do *Lean Construction*

Item	Descrição
<b>Questões de revisão</b>	(I) Quem está pesquisando na área de Lean Construction? Onde? E quando? (II) Quais são os campos de aplicação da filosofia Lean Construction? (III) Quais são as áreas com as quais o Lean Construction interage? (IV) Quais são as ferramentas do Lean Construction mais utilizadas? (V) Quais são as principais direções e os esforços atuais de pesquisa?
<b>Constructos</b>	Lean Construction
<b>String de busca</b>	“Lean Construct*”
<b>Campos de busca</b>	Título, resumo e palavras-chave
<b>Bases de dados</b>	Web Of Science, EBSCO e Scielo
<b>Período</b>	1992 – 2022

Fonte: Os autores (2024)

### 3.2 Execução

Na etapa de execução, os autores elaboraram um protocolo de revisão para conduzir a RSL (Figura 2). A etapa teve início em outubro de 2022, com a aplicação da *string* nas bases selecionadas. A aplicação da *string* “*Lean Construct\**”, com filtro de anos de 1992 a 2022 nas

bases de dados EBSCO, *Web of Science* e *Scielo* em outubro de 2022 resultou em 601 resultados.

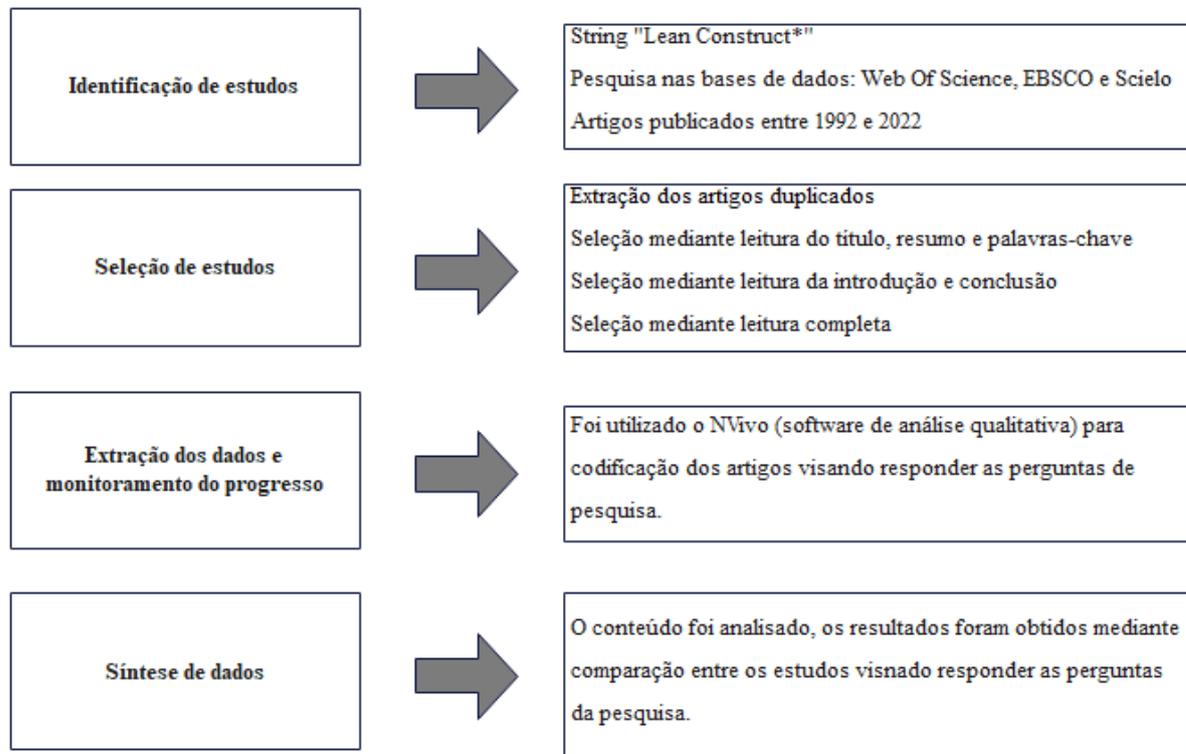


Figura 2 - Protocolo para execução da RSL  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O primeiro filtro foi auxiliado pelo *software Parsif.AI* e foi caracterizado pela leitura do título, resumo e palavras-chave. O segundo filtro, também auxiliado pelo *Parsif.AI*, foi composto pela leitura da introdução e conclusão dos artigos e resultou na exclusão de mais 93 artigos. Desta forma, 339 artigos foram lidos completamente, sendo que 125 foram excluídos nessa etapa por não responderem nenhuma das questões de revisão.

Assim, 214 artigos foram codificados e analisados por meio do *software NVivo*. Com ele foi possível aplicar os critérios de leitura, desenvolver as respostas para as questões da revisão e descartar os artigos em duplicata. Os códigos continham os resultados para as questões e, partir daí, foi possível solucioná-las. A Figura 3 apresenta as quantidades alcançados na identificação e seleção dos estudos.

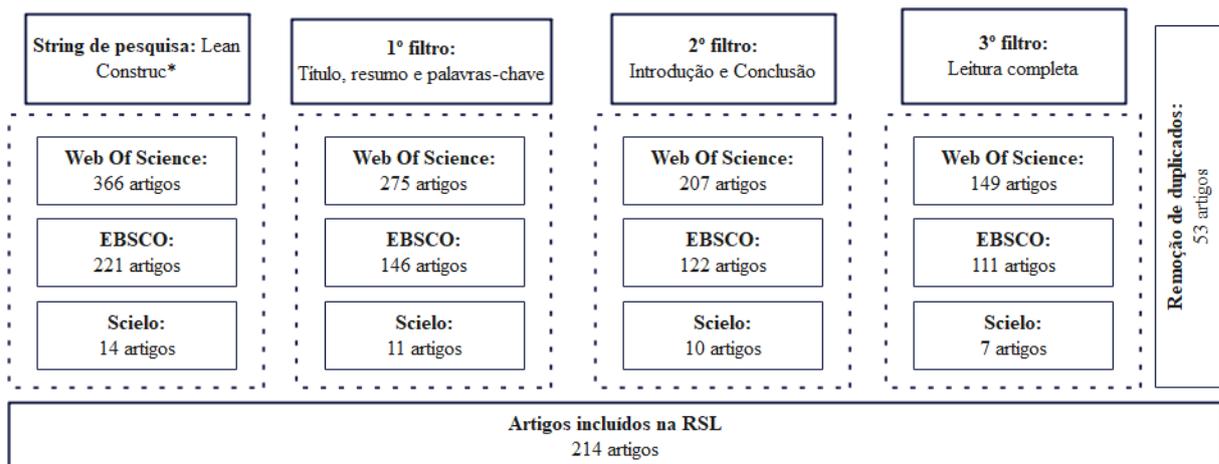


Figura 3 - Etapas de busca e quantidade de artigos alcançados  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

### 3.3 Relatório e Divulgação

A fase de Relatório e Divulgação é caracterizada pela análise e síntese dos achados. Os resultados foram apresentados seguindo a ordem das perguntas propostas na etapa de planejamento da RSL. A análise crítica dos resultados foi feita conforme estabelecido por Creswell (2014), em que a condução da análise adota um modelo fundamentado em uma abordagem espiral, assim, a revisão segue um processo iterativo e circular de análise, percorrendo sucessivas etapas que contribuem para a construção de um resultado. Assim, a análise parte da coleta e manejo dos dados, seguida pela leitura completa, descrição, classificação e interpretação, finalizando na representação dos dados obtidos. Nessa fase, serão descritas conclusões e propostas de estudos futuros sobre o tema.

## 4. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta os resultados encontrados e a análise dos artigos por meio de um panorama das tendências de pesquisa sobre o *Lean Construction* no período de 1992 a 2022. Esta seção foi subdividida em cinco partes para responder cada uma das questões de revisão propostas inicialmente.

### 4.1 Quem está pesquisando na área de Lean Construction? Onde? E quando?

Por meio da RSL foi possível identificar os autores com maior número de publicações sobre o LC. A Figura 4 apresenta os nove autores que mais publicaram na amostra pesquisada. É importante observar que o número de autores supera a quantidade de artigos analisados neste trabalho pois existem artigos com coautorias.

Os autores com maior número de publicações foram: Pasquire, Bajjou e Tezel. Pasquire e Tezel do Reino Unido e Bajjou de Marrocos. Pasquire, que lidera com oito publicações, atuou como professora universitária na área de gerenciamento de Projetos Lean, seus estudos no campo do LC focam em revisões de literatura e entrevistas semiestruturadas. Em seguida, Bajjou e Tezel possuem sete artigos cada um. O primeiro atua na *National School of Mineral Industry*, seus estudos são nas áreas de Manufatura Enxuta, Construção Enxuta, Desenvolvimento Sustentável, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Indústria 4.0. Em seus estudos no campo do LC, este autor foca em uma abordagem qualitativa, tendo a revisão de literatura como principal método. O segundo atua na *University of Nottingham* tendo a Gestão de Projetos, Gestão na Construção, Construção Enxuta e Planejamento de Projeto como suas principais áreas de estudo. No campo do *Lean Construction*, este autor utilizou o estudo de caso como seu principal método de pesquisa.

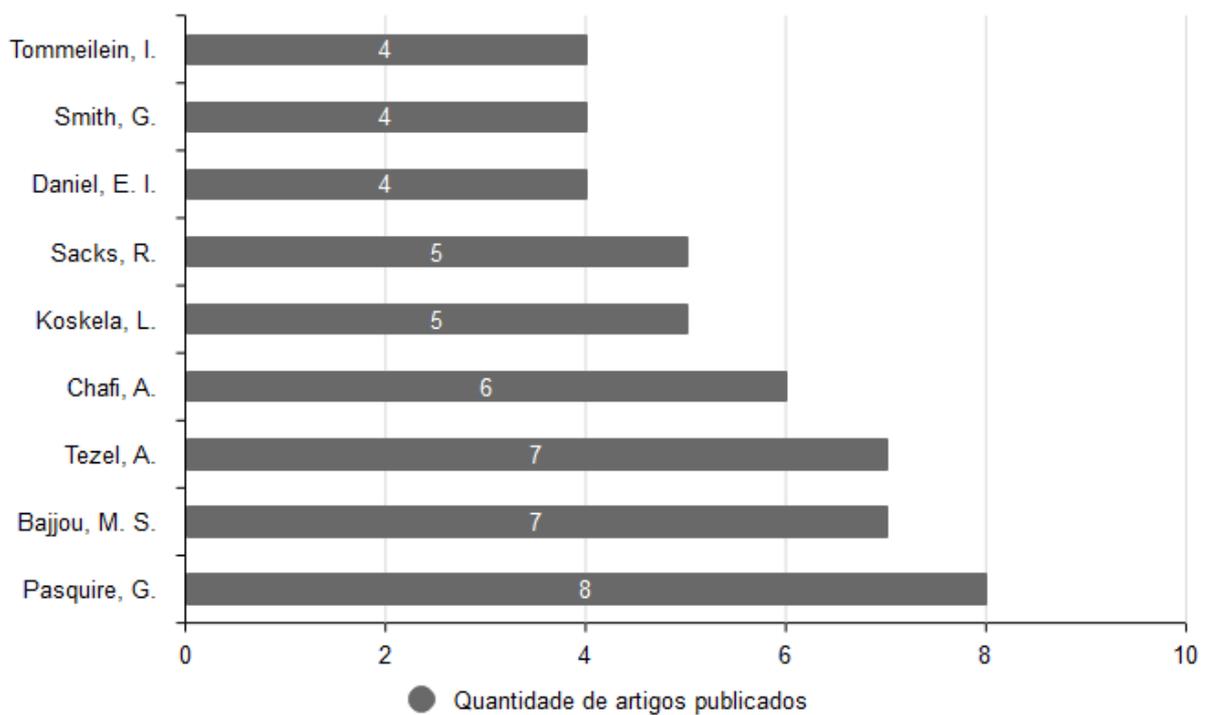


Figura 4 - Principais autores e quantidade de publicações  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com relação aos países com maior volume de publicações, a Figura 5 lista aqueles que estão estudando ativamente a temática do LC. Nota-se que a pesquisa está amplamente distribuída pelo mundo e especialmente nos Estados Unidos (34 artigos), seguidos do Reino Unido (26 artigos) e Brasil (22 artigos). Ademais, observou-se uma maior representatividade, em ordem decrescente de publicação, de nações com Índice de Desenvolvimento Humano

(IDH) muito elevado, elevado e médio (UNDP, 2022), ou seja, o setor da construção civil de países com padrões tecnológicos mais desenvolvidos tem demonstrado maior interesse pela filosofia enxuta.

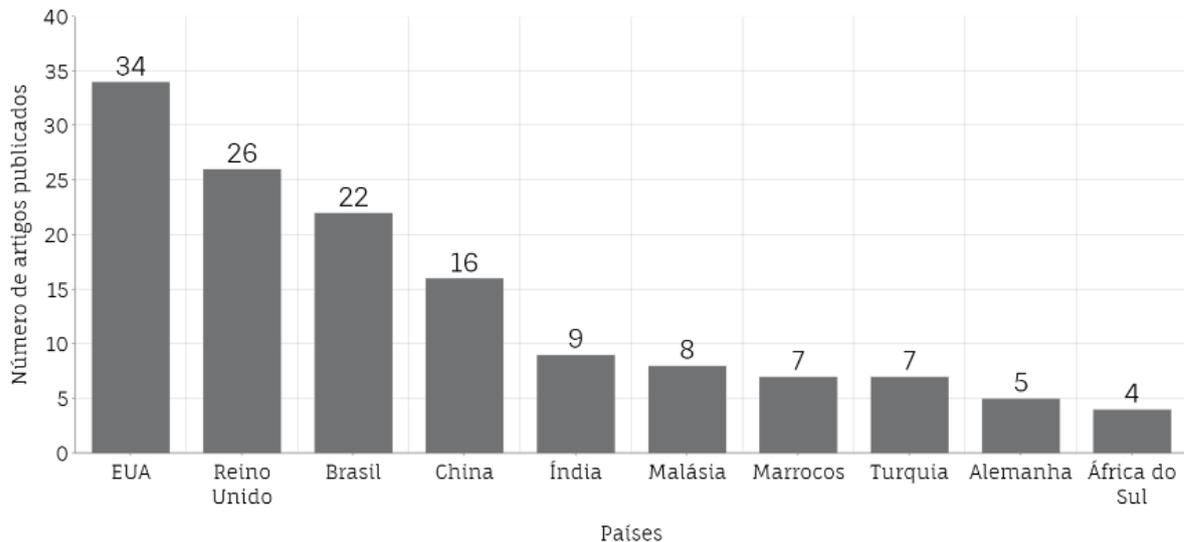


Figura 5 - Principais países e quantidade de publicações  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Nos EUA os autores com maior número de publicações são Aslam, Gao e Smit da North Dakota State University, cada um com quatro artigos; Isabelina Nahmens e Laura H. Ikuma da Louisiana State University, com três artigos cada; Alves da San Diego State University e Tommelein da University of California, cada um com três artigos. As publicações desses pesquisadores ocorreram em periódicos diversos, tendo dupla recorrência para do *Journal of Construction Engineering and Management*, revista com Fator de Impacto (FI) 5.1, com base no *Journal Citation Reports* (2022), fato que demonstra a relevância do tema abordado.

No Reino Unido os autores que mais publicaram foram Tezel da University of Salford e da University of Huddersfield, com seis artigos publicados na área; Aziz da University of Salford e Pasquire da Nottingham Trent University, cada um com quatro artigos. Os periódicos com maior número de publicações são *Engineering, Construction and Architectural Management*, com FI de 4.2, e *Journal of Management in Engineering*, com FI de 7.4.

No Brasil, os autores que mais publicaram foram Picchi (4) do *Lean Institute Brasil* e da Universidade de Campinas, com quatro artigos publicados. Formoso e Bulhões da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com dois artigos cada. As publicações desses pesquisadores no campo do LC ocorreram, em sua maioria, na Revista Ambiente Construído, com Qualis A3 segundo avaliação CAPES quadrienal (2017 – 2020) e no *Journal of*

*Construction Engineering and Management*, com FI de 5.1, o que confirma a relevância deste tema.

Assim, nota-se que a pesquisa em *Lean Construction* é presente nos EUA, representada por Aslam, Gao e Smith; no Reino Unido, com os pesquisadores Tezel, Aziz e Pasquire; e no Brasil, representada pelos pesquisadores Picchi, Formoso e Bulhões. A pesquisa em LC nessas regiões pode ser justificada pelo fato de que esses são países onde a construção civil enfrenta problemas semelhantes, como a escassez de mão-de-obra qualificada, pressão por prazos e custos e necessidade de melhora na eficiência construtiva (Mello & Amorim, 2009).

#### 4.2 *Quais são os campos de aplicação da filosofia LC?*

A filosofia enxuta pode ser implementada tanto no setor privado quanto público e possui aplicações em obras residenciais, comerciais, canteiros de obras, reformas, edifícios, prédios arranha-céus, indústrias, armazéns, barracões, túneis, rodovias, hospitais, casas populares, pontes, aeroportos e escolas.

No setor público a filosofia tem sido implantada na construção de Habitações de Interesse Social (HIS) permitindo que o valor para a construção seja reconhecido a partir de uma perspectiva do morador e atrelando a gestão enxuta com as técnicas de pré-fabricação ou aplicando princípios e ferramentas no planejamento e no controle físico-financeiro das obras (Ng et al., 2016; Spósito et al., 2018); em obras de aeroporto, juntamente com a metodologia BIM, interagindo na gestão de projeto e informação e no controle de qualidade (Koseoglu & Nurtan-Gunes, 2018); e em prédios educacionais, permitindo que as atividades ocorram de maneira coerente e aumentando o nível de confiança entre os diversos atores do processo construtivo (Bygballe et al., 2018).

No setor privado, a adoção do LC destaca-se em empreendimentos comerciais e residenciais. Em residências, dada a complexidade de serem projetos personalizados, o LC foca no aperfeiçoamento do planejamento para promover um fluxo de construção eficiente e reduzir desperdícios, ademais, utiliza-se o mapeamento de fluxo de valor para analisar e reestruturar o processo construtivo, elevando a qualidade do produto final e diminuindo custos (Martinez et al., 2019; Yu et al., 2009). Nas obras comerciais, atua na criação de fluxos de construção que possam ser replicados e acompanhados por softwares BIM, melhorando o fluxo e o compartilhamento de informações (Bataglin et al., 2018; Sacks et al., 2009) e no uso mais eficiente de recursos disponíveis (Maradzano et al., 2019).

Dentre essas tipologias de projeto, as residenciais são as mais estudadas e, as de infraestrutura (túneis, rodovias, pontes e aeroportos) possuem menor representatividade (Figura 6). Isto pode ser justificado pois a implementação do conceito ainda é recente no setor (Fentzloff et al., 2021) e pela forte presença do poder público nas obras ligadas a infraestrutura, que são quase sempre realizadas por meio de licitação (Tezel et al., 2018). Assim, obras de iniciativa privada tem tido maior representatividade de estudos relacionados com o LC dado o nível de liberdade e responsividade em aplicações de novas abordagens para a redução de custos e de impactos ambientais.

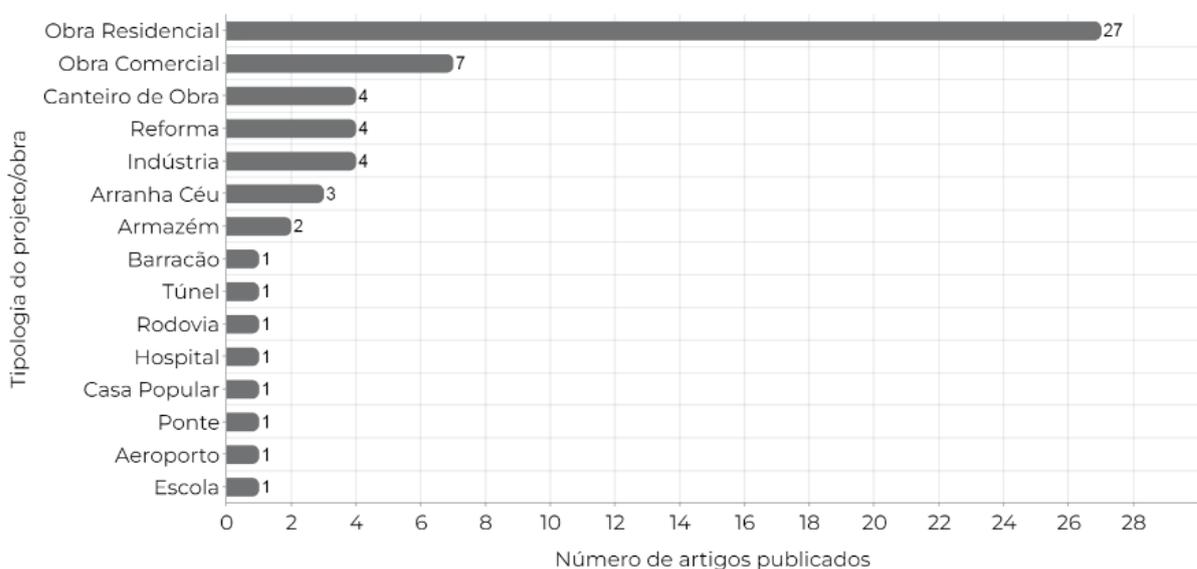


Figura 6 - Número de artigos publicados sobre cada tipologia de projeto/obra  
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O orçamento de obras públicas é caracterizado por prazos apertados e com a necessidade de altos padrões de qualidade. Com a adoção do LC os governos colheriam inúmeros benefícios econômicas, sociais, ambientais (Carvajal-Arango et al., 2019) e de qualidade (Silva, 2022; Tonin & Schaefer, 2013), assim, o cenário poderia ser revertido com facilidade e com benefícios para o setor público e as empresas que prestam serviço a ele.

#### 4.3 Quais são as áreas com as quais o Lean Construction interage?

O LC, por ser uma filosofia para gestão na construção, consegue interagir com inúmeras áreas dentro do setor, sendo um ponto de intersecção entre elas. Foram encontrados estudos com correlações com utilização de softwares, abordagens de gestão semelhante, sinergias com ESG, modularidade e cadeia de suprimentos. O Quadro 3 explica como o LC interage com essas abordagens.

Quadro 3 - Benefícios da implementação do *Lean Construction*

Área	Interação com Lean Construction	Fonte
<i>Agile Management</i>	Nesta conexão, o LC atua reconhecendo e limitando os desperdícios dentro da execução das atividades no canteiro de obras e a gestão ágil permitindo adaptações e mudanças de maneira rápida e simplificada.	Pasławski & Rudnicki (2021)
<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	A interação do LC com a metodologia BIM trouxe o modelo 5D para a construção, incluindo as dimensões tempo e custo para a modelagem. A interação acontece na comunicação, produção e visualização de um projeto.	Bayhan et al., (2021), Tezel & Aziz (2017)
Engenharia Simultânea	A filosofia enxuta busca a padronização enquanto a engenharia simultânea visa reduzir o tempo dos ciclos das atividades, dividindo e sobrepondo as atribuições delas, assim além de interagirem, o LC e a engenharia simultânea possuem sinergias em seus conceitos.	Benachio et al. (2021)
<i>Internet of Things (IoT)</i>	A tecnologia IoT atua como um facilitador na implementação da construção enxuta e da construção pré-fabricada, uma vez que torna elas mais eficientes.	Xing et al. (2021)
<i>Integrated Project Delivery (IPD)</i>	A conexão do LC com IPD resulta no surgimento do Lean Project Delivery System (LPDS), sistema que atua na tomada de decisão considerando não somente o custo, mas também o valor.	Ioppi et al., (2015)
<i>Six Sigma</i>	A filosofia enxuta utiliza o Six Sigma para encontrar e eliminar as causas dos defeitos nos processos construtivos, resultando assim na melhora do controle da produção, reduzindo os desperdícios no processo e estoque. Essa interação é nomeada como Lean Six Sigma.	Wong & Mohammed (2018)
<i>Green Construction</i>	Essa interação ocorre pois o LC possui alguns efeitos positivos nos três aspectos da sustentabilidade. No ambiental, permite a redução de desperdícios dentro do canteiro de obras; no econômico, na redução de custos com material e no uso mais eficiente dos recursos disponíveis; e no social, melhorando a saúde e segurança dos trabalhadores da construção civil.	Nahmens & Ikum (2012)
Pré-fabricação e modularidade	A construção pré-fabricada e a modular atuam como facilitadores da implementação do Lean Construction, pois visam a redução de resíduos, o aumento de produtividade, a melhora na eficiência da construção, aumento da segurança e entrega de produtos de qualidade.	Benachio et al. (2021), Watkins & Sunjka (2020)
<i>Supply Chain</i>	A integração da cadeia de suprimentos com o LC faz com que a implementação da filosofia enxuta seja mais efetiva, uma vez que ela contribui de maneira significativa na redução de desperdícios e maximização de valor em projetos de construção.	Meng (2019)
<i>Virtual Design and Construction (VDC)</i>	As funcionalidades advindas do VDC facilitam a implementação de princípios enxutos em um projeto de construção, uma vez que permitem a visualização do projeto, facilitando a compreensão de detalhes dos projetos para proprietários e projetistas na compatibilização de projetos.	Aslam et al. (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Conforme resultados da RSL, a literatura revela que a interação mais frequente se dá entre o *Lean Construction* e o BIM, com 64 artigos salientando a relevância do compartilhamento e da utilização eficaz de informações para o êxito de projetos no âmbito da construção civil. Em sequência, a sustentabilidade emerge como o segundo domínio mais frequentemente associado ao LC, evidenciado por 27 artigos que sublinham a contribuição da filosofia para a promoção de práticas construtivas sustentáveis. Adicionalmente, a abordagem do IPD é destacada em 24 publicações, as quais ressaltam a importância de estratégias

relacionais no fomento de uma cultura de aprendizagem e na busca por melhorias contínuas nos processos de construção.

#### 4.4 Quais são as ferramentas do Lean Construction mais utilizadas?

Desde a criação da filosofia enxuta, a sua implementação ocorre com o auxílio de ferramentas. As primeiras ferramentas utilizadas partiram das colunas da Casa do Sistema Toyota de Produção (STP), o *Just-in-time*, focando na criação de um sistema puxado e baseado em um fluxo contínuo, e o *Jidoka*, focando em automatizar os processos produtivos (Singh & Kumar, 2020). A partir daí, diversas ferramentas começaram a ser utilizadas na construção civil, esta revisão encontrou a aplicação de 17 ferramentas da filosofia LC na literatura, conforme Quadro 4.

A utilização dessas ferramentas ocorre de três maneira, pelo método padrão estabelecido pelo pensamento enxuto (5S, *Kaizen*), adaptadas pra realidade da construção (*Poka yoke*) ou específica para o setor (LPS).

Em meio as ferramentas utilizadas na construção civil pelo método padrão destaca-se o 5S e o *Kaizen*. O 5S é uma das ferramentas utilizadas no início da implementação do LC, essa ferramenta é normalmente utilizada para a organização do canteiro de obras e almoxarifado, aumentando a eficiência no processo construtivo e o nível de segurança nas atividades executadas (Bajjou et al., 2017a). O *Kaizen* está ligado ao foco em melhoria contínua na construção, normalmente atrelado à utilização do ciclo PDCA, buscando o envolvimento de todos os profissionais do canteiro de obras e a redução de acidentes, e gargalos consequentes das falhas de comunicação e coordenação (Enshassi et al., 2019). Assim, percebe-se que as ferramentas do LC utilizadas pelo método padrão focam no controle visual e gerencial do canteiro de obras.

Dentre as ferramentas adaptadas para o setor da construção civil, pode-se citar o *Poka Yoke* e o JIT. O *Poka Yoke*, ou à prova de erros, é uma das ferramentas principais utilizadas na redução de acidentes dentro de projetos de construções (Enshassi et al., 2019) Por exemplo, pode ser utilizada em atividades de concretagem, determinando o método de manuseio e utilização dos grampos de fechamento em equipamento de molde de peças, fazendo com que o trabalhador sempre repita a atividade de maneira segura e padronizada (Nery et al., 2017). Por outro lado, o JIT é utilizado no setor para redução da quantidade de insumos estocados e para a redução da produção excessiva *in loco*, sequenciando as entregas e movimentações dos materiais no canteiro de obras (Bayhan et al., 2021). Assim, as ferramentas do LC adaptadas

para a realidade da indústria da construção civil focam no controle e execução das atividades e no controle logístico do setor.

Por fim, o *Last Planner System* é desenvolvido para as atividades do setor da construção civil. A ferramenta do LPS é considerada a mais famosa ferramenta do LC utilizada na adoção da filosofia pelo setor (Issa & Alqurashi, 2020). Ela permite o planejamento colaborativo e descentralizado das atividades dos projetos de construção, é uma ferramenta construída para garantir a entrega do projeto dentro do prazo determinado e com a utilização de mão-de-obra, ferramentas e matérias na quantidade necessária (Bayhan et al., 2021). Por isso, percebe-se que a ferramenta criada para a realidade do setor da construção foca no controle do planejamento físico-financeiro do setor construtor.

Quadro 4 - Ferramentas do *Lean Construction* (continua)

Ferramenta	Descrição	Fonte
<i>Last Planner System</i> (LPS)	Principal ferramenta do LC. Ferramenta de planejamento colaborativo que facilita a comunicação, a participação e que leva em consideração as restrições de cada parte interessada.	Kongguo, (2014)
5S	É uma ferramenta que ajuda a obter os benefícios do <i>Lean</i> em um curto período. O 5S implica, senso de utilização, sendo se padronização, senso de ordenação, senso de limpeza e senso de autodisciplina.	Vilventhan et al. (2019)
A3	É uma ferramenta que visa a documentação do processo de resolução do problema, promovendo a melhoria contínua, transparência e uma melhor tomada de decisão.	Ankomah et al. (2020)
<i>Andon</i>	Auxílio visual que ajuda a iluminar as áreas onde a ação deve ser tomada. Isso é feito com a ajuda de luzes de advertência no local que se acendem quando uma falha é encontrada. Para que a ação adequada possa ser tomada pelo responsável ou pessoa autorizada para mitigação da falha.	Singh & Kumar (2021)
<i>Big Room</i>	Todas as informações sobre o projeto são exibidas com a ajuda de placas de exibição, codificação de cores, LPS e Hurdle Meetings. Assim, ajudando a melhorar a eficiência do projeto de forma que todos os detalhes são visíveis, para que a organização se torne mais transparente e os riscos sejam evitados, resultando no aumento do valor do projeto.	Singh & Kumar (2021)
<i>Cross Training</i>	Para reduzir o tempo de inatividade, os trabalhadores são treinados para adquirir habilidades necessárias para cobrir a tarefa de outro trabalhador, reduzindo o tempo de inatividade e melhorando a taxa de utilização, aumentando a flexibilidade do trabalho.	Goh & Goh, (2019)
<i>Kanban</i>	Método que possibilita o controle do pedido de acordo com a demanda. De forma análoga, esse processo é frequentemente implementado por quadros que indicam quando apenas uma quantidade mínima definida ainda está em estoque.	Fentzloff et al. (2021)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Quadro 4 - Ferramentas do *Lean Construction* (conclusão)

Ferramenta	Descrição	Fonte
5W	É uma ferramenta de investigação. Os 5 Porquês ajudam a encontrar a causa raiz dos problemas que são relacionados à construção.	Andújar-Montoya et al. (2020)
<i>First Run Studies</i>	É o planejamento de tarefas críticas, que visa estudar a tarefa e revisar diferentes métodos de trabalho para identificar o método mais adequado que corresponda à capacidade e conveniência dos trabalhadores, envolve o uso de arquivos de vídeo, fotos ou ilustrações para mostrar métodos ou ilustrar instruções de trabalho. Isso minimiza acidentes causados por mau planejamento e erro humano.	Salem et al. (2005)
<i>Huddle meetings</i>	São reuniões informais que são realizadas para obter o total envolvimento dos colaboradores nas questões relativas ao projeto e estimular os colaboradores a resolver problemas em conjunto.	Sarhan et al. (2017)
<i>Just-in-time (JIT)</i>	Elimina atividades sem valor agregado e reduz a variabilidade do processo. A filosofia Just-In-Time assenta que os stocks que não trazem valor acrescentado ao cliente devem ser considerados como fontes de desperdícios. Assim, os materiais ou equipamentos devem estar disponíveis somente quando forem necessários.	Bajjou et al. (2017a)
<i>Kaizen</i>	É um método para identificar oportunidades de agilizar o trabalho e reduzir o desperdício na forma de custo, tempo e retrabalho. Ao aplicar o Kaizen, as melhorias são baseadas em muitas pequenas mudanças, que são menos propensas a exigir um investimento de capital significativo do que grandes mudanças de processo, sendo fáceis de implementar.	Tery (2018)
Ciclo PDCA	Primeiro, “planeja” um processo de trabalho para estudar, analisa as etapas do processo e eliminar etapas desnecessárias. Para “fazer”, são testadas novas ideias na primeira tentativa. Para “chechar”, o que realmente acontece é descrito e medido. Para “agir”, a equipe deve se reunir novamente e os colegas de equipe comunicam o método aprimorado como o padrão a ser cumprido.	Opfer (2004)
<i>Poka Yoke</i>	É um sistema à prova de erros. Ele ajuda na redução do erro na origem, reduzindo o custo, tempo e recursos que foram incorporados para mitigar o risco. Ajuda na prevenção de erros que deveriam acontecer em um processo.	Singh & Kumar (2021)
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	Utilizada para a identificação das fontes de desperdícios. Consiste na criação de um mapa visual do fluxo de materiais e informações dos fornecedores ao consumidor, distinguindo as que criam valor acrescentado e as que não agregam valor, permitindo identificar as fontes de desperdícios que devem ser eliminados com o objetivo de transformar o processo atual em um processo futuro mais otimizado.	Bajjou et al. (2019)
<i>Total Quality Management (TQM)</i>	As funções da gestão da qualidade total envolvem a identificação e avaliação do problema, desenvolvendo e implementando soluções, e avaliando e medindo os resultados.	Koskela (1992)
<i>Standardization</i>	Enfatiza o papel dos padrões da indústria da construção e dos padrões de processo operacional para reduzir problemas, como retrabalho e reparo.	Li et al. (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Em vista disso, percebe-se que a utilização das ferramentas do LC passou por uma evolução seguindo as necessidades do setor, partindo da utilização de ferramentas padrões avindas do STP, atendendo a necessidades do setor focadas em segurança e eficiência no

processo construtivo e atualmente focando em redução de desperdício de prazos e recursos, focando em executar as atividades no tempo necessário. Singh & Kumar (2020) também abordam as ferramentas do LC relatadas na literatura. Neste caso, os autores analisaram 15 ferramentas quanto aos seus benefícios específicos, e as mais relevantes foram o Bim em um design *Lean*, o A3 e o JIT.

#### 4.5 Quais são as principais direções e os esforços atuais de pesquisa?

As pesquisas sobre o LC atualmente buscam avaliar o “*status*” da implementação da filosofia na construção civil, apresentando esses seus principais resultados a melhoria no processo construtivo, qualidade no produto entregue, práticas de segurança e redução de desperdícios. Entretanto, apesar dessa variedade de estudos, ainda existem lacunas na pesquisa do LC. Dessa forma, é necessário buscar novas direções para aprimorar a aplicação dessa metodologia na indústria da construção. Baseando-se na análise das publicações foi possível identificar as principais lacunas e, com isso, definir as direções e os esforços de pesquisa atuais mais relevantes.

Segundo Herrera et al. (2019), os estudos futuros devem associar a filosofia enxuta com tecnologias da informação, como o trabalho colaborativo em nuvem ou a metodologia BIM, visando identificar oportunidades de melhoria durante a fases de projeto e construção de uma edificação e por fim avaliar o impacto que essas metodologias e correlação delas tem no desempenho de um projeto. Já para Rosli et al. (2020) e Kifokeris (2021) pesquisas adicionais sobre variações na implementação do LC no setor de construção podem ajudar na compreensão da implementação da prática *Lean* e, devem ser realizados estudos para determinar como as empresas de construção podem implementar a construção enxuta, gerenciar resíduos, sustentar a prática dos princípios enxutos e melhorar continuamente as atividades no local de trabalho de forma a possibilitar a obtenção de mais conhecimento acerca da implementação do conceito e suas ferramentas, técnicas, princípios e métodos associados.

De acordo Bajjou et al. (2017b), são necessários estudos, especialmente empíricos, que possam medir o efeito real das ferramentas de construção enxuta no aumento dos resultados de segurança. Além disso, trabalhos futuros podem investigar a possível reversão dessa observação: tornar a segurança o objetivo da melhoria do processo e verificar se a produtividade e a eficiência aumentam como efeito colateral. Avelar et al. (2019) acrescentam que as pesquisas relacionadas à verificação do uso de ferramentas de melhoria em pequenas e médias empresas do setor de construção não são tão populares e poucos pesquisadores estudam o tema.

Ademais, há necessidade de as empresas adquirirem indicações de como melhorar suas atividades, e não apenas descrições vagas ou evidências empíricas.

Christensen et al. (2019) afirmam que existe um *gap* na pesquisa em relação ao que motiva os profissionais a realizarem seu trabalho. Assim, pesquisas futuras podem explorar o benefício de abordar diferentes fatores motivadores para diferentes funções e disciplinas juntamente com o LC. Estudos que visem o desenvolvimento de políticas públicas que estabeleçam padrões e modelos de construção baseados na construção enxuta também são necessários em pesquisas futuras, uma vez que a filosofia enxuta deve ser implementada para reduzir resíduos nas atividades de construção e demolição (Li et al., 2020). Por fim, para (Bajjou et al., 2017a) e Wandahl et al. (2021), uma série de limitações devem ser consideradas ao interpretar os resultados de economia de emissões de Gases de Efeito Estufa devido as incertezas existentes em projetos de construção. Dessa forma, mais estudos empíricos devem ser realizados no futuro para quantificar a influência das práticas do LC na construção sustentável.

Assim, nota-se que as pesquisas sobre o LC partiram da verificação dos resultados de sua implementação nas diferentes regiões, da validação do conhecimento sobre a construção enxuta pelos *stakeholders* do mercado construtor e pela sua relação com outras abordagens. Por isso, o futuro das pesquisas em LC devem focar em combinações do LC com mais de uma abordagem (ex: BIM, LC e IoT), maneiras eficazes e eficientes da implementação da construção em empresas de diferentes portes, estudos empíricos voltados à melhoria na saúde e segurança no canteiro de obras e as relações possíveis entre a construção enxuta e a motivação dos trabalhadores.

## 5. Considerações finais

O setor da construção civil enfrenta desafios de natureza econômica, social e ambiental. Assim, com o foco em driblar esses desafios, a adoção do *Lean Construction* permite a redução de desperdícios e o aumento na eficiência da construção. Entretanto, ainda permanecem incertezas relacionadas à implementação da filosofia na construção, principalmente nas limitações da construção *on-site* e nas dependências das atividades frente às condições climáticas. Nesse sentido, a presente Revisão Sistemática de Literatura objetivou analisar as tendências de pesquisa voltadas à filosofia *Lean Construction*.

Esta RSL abordou estudos relacionados ao LC publicados entre os anos de 1992 e 2022. Os dados obtidos evidenciaram os principais pesquisadores e métodos utilizados nas regiões com maior número de publicações, sendo elas Reino Unido, Estados Unidos e Brasil. Os resultados apresentam também a implementação da filosofia no setor público e privado, apresentando aplicações em diversas tipologias de projeto, como obras comerciais, obras de reforma, habitações de interesse social e de transporte. Foi possível enumerar também as interações advindas do uso do LC na construção, como sua convergência com o método BIM e sinergias com a construção sustentável. O estudo evidenciou também as principais ferramentas utilizadas pela filosofia enxuta na construção e suas maneiras de implementação. Por fim, o estudo apresentou os esforços de pesquisa e suas direções, assim como as lacunas existentes na pesquisa sobre o LC.

É importante ressaltar que este estudo possui algumas limitações, uma vez que se restringiu aos artigos publicados por periódicos revisados por pares nas bases de dados *Web Of Science*, EBSCO e *Scielo* e aos idiomas inglês e português. Assim, recomenda-se para estudos futuros que seja realizada uma análise em outras bases de dados, como *Taylor & Francis* ou *Scopus*, a inclusão de artigos presentes em anais de eventos técnicos-científicos, como o *International Group of Lean Construction* e a inclusão de trabalhos escritos em outros idiomas. Ademais, recomenda-se também a validação destes resultados por meio de estudos empíricos.

## REFERÊNCIAS

- Andújar-Montoya, M. D., Galiano-Garrigós, A., Echarrri-Iribarren, V., & Rizo-Maestre, C. (2020). BIM-LEAN as a Methodology to Save Execution Costs in Building Construction—An Experience under the Spanish Framework. *Applied Sciences*, 10(6), 1913. <https://doi.org/10.3390/app10061913>
- Ankomah, E. N., Ayarkwa, J., & Agyekum, K. (2020). Status of lean construction implementation among small and medium building contractors (SMBCs) in Ghana. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(6), 1691–1709. <https://doi.org/10.1108/JEDT-12-2019-0345>
- Aslam, M., Gao, Z., & Smith, G. (2020). Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>
- Avelar, W., Meiriño, M., & Tortorella, G. L. (2019). The practical relationship between continuous flow and lean construction in SMEs. *The TQM Journal*, 32(2), 362–380. <https://doi.org/10.1108/TQM-05-2019-0129>
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(4), 533–556. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2018-0031>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017a). A comparative study between lean construction and the traditional production system. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 118–132. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.118>
- Bajjou, M. S., Chafi, A., & En-Nadi, A. (2017b). The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 33, 179–193. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.33.179>

- Bajjou, M. S., Chafi, A., & Ennadi, A. (2019). Development of a Conceptual Framework of Lean Construction Principles: An Input–Output Model. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 18(01), 1–34. <https://doi.org/10.1142/S021968671950001X>
- Balkhy, W. Al, Sweis, R., & Lafhaj, Z. (2021). Barriers to adopting lean construction in the construction industry—the case of Jordan. *Buildings*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/buildings11060222>
- Ballard, G., & Howell, G. (1998). Shielding Production: Essential Step in Production Control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11–17. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1998\)124:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11))
- Bataglin, F. S., Viana, D. D., Formoso, C. T., & Bulhões, I. R. (2018). BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto engineer-to-order. *Ambiente Construído*, 18(1), 173–192. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100215>
- Bayhan, H. G., Demirkesen, S., Zhang, C., & Tezel, A. (2021). A lean construction and BIM interaction model for the construction industry. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.2019342>
- Benachio, G. L. F., Freitas, M. do C. D., & Tavares, S. F. (2021). Interactions between Lean Construction Principles and Circular Economy Practices for the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002082](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002082)
- Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., & Woetzel, J. (2019). *Modular construction: From projects to products*.
- Bygballe, L. E., Endresen, M., & Fållun, S. (2018). The role of formal and informal mechanisms in implementing lean principles in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1322–1338. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0138>
- Carvajal-Arango, D., Bahamón-Jaramillo, S., Aristizábal-Monsalve, P., Vásquez-Hernández, A., & Botero, L. F. B. (2019). Relationships between lean and sustainable construction: Positive impacts of lean practices over sustainability during construction phase. Em *Journal of Cleaner Production* (Vol. 234, p. 1322–1337). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.216>
- Christensen, R., Greenhalgh, S., & Thomassen, A. (2019). When a business case is not enough, Motivation to work with Lean. *Lean Construction Journal*. [www.leanconstructionjournal.org](http://www.leanconstructionjournal.org)
- Creswell, J. W. (2014). *Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: Escolhendo entre Cinco Abordagens* (3° ed).
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review. Em *The Sage handbook of organizational research methods* (p. 671–689).
- Enshassi, A., Saleh, N., & Mohamed, S. (2019). Application level of lean construction techniques in reducing accidents in construction projects. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 24(3), 274–293. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-08-2018-0047>
- Fentzloff, W., Rothe, S., Stahn, C., & Papantonakis, D. (2021). BIM meets Lean – Logistics study of a long tunnel using BIM and Lean methods. *Geomechanics and Tunnelling*, 14(3), 286–297. <https://doi.org/10.1002/geot.202100012>
- Gao, M., Wu, X., & Fang, Y. (2023). How employees’ lean construction competence affects construction safety performance. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 29(3), 1147–1159. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2112848>
- Goh, M., & Goh, Y. M. (2019). Lean production theory-based simulation of modular construction processes. *Automation in Construction*, 101, 227–244. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2019). An Assessment of Lean Design Management Practices in Construction Projects. *Sustainability*, 12(1), 19. <https://doi.org/10.3390/su12010019>
- Ioppi, V., Formoso, C. T., & Isatto, E. L. (2015). Barreiras e oportunidades para a implementação dos princípios de IPD e práticas de LPDS na gestão dos projetos de instalações da indústria de base brasileira. *Ambiente Construído*, 15(4), 87–104. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400041>

- Issa, U. H., & Alqurashi, M. (2020). A model for evaluating causes of wastes and lean implementation in construction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(4), 331–342. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12323>
- Kaja, N., & Goyal, S. (2023). Impact of construction activities on environment. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 10(1). <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1277>
- Kifokeris, D. (2021). Variants of Swedish Lean Construction Practices Reported in Research: Systematic Literature Review and Critical Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002079](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002079)
- Kongguo, Z. (2014). Research on the emergence mechanism of Last Planner System of lean construction. *The 26th Chinese Control and Decision Conference (2014 CCDC)*, 3643–3646. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2014.6852812>
- Koseoglu, O., & Nurtan-Gunes, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1298–1321. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*.
- Li, S., Fang, Y., & Wu, X. (2020). A systematic review of lean construction in Mainland China. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 257). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120581>
- Maradzano, I., Dondofema, R. A., & Matope, S. (2019). Application of lean principles in the south african construction industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 210–223. <https://doi.org/10.7166/30-3-2240>
- Martinez, E., Reid, C. K., & Tommelein, I. D. (2019). Lean construction for affordable housing: a case study in Latin America. *Construction Innovation*, 19(4), 570–593. <https://doi.org/10.1108/CI-02-2019-0015>
- Mavridou, T., Doulos, L., & Nanos, N. (2022). Lean Thinking into the modular construction of industrial buildings. Identifying the role of daylight. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1099/1/012020>
- Mello, L. C. B. de B., & Amorim, S. R. L. de. (2009). O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. *Production*, 19(2), 388–399. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200013>
- Meng, X. (2019). Lean management in the context of construction supply chains. *International Journal of Production Research*, 57(11), 3784–3798. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1566659>
- Nahmens, I., & Ikuma, L. H. (2012). Effects of Lean Construction on Sustainability of Modular Homebuilding. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 155–163. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000054](https://doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000054)
- Nery, V. F. e S. de O., Zattar, I. C., & Oliveira, V. O. de. (2017). Aplicação da Filosofia Lean Construction no Processo Produtivo de uma Empresa do Setor de Construção Civil. *Exacta*, 15(4). <https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n4.7107>
- Ng, S. T., Zou, W., Wong, K., Kong, H., & Huang, G. Q. (2016). Lean construction of public housing production in Hong Kong: a process-based approach. *Journal for Housing Science*, 40(3), 171–180.
- Nunes, J. M., Longo, O. C., Alcoforado, L. F., & Pinto, G. O. (2020). O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. *Research, Society and Development*, 9(9), e393997274. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7274>
- Nusa, F. N. M., Isa, C. M. M., Rahman, S. H. A., Tarudin, N. F., Mohamad, N. D., Soffi, N. S. M., Mohamad, M. M., Fam, S. F., & Preece, C. N. (2023, março 1). The challenges of green supply chain management (GSCM) system implementation in civil construction project. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1151/1/012011>
- Oakland, J. S., & Marosszeky, M. (2017). *Total Construction Management: Lean Quality in Construction Project Delivery*. Taylor & Francis.
- Oliveira, L. J. C., Soares, M. C. B., Quaresma, W. M. G., & Adorno, A. L. C. (2020). Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 24447–24462. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-047>

- Opfer, W. (2004). Building a High-Performance Project Team. Em *Field Guide to Project Management* (p. 325–342). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470172346.ch20>
- Parfenova, E. N., Avilova, Z. N., & Ganzha, A. N. (2020, outubro 1). Lean construction – an effective management system in the construction industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/945/1/012012>
- Pasławski, J., & Rudnicki, T. (2021). *Agile/Flexible and Lean management in ready-mix concrete delivery*.
- Pérez, C. T., & Costa, D. (2018). Developing a taxonomy of transportation waste in construction production processes. *Built Environment Project and Asset Management*, 8(5), 434–448. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-04-2018-0062>
- Pérez, S. P. M., Ormeño, N. M. G., & Juárez, J. R. T. (2023). Una revisión del impacto de la adopción de la metodología Lean Construction en los proyectos de construcción. *Cuaderno activa*, 14(1). <https://doi.org/10.53995/20278101.1050>
- Rosli, M. F., Muhammad Tamyaz, P. F., & Zahari, A. R. (2020). The effects of suitability and acceptability of lean principles in the flow of waste management on construction project performance. *International Journal of Construction Management*, 23(1), 114–125. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1853006>
- Sacks, R., Treckmann, M., & Rozenfeld, O. (2009). Visualization of Work Flow to Support Lean Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(12), 1307–1315. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000102](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000102)
- Salem, O. M., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). *Site implementation and assessment of lean construction techniques Site Implementation and Assessment of Lean Construction Techniques*.
- Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., & Karim, A. (2017). Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry. *Construction Economics and Building*, 17(1), 46–69. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i1.5098>
- Sarhan, J. G., Xia, B., Fawzia, S., Karim, A., Olanipekun, A. O., & Coffey, V. (2019). Framework for the implementation of lean construction strategies using the interpretive structural modelling (ISM) technique. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(1), 1–23. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2018-0136>
- Shapira, A., & Rosenfeld, Y. (2011). Achieving Construction Innovation through Academia-Industry Cooperation—Keys to Success. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 137(4), 223–231. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000057](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000057)
- Silva, R. W. da. (2022). Grau de adoção dos Princípios do Lean Construction em dois canteiros de obras localizados no município de Belém. *Exacta*, 20(2), 356–387. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.16834>
- Singh, S., & Kumar, K. (2020). Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 465–471. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1153–1162. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.019>
- SINIR, S. N. de I. sobre a G. dos R. S. (2021). *Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos*.
- Souza, B. A., Oliveira, C. A. C., Santana, J. C. O. de, Viana Neto, L. A. da C., & Santos, D. de G. (2015). Análise dos indicadores pib nacional e pib da indústria da construção civil. *RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico*, 1(39), 140. <https://doi.org/10.21452/rde.v17i31.3480>
- Souza, B., Filippi, G., Hino, M., Menezes, M., Lazzarini, R., Tschiptschin, M., Oliveira, W., Watanabe, M., & Nakamura, J. (2024). *Tendências para a Construção Civil em 2024*. Centro de Tecnologia de Edificações.
- Spósito, J. P. S., Perdigão, V. D., Barbosa, R. V., & Junior, P. R. G. (2018). *Análise das práticas do Lean Construction em um empreendimento residencial* (Vol. 18, Número 2). <http://revistagt.fpl.edu.br/>
- Tery, J. (2018). *WHAT IS CONTINUOUS IMPROVEMENT?* Planview. <https://www.planview.com/resources/guide/lean-principles-101/what-is-continuous-improvement/>
- Tezel, A., & Aziz, Z. (2017). Visual management in highways construction and maintenance in England. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(3), 486–513. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2016-0052>

- Tezel, A., Koskela, L., & Aziz, Z. (2018). Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. *International Journal of Project Management*, 36(2), 267–286. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.10.004>
- Tonin, L. A. P., & Schaefer, C. O. (2013). Diagnóstico e Aplicação da Lean Construction em Construtora. *Iniciação Científica CESUMAR*, 23–31.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review\* Introduction: the need for an evidence- informed approach. *British Journal of Management*, 14, 207–222.
- UNDP, U. N. D. P. (2022). *Human Development Report 2021/2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping our Future in a Transforming World*. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22>
- Vilventhan, A., Ram, V. G., & Sugumaran, S. (2019). Value stream mapping for identification and assessment of material waste in construction: A case study. *Waste Management and Research*, 37(8), 815–825. <https://doi.org/10.1177/0734242X19855429>
- Wandahl, S., Pérez, C. T., Salling, S., Neve, H. H., Lerche, J., & Petersen, S. (2021). The impact of construction labour productivity on the renovation wave. Em *Construction Economics and Building* (Vol. 21, Número 3, p. 11–32). Australian Institute of Quantity Surveyors. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.V21I3.7688>
- Watkins, J., & Sunjka, B. P. (2020). Combining green building and lean construction to achieve more sustainable development in south africa. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(3), 133–143. <https://doi.org/10.7166/31-3-2426>
- Wong, L. S., & Mohammed, E. A. M. A. (2018). *A Critical Review of Lean Construction for Cost Reduction in Complex Projects*. <https://www.researchgate.net/publication/352715429>
- Xing, W., Hao, J. L., Qian, L., Tam, V. W. Y., & Sikora, K. S. (2021). Implementing lean construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China. *Journal of Cleaner Production*, 286, 124944. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124944>
- Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M., & Nasser, R. (2009). Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), 782–790. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:8\(782\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:8(782))