



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **LEAN E ÁGIL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

*LEAN AND AGILE IN THE CIVIL CONSTRUCTION SECTOR: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

**TAWNEE GOMES CHIES**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

### **Nota de esclarecimento:**

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.

Agradecimento à orgão de fomento:

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).



**VIII SINGEP**

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **LEAN E ÁGIL NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

### **Objetivo do estudo**

O objetivo desta pesquisa é realizar uma revisão sistemática da literatura (RSL), relacionada a lean e ágil na construção civil, para organizar e compreender conceitos mais pesquisados.

### **Relevância/originalidade**

Este artigo apresenta descobertas acerca das necessidades para implantação do lean e elevação da performance, que parecem revelar um novo olhar sobre o que está por detrás, como: (1) Social Networks, e (2) formatação da estratégia de implantação do lean.

### **Metodologia/abordagem**

A RSL foi elaborada utilizando as bases Scopus e Web of Science (WOS), compreendendo artigos e conference papers, resultando em 75 publicações entre 1998 e 2019.

### **Principais resultados**

Foram identificadas três perspectivas sobre a aplicação de lean e ágil na indústria da construção: (1) Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; (2) Implantação de técnicas alternativas ao cascata; e (3) Otimização de Processos e Incremento de Desempenho

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Na caracterização das perspectivas, identificou-se subfatores na literatura que conservam associações entre si, sendo categorizados em principais e apoiadores. A quantificação dos que possuem maior e menor incidência de publicações, abre campo para compreensão do necessário para aplicação do lean ou ágil e elevação da performance, destacando-se os subfatores: (1) Implantação de técnicas ágeis, (2) Padronização, redução da variabilidade e buffers, (3) Estratégia e lean, e (4) Social Networks.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

A estratégia para vencer os desafios e barreiras com o apoio à implantação de técnicas e mecanismos associados ao lean e relacionamentos interpessoais no projeto, podem influenciar o desempenho.

**Palavras-chave:** Construção Civil, Lean, Ágil, Estratégia, Social Networks



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## *LEAN AND AGILE IN THE CIVIL CONSTRUCTION SECTOR: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

### **Study purpose**

The objective of this research is to carry out a systematic review of the literature (RSL), related to lean and agile in civil construction, to organize and understand more of the researched concepts

### **Relevance / originality**

This article presents the discoveries about the needs for implementing lean and improving performance, which seem to reveal a new look at what is behind, such as: (1) Social Networks, and (2) formatting the strategy for the lean implementation.

### **Methodology / approach**

The RSL was developed using the Scopus and Web of Science (WOS) databases, comprising articles and conference papers, resulting in 75 publications between 1998 and 2019.

### **Main results**

Three perspectives on the application of lean and agile in the construction industry were identified: (1) Intra and Inter Organizational Strategy, Structure and Relationships; (2) Implementation of alternative techniques to waterfall; and (3) Process Optimization and Performance Improvement.

### **Theoretical / methodological contributions**

In the characterization of the perspectives, subfactors were identified in the literature that maintain associations with each other, being categorized into main and supporters. The quantification of those who have a higher and lower incidence of publications, opens up the field for understanding what is necessary for applying lean or agile and increasing performance, highlighting the following sub-factors: (1) Implementation of agile techniques, (2) Standardization, reduction of variability and buffers, (3) Strategy and lean, and (4) Social Networks.

### **Social / management contributions**

The strategy to overcome challenges and barriers by supporting the implementation of techniques and mechanisms associated with lean and interpersonal relationships in the project, can influence performance.

**Keywords:** Civil Construction, Lean, Agile, Strategy, Social Networks



### 1. Introdução

A indústria da construção vem sendo criticada pelos elevados índices de desperdícios, pela insegurança, fragmentação, ineficiência, ineficácia e por ser uma indústria de alto risco / baixo lucro (Tezel, Koskela, & Aziz, 2018). Algumas das razões abordadas são: Complexidade técnica, segurança onerosa, regulamentos socioambientais, dualidade de uma nova construção combinada com manutenção e reparo, alta sensibilidade das empresas de construção às condições do mercado, falta de uma visão estratégica, pequenas margens de lucro, e, configurações organizacionais de curto prazo e temporárias (Pasquire, 2012; Tezel et al., 2018; Costa, Denis Granja, Fregola, Picchi, & Portioli Staudacher, 2019). Além disso, como os projetos de construção possuem muitas atividades, pode haver variações de tempo no cumprimento de tarefas que têm um impacto significativo na produtividade das atividades sucessoras, e conseqüentemente na sua performance (Liu, Ballard, & Ibbs, 2011).

A performance das empresas do ramo da construção é resultado das suas práticas de gerenciamento e, também, está relacionada a performance dos seus projetos (Castillo, Alarcón, & Pellicer, 2018). De acordo com Fernandez e Fernandez (2008), considerando o cenário onde as empresas estão em constantes mudanças, são levantados questionamentos acerca das adaptações entre metodologias existentes, e assim, uma nova teoria de gerenciamento de projetos seria passível de avaliação, além da abordagem cascata.

Deste modo, Tommelein (2015) sugere, que *Lean Construction* seja um novo paradigma para o setor da construção civil. Tezel *et al.* (2018) citam os autores Green e May, quando relata que, na indústria da construção civil, o *Lean Construction* pode ser categorizado em 3 dimensões: processos/técnicas para redução de desperdícios e variabilidade, procedimentos para elevar a cooperação e colaboração com subcontratados – *supply chain management*, e uma mudança estratégica na governança geral dos projetos objetivando as parcerias. Complementarmente, Fruchter e Ivanov (2011) tratam de planos de produção ágil no setor da construção civil, envolvendo entregas iterativas para tarefas interdependentes em ciclos de iteração mais curtos, com feedbacks consistentes, ocasionando redução de retrabalho com otimização de eficiência e incremento do desempenho do projeto.

Assim, o objetivo desta pesquisa é realizar uma RSL, relacionada a *lean* e ágil na construção civil, para organizar e compreender os conceitos mais pesquisados. A RSL foi elaborada utilizando a base Scopus e *Web of Science* (WOS), compreendendo artigos e *conference papers*, resultando em 75 publicações entre os anos de 1998 e 2019. Foram identificadas três perspectivas distintas sobre a aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil: (1) Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; (2) Implantação de técnicas alternativas ao cascata; e (3) Otimização de Processos e Incremento de Desempenho. Na caracterização de cada uma das 3 (três) perspectivas, foram identificados subfatores na literatura que conservam associações entre si. Assim, em cada perspectiva, foram (1) descritos os subfatores principais, e (2) compiladas as publicações onde os subfatores são de temas secundários, ou seja, que parecem apoiar os temas principais.

Uma vez fornecidas as descrições sobre cada perspectiva e subfator, é analisada a quantidade de incidências de publicações em cada categoria e, segundo a literatura, são reveladas as barreiras para aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil. Dessa forma, são apontados os prováveis gaps de pesquisa a serem explorados futuramente. Os gaps de pesquisa tornarão contribuições para a academia e prática, no estudo de *lean* e ágil no setor da construção civil, quanto ao incremento da performance.



## 2. Materiais e Métodos

Uma RSL, inicia-se pela identificação de palavras-chave e termos de pesquisa, selecionados a partir do estudo de escopo, da literatura e das discussões entre pares, para definição da *string*. (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003). Assim, a *string* validada por dois doutores e dois especialistas compreende em:  $((civil)AND(construction))AND((agil*)OR(lean)OR(scrum)OR("design\ thinking")OR(kanban))$ .

Esta RSL, realizada no segundo semestre de 2019, utilizou as bases de dados Scopus, em todas as coleções de publicações, e WOS, na principal coleção de publicações. A base Scopus apresentou 256 publicações, enquanto a WOS apresentou 92, totalizando 348 publicações. Como constatou-se 66 publicações duplicadas, resultou-se em 283 referências a serem analisadas. Das 283 publicações analisadas, 108 (39%) eram provenientes de anais e congressos e não foram descartados para a análise da literatura já que Tranfield *et al.* (2003) explicam, que as pesquisas não devem ser conduzidas apenas em periódicos publicados e listadas em bancos de dados bibliográficos, como também em estudos não publicados, anais de conferências, julgamentos da indústria, internet, etc.

Uma vez finalizada a base de documentos para a RSL, foram elencados critérios para selecionar, incluir ou excluir estudos, consistentes com o foco da pesquisa, e explícitos de forma a evitar uma inclusão ou exclusão tendenciosa de estudos e possibilitar uma trilha de auditoria (Oxman, 1993, Tranfield *et al.*, 2003), conforme tabela 1:

Tabela 1  
Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios	Descrição
Critérios de Inclusão	Inclusão de <i>conference papers</i> em função da quantidade expressiva; não houve restrição ao ano de emissão da publicação; e, não houve restrição quanto à fonte de emissão da publicação
Critérios de Exclusão	Publicações referentes à aprendizagem no Ensino Superior; publicações fora do contexto da construção; assuntos essencialmente técnicos, como pavimentações, túneis, metalurgia; (4) assuntos voltados a especificamente um nicho ou região geográfica foram descartados por serem cenários restritos; assuntos voltados a Recursos Humanos, na sua essência; publicações referentes à aplicação de <i>lean</i> em ambientes de escritórios; dissertações/teses; assuntos referentes à Segurança e <i>lean</i> por ser muito específico e não remeter ao campo da Administração; artigos em periódicos descontinuados; publicações não localizadas com o texto na íntegra; publicações que remetem à sustentabilidade na dimensão ambiental essencialmente; e publicações voltadas à gestão contratual na sua essência.

**Nota.** Fonte: próprio autor

Com base nos critérios de inclusão e exclusão, a amostra reduziu de 283 para 81, para leitura em profundidade. Após a análise em profundidade, foram excluídas 6 publicações para o refinamento da base. Foram excluídas (1) publicações que não tratavam de aplicação de métodos, como ágil ou *lean*, para incremento de performance, (2) *conference papers* que já possuíam artigos publicados como desdobramentos dos seus conteúdos, mesmo os artigos não constando da lógica de busca desta revisão sistemática, e (3) publicações onde o conteúdo foi abordado em outro artigo, pelos mesmos autores, em periódicos de estratos mais altos.

Assim, a amostra final foi de 75 publicações, sendo 54 artigos e 21 *conference papers*, onde foram realizadas a extração e síntese dos dados. A extração dos dados é alcançada mediante a classificação das publicações em um conjunto de categorias com o uso de formulários (Tranfield *et al.*, 2003). Assim, para viabilizar essa classificação, foi construída uma tabela buscando representar de forma sintética as publicações elencadas na amostra. Foram estabelecidas duas categorias de critérios, em um total de 16 critérios, conforme tabela 2:





Tabela 2

**Classificação das publicações**

Critérios	Descrição
Compilação geral dos estudos	Com base em Conforto, Amaral e Silva (2011), foram elencados os seguintes critérios para compilação inicial dos dados: (1) nome do periódico; (2) título do artigo; (3) autores; (4) ano de publicação; (5) país; (6) fator de impacto do periódico; (7) palavras chave, (8) quantidade de citações na base Scopus; (9) campo para indicar o atendimento aos objetivos da pesquisa; (10) abordagem de pesquisa, (11) método de pesquisa adotado; (12) unidade de análise; (13) tamanho da amostra; (14) campo para observações relevantes como hipóteses ou proposições, resultados encontrados, limitações da pesquisa e estudos futuros e (15) campo para indicação se a publicação é um artigo ou <i>conference paper</i> .
Perspectivas	Perspectivas, baseadas na literatura, que formam a base para o restante do artigo: (1) Implantação de técnicas alternativas ao cascata; (2) Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; e, (3) Otimização de Processos e Incremento de Desempenho.

Nota. Fonte: próprio autor

Com base nos dados constituídos na tabela 2, foram iniciadas as análises de distribuição dentre os 16 critérios e as análises de relação entre as categorias elencadas. Foram utilizadas as ferramentas biblioshiny e excel para tratamento e análise do conteúdo.

### 3. Apresentação e análise dos resultados

#### 3.1. Compilação geral dos estudos:

A RSL deve facilitar o entendimento da pesquisa pela síntese de estudos, a partir da *string* definida, onde primeiramente pode ser produzido um relatório com análise descritiva abrangente do campo (Tranfield *et al.*, 2003). Assim, iniciou-se a análise descritiva desta RSL pela aferição do número de publicações emitidos por nacionalidade dos autores. Conforme análise dos países emissores de publicações, o Brasil possui posição de segundo lugar em quantidade de publicações, o que parece reforçar a relevância desta revisão sistemática.

Já a Figura 1 demonstra a produção temporal de publicações científicas. Na *string* definida, foi verificado um pico de publicações em torno de 2011 com posterior declínio até aprox. 2016. Após 2016, o número de publicações voltou a subir novamente. Dessa forma, a variação da quantidade de publicações incitou a necessidade da pesquisa da causa externa para este comportamento, como a crise econômica, porém, não há como afirmar que há uma relação.

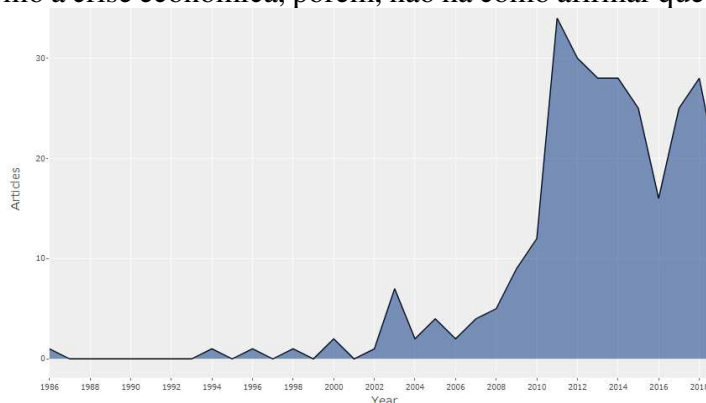


Figura 1. Produção científica anual

Fonte: elaborado pelos próprios autores por meio da ferramenta biblioshiny



Com relação à quantidade de incidências de palavras e termos chaves, foi aferido que o termo *Lean Construction*, desponta na produção de estudos (vide fig. 2).

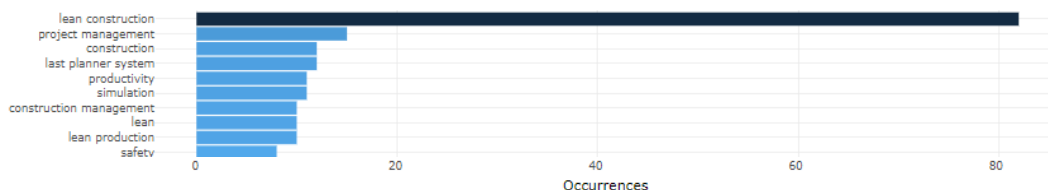


Figura 2. Termos e palavras chaves mais relevantes

Fonte: elaborado pelos próprios autores por meio da ferramenta *biblioshiny*

Quanto às fontes de pesquisa, os periódicos que possuem mais publicações também possuem fator de impacto alto, além de serem da área de Engenharia. No entanto, cabe ressaltar que não foram descartados os artigos referentes aos periódicos com estratos mais baixos pois os critérios de exclusão de artigos não são baseados na relevância da fonte e sim no conteúdo das publicações. Dentre os periódicos, há um balanceamento de publicações quanto às 3 (três) perspectivas. Já com relação aos *conference papers*, há uma predominância da perspectiva que trata da Implantação de Técnicas Alternativas ao Cascata.

Complementarmente, apesar de a amostra ser de 75 publicações, parece ser possível fazer observações genéricas dos resultados dentro de uma estrutura metodológica. De acordo com a tabela 3, em função grande maioria das publicações serem qualitativas, parece que a literatura sobre a aplicação de *lean* e ágil na construção civil, não é sedimentada, ou seja, parece que há ainda novidade. Além do domínio da abordagem qualitativa, de acordo com as publicações analisadas, foi verificado que os métodos de pesquisa teórico e estudo de caso predominam, ao invés de pesquisas quantitativas, de maiores amostras. As quantidades de unidades de análise dos estudos de casos corroboram com esta afirmação, já que a amostra dos estudos de caso por publicação, não ultrapassa de 3 unidades em 82% dos casos. Assim, as abordagens, métodos de pesquisa e quantidades de unidades de análise parecem apontar à não sedimentação e à novidade da aplicação de *lean* e ágil na construção civil. Bamana, Lehoux e Cloutier (2019) reforçam esta novidade, quando tratam em seu estudo que ainda há um aumento de empresas que estão começando a aceitar a ideia de lucratividade pela utilização do *lean*. Por fim, ao perpassar pelas 3 perspectivas, pode ser verificado que há distribuição equilibrada dentre elas ao analisar as abordagens e métodos, ainda que a linha de Implantação de técnicas alternativas ao cascata expresse a maior incidência.

Tabela 3

Associação entre as abordagens de pesquisa, categorias e quantidade de publicações

Abordagem	Implantação de técnicas alternativas ao cascata	Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional	Otimização de Processos e Incremento de Desempenho	Total Geral
Qualitativa	30	19	21	70
Quantitativa	2	1	0	3
Misto	1	1	0	2
<i>Total Geral</i>	33	21	21	75

Nota. Fonte: próprio autor

3.2. Perspectivas:

Na categorização das publicações, foram identificadas associações dentre perspectivas e subfatores. Assim, em cada perspectiva, foram descritos os subfatores principais com os respectivos autores conforme amostra de publicações estudada; e, além disso, são apresentados



tambem, os autores dos links com as duas outras perspectivas estipuladas. Ou seja, são apresentadas publicações onde os subfatores são os temas principais e publicações onde os subfatores são os temas secundários, ou que parecem apoiar os temas principais: temas apoiadores.

### a) Implantação de técnicas alternativas ao cascata

Tabela 4

Associação entre subfatores pertencentes à categoria Implantação de técnicas alternativa ao cascata, categorias e publicações principais e apoiadoras

Subfatores	Implantação de técnicas alternativas ao cascata	Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional	Otimização de Processos e Incremento de Desempenho
<b>Implantação do Lean Construction</b>	(Ballard & Howell, 2003) (Pasquire, 2012) (Cupertino, Vilarinho, Alencar, & Do Amaral, 2012) (Yu, Al-Hussein, Al-Jibouri, & Telyas, 2013) (Yang, Xu, Wang, & Zhou, 2013) (Tommelein, 2015) (Mandujano, Mourgues, Alarcón, & Kunz, 2017) (Wang & Zhang, 2018) (Costella, Bugnotto, Pinzon, Lopes, & Dalcanton, 2018) (Lucena & Mori, 2018) (Sullivan, 2011)	(Howell, Ballard, & Tommelein, 2011) (Nahmens & Ikuma, 2012) (Tezel et al., 2018) (El-Sabek & McCabe, 2018) (Castillo, et. al., 2018)	(Howell, 2011) (Heravi & Rashid, 2018)
<b>Implantação do Last Planner System</b>	(Ballard & Howell, 2003) (Priven & Sacks, 2015) (Frandsen & Tommelein, 2014) (Kim, Kim, Park, & Yoo, 2015) (Khanh & Kim, 2015) (Castillo, Alarcón, & Salvatierra, 2018) (Perez & Ghosh, 2018)	(Choo, Tommelein, Ballard, & Zabelle, 1998) (Tezel et al., 2018) (El-Sabek & McCabe, 2018) (Daniel, Pasquire, & Dickens, 2019)	(Howell, 2011) (Liu et al., 2011)
<b>Técnica Planejamento Puxado</b>	(Ballard & Howell, 2003) (Cupertino et al., 2012) (Sivaraman & Varghese, 2016)	(Ko & Li, 2014)	(Sacks, Esquenazi, & Goldin, 2007)
<b>Just in Time (JIT)</b>	(Bamana et al., 2019)	-	(Sacks et al., 2007)
<b>Implantação do kanban</b>	(Burgos & Costa, 2012)	(Ko & Li, 2014)	(Tezel, Koskela, Tzortzopoulos, Koskenvesa, & Sahlstedt, 2011) (Valente, Brandalise, & Formoso, 2019)
<b>Práticas Gerenciamento de Projetos de Engenharia</b>	(Ballard & Howell, 2003) (Deshpande, Filson, Salem, & Miller, 2012) (Pasquire, 2012) (Vivan & Paliari, 2013) (Abrishami, Goulding, Ganah, & Rahimian, 2013) (Lee, Tommelein, & Ballard, 2012) (Mandujano et al., 2017) (Fruchter & Ivanov, 2011)	(Bayraktar, Hastak, Gokhale, & Safi, 2011)	(Ko & Chung, 2014) (Tribelsky & Sacks, 2007) (Garcia, Mollaoglu-Korkmaz, & Miller, 2014) (Tribelsky & Sacks, 2011)





<b>BIM</b>	(Mahalingam, Yadav, & Varaprasad, 2015) (Perez, Fernandes, & Costa, 2016) (Hamledari et al., 2017) (Mandujano et al., 2017) (Ozturk, 2019) (Franz & Messner, 2019)	(Deng, Gan, Das, Cheng, & Anumba, 2019)	(Howell, 2011) (Michaud, Forgues, Meyer, & Ouellet-Plamondon, 2019) (Valente et al., 2019)
<b>Planejamento utilizado a técnica takt e linha de balanço</b>	(Frandsen & Tommelein, 2014)	-	-
<b>Implantação de técnicas ágeis</b>	(Yang et al., 2013) (Fruchter & Ivanov, 2011)	-	-
<b>Value stream mapping (VSM)</b>	(Simonsson, Björnfort, Erikshammar, & Olofsson, 2012) (Cupertino et al., 2012) (Yu et al., 2013)	-	(Ko & Chung, 2014) (Michaud et al., 2019)
<b>Work in Process (WIP) e Reliable Commitment Model (RCM)</b>	(Gonzalez, Alarcn, Maturana, & Bustamante, 2011)	-	(Antunes et al., 2018) (Tribelsky & Sacks, 2011)
<b>Implantação do 5S e Seis Sigma</b>	(Deshpande et al., 2012) (Yu et al., 2013) (Sullivan, 2011)	-	(Nakagawa, 2005)
<b>Implantação de Kaizen</b>	(Arriola, Denis, & Rodríguez, 2018)	(Nahmens & Ikuma, 2012)	(Nakagawa, 2005)
<b>Gerenciamento da Qualidade</b>	(Wang & Zhang, 2018) (Sullivan, 2011)	-	-

**Nota.** Esta tabela foi apresentada em termos de estrutura dos dados e de suas informações principais, mas não completa neste artigo, para fins de proporcionar leitura mais fluida. A tabela completa está publicada no link <https://drive.google.com/open?id=19TX0cf4tjk26r4qTFGPIn4PF2d3oMcdL>. Fonte: próprio autor

## b) Estratégia, estrutura e relacionamentos intra e inter organizacionais

Tabela 5

**Associação entre subfatores pertencentes à categoria Estratégia, estrutura e relacionamentos intra e inter organizacionais, categorias e publicações principais e apoiadoras**

Subfatores	Implantação de técnicas alternativas ao cascata	Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional	Otimização de Processos e Incremento de Desempenho
<b>Traditional project delivery x lean project delivery</b>	(Yang et al., 2013) (Khanh & Kim, 2015) (Perez & Ghosh, 2018)	(Choo, Tommelein, Ballard, & Zabelle, 1998) (Dawood & Sriprasert, 2006) (Howell et al., 2011) (Bayraktar et al., 2011) (Fayek & Peng, 2013) (Ko & Li, 2014) (Ali, Arun, & Krishnamurthy, 2017) (Castillo, et. al., 2018)	(Howell, 2011) (Arashpour & Arashpour, 2015)
<b>Estratégia e lean</b>	(Yu et al., 2013) (Kim et al., 2015) (Arriola, et. al., 2018) (Perez & Ghosh, 2018) (Gonzalez et al., 2011)	(Valente, Novaes, Mourão, & Neto, 2012) (El-Sabek & McCabe, 2018) (Daniel et al., 2019)	(Sacks et al., 2007) (Ozorhon, Abbott, & Aouad, 2014) (Poshdar, González, Raftery, & Orozco, 2014) (Heravi & Rashid, 2018)
<b>Parceria com Stakeholders</b>	(Khanh & Kim, 2015) (Mandujano et al., 2017)	(Bayraktar et al., 2011) (Daniel et al., 2019)	(C.-H. Ko & Chung, 2014)



<b>Gerenciamento de Supply Chain</b>	(Pasquire, 2012) (Yu et al., 2013) (Sullivan, 2011)(Frandsen & Tommelein, 2014) (Khanh & Kim, 2015)	(Palacios, Gonzalez, & Alarcón, 2014) (Tezel et al., 2018) (Javanmardi, Abbasian-Hosseini, Liu, & Hsiang, 2018) (Costa et al., 2019) (Deng et al., 2019) (Daniel et al., 2019)	(Ozorhon et al., 2014)
<b>Small and medium enterprises (SMEs) e mega projects (MPs)</b>	(Frandsen & Tommelein, 2014)	(Tezel et al., 2018) (El-Sabek & McCabe, 2018)	-
<b>Governança</b>	-	(Tezel et al., 2018) (El-Sabek & McCabe, 2018)	-
<b>Multicriteria decision methods</b>	-	(Bayraktar et al., 2011) (Arroyo, Tommelein, & Ballard, 2015) (Melo, Medeiros, & Almeida, 2015)	-
<b>Relação entre lean e sustentabilidade</b>	(Wang & Zhang, 2018)	(Nahmens & Ikuma, 2012)	(Howell, 2011)
<b>Reengenharia</b>	-	(Green & May, 2003) (Winch, 2003)	(Howell, 2011)

**Nota.** Esta tabela foi apresentada em termos de estrutura dos dados e de suas informações principais, mas não completa neste artigo, para fins de proporcionar leitura mais fluida. A tabela completa está publicada no link <https://drive.google.com/open?id=19TX0cf4tjk26r4qTFGPIn4PF2d3oMcdL>. Fonte: próprio autor

### c) Otimização de processos e incremento de performance

Tabela 6

**Associação entre subfatores pertencentes à categoria Otimização de processos e incremento de performance, categorias e publicações principais e apoiadoras**

Subfatores	Implantação de técnicas alternativas ao cascata	Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional	Otimização de Processos e Incremento de Desempenho
<b>Gerenciamento da informação e comunicação e gerenciamento visual</b>	(Pasquire, 2012) (Cupertino et al., 2012) (Yu et al., 2013) (Priven & Sacks, 2015)	(Castillo, et. al., 2018)	(Nakagawa, 2005) (Tribelsky & Sacks, 2007) (Michaud et al., 2019) (Valente et al., 2019) (Tribelsky & Sacks, 2011)
<b>Padronização, redução da variabilidade e buffers</b>	(Yu et al., 2013) (Tommelein, 2015) (Gonzlez et al., 2011)	(Bayraktar et al., 2011) (El-Sabek & McCabe, 2018)	(Poshdar et al., 2014) (Arashpour & Arashpour, 2015) (Michaud et al., 2019) (Heravi & Rashid, 2018)
<b>Produtividade da força de trabalho e estudo de workflow</b>	(Simonsson et al., 2012) (Pasquire, 2012) (Cupertino et al., 2012) (Priven & Sacks, 2015) (Wang & Zhang, 2018) (Fruchter & Ivanov, 2011)	(Howell et al., 2011) (Daniel et al., 2019)	(Sacks et al., 2007) (Watkins, Mukherjee, Onder, & Mattila, 2007) (Arashpour & Arashpour, 2015) (Siu, Lu, & Abourizk, 2016) (Antunes et al., 2018) (Siu et al., 2016) (Liu et al., 2011)
<b>Medição de performance</b>	(Castillo, Alarcón, & Salvatierra, 2018)	(Valente et al., 2012) (El-Sabek & McCabe, 2018) (Castillo, et. al., 2018)	(S. J. Lee & Graves, 2000) (Gehbauer, Zülch, Michael, & Börkircher, 2007)(Tribelsky & Sacks, 2007)



<b>Social Networks</b>	(Simonsson et al., 2012) (Yu et al., 2013) (Abrishami et al., 2013) (Priven & Sacks, 2015) (Frandsen & Tommelein, 2014) (Tommelein, 2015) (Castillo, Alarcón, & Salvatierra, 2018) (Costella et al., 2018)	(Daniel et al., 2019)	(Howell, 2011) (Garcia et al., 2014)
<b>Conhecimento e Aprendizagem</b>	(Simonsson et al., 2012) (Cupertino et al., 2012) (Khanh & Kim, 2015) (Arriola, et. al., 2018)	(Tezel et al., 2018)	(Tezel et al., 2011) (Ko & Chung, 2014) (Ozorhon et al., 2014) (Buhamdan, Alwisy, Bouferguene, & Al-Hussein, 2019)

**Nota.** Esta tabela foi apresentada em termos de estrutura dos dados e de suas informações principais, mas não completa neste artigo, para fins de proporcionar leitura mais fluida. A tabela completa está publicada no link <https://drive.google.com/open?id=19TX0cf4tjk26r4qTFGPIn4PF2d3oMcdL>. Fonte: próprio autor

#### 4. Discussão e Recomendações Futuras

Os estudos abordados nessa RSL revelaram o panorama geral da aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil. Primeiramente foi determinada a amostra de publicações, e realizada a análise metodológica. Foram analisadas as abordagens e métodos de pesquisa dentre a amostra de publicações selecionada. Foi identificada a predominância de publicações qualitativas com métodos de pesquisa teórico e estudo de caso. A quantidade de unidades de análise predominante para estudos de caso foi de até 3 unidades em 82% dos casos. Assim, as abordagens, métodos de pesquisa e quantidades de unidades de análise parecem apontar a não sedimentação e a novidade da aplicação de *lean* e ágil na construção civil, na academia e prática.

Adicionalmente, o propósito desta pesquisa foi também desenvolver a compreensão das principais características da aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil por meio da síntese e consolidação de um corpo de publicações divididas entre três perspectivas, desdobradas em subfatores: (1) Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; (2) Implantação de técnicas alternativas ao cascata; e (3) Otimização de Processos e Incremento de Desempenho. Cada uma das três perspectivas possui subfatores, que foram classificados como temas principais ou apoiadores.

##### a) Análise dos subfatores como temas principais

Com base nas associações realizadas entre os autores x subfatores na seção de Resultados, foram mapeados 5 subfatores com maior incidência de publicações: (1) *Traditional project delivery x Lean project delivery*, (2) Implantação do *Lean Construction*, (3) Práticas Gerenciamento de Projetos de Engenharia, (4) Implantação do *Last Planner System*, e (5) Produtividade da força de trabalho e estudo de *workflow*.

No subfator *Traditional project delivery x Lean project delivery*, foi verificado que as práticas decorrentes da metodologia *lean*, quando aplicadas nas organizações, e/ou, em conjunto com técnicas tradicionais em projetos, podem trazer benefícios à organização, principalmente no gerenciamento de tempo e custo. O sistema tradicional se baseia no gerenciamento do cronograma e caminho crítico, maximizando a produtividade em cada atividade, para otimizar a entrega do projeto em termos de custo e duração. Já o *Lean Construction*, ao adiar o planejamento detalhado até mais perto do ponto de ação, além de envolver no planejamento todos os stakeholders, time de projeto e subcontratados, visa a maximizar o desempenho do projeto como um todo, explorando as falhas, ainda, como



oportunidades de aprendizado (Dawood & Sriprasert, 2006; Choo *et al.*, 1998; Howell *et al.*, 2011; Fayek & Peng, 2013; Ko & Li, 2014; Ali *et al.*, 2017; Bayraktar *et al.*, 2011).

A Implantação do *Lean Construction* difere do gerenciamento de projetos tradicional, não apenas em seus objetivos, como também na estrutura do projeto, relação entre as fases do projeto, e a relação colaborativa entre os participantes em cada fase (Ballard & Howell, 2003; Cupertino *i.*, 2012; Tommelein, 2015; Sullivan, 2011; Pasquire, 2012). Apesar de Yang *et al.* (2013), apresentarem que o *lean* possui uma vulnerabilidade, há também forma de mensuração do desempenho das técnicas no *lean* dentro de projetos ou organização, para medir e acompanhar essa vulnerabilidade (Yui., 2013; Costella *i.*, 2018; Lucena & Mori, 2018). Além disso, Tommelein (2015) aborda como uma das definições do *lean*, a teoria TFV (*transformation* (T), *flow* (F), e *value* (V)) desenvolvida por Koskela. Nela, para gerenciamento efetivo dos sistemas produtivos, as três visões da produção devem ser adotadas simultaneamente.

Já em Práticas de Gerenciamento de Projetos de Engenharia, foi discorrido sobre a utilização de técnicas enxutas para redução da variabilidade e desperdício durante o processo de gerenciamento, por meio de mecanismos como o *Integrated Project Design* (IPD), *Virtual Design e Construction* (VDC), *Virtual Design* (VR), redução da iteração negativa e *concurrent engineering* (Ballard & Howell, 2003; Deshpande *et al.*, 2012; Vivan & Paliari, 2013; Abrishami *et al.*, 2013; Fruchter & Ivanov, 2011; Mandujano *et al.*, 2017; *i.*, 2012; Pasquire, 2012).

O *Last Planner System* (LPS) é um sistema de controle desenvolvido para melhorar a confiabilidade do planejamento do projeto e *workflow*, gerenciar os relacionamentos, nortear as decisões e o planejamento do projeto de forma colaborativa, entre o time de projeto, subcontratados e stakeholders (Ballard & Howell, 2003; Priven & Sacks, 2015; Frandson & Tommelein, 2014; Kim *et al.*, 2015; Khanh & Kim, 2015; Castillo *et al.*, 2018; Perez & Ghosh, 2018). Além disso, dada a interação dentre os subfatores, a técnica do LPS pode trabalhar em conjunto a análise de produtividade da força de trabalho e estudo de *workflow* (Sacks *et al.*, 2007; Watkins *et al.*, 2007; Arashpour & Arashpour, 2015; Siu *et al.*, 2016; Antunes *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2011). Liu *et al.* (2011) estabelecem que a produtividade melhora quando o fluxo de trabalho se torna mais previsível já que uma parcela considerável da despesa de projetos de construção, destina-se a mão-de-obra. Dessa forma, parece contundente a elaboração e acompanhamento do planejamento.

Assim, os cinco subfatores de maior incidência de publicações como tema principal tratados acima, parecem caracterizar-se, portanto, como sendo de menos novidade tanto na academia, quanto na prática.

### **b) Análise dos subfatores como temas secundários, que parecem apoiar os temas principais**

Foi verificada também, a quantidade de incidências de temas secundários, ou seja, temas que parecem apoiar (temas apoiadores) os temas principais das publicações da amostra. Logo, os respectivos subfatores são: (1) Implantação do *Lean Construction*, sob a perspectiva de Implantação de técnicas alternativas ao cascata; (2) Produtividade da força de trabalho e estudo de workflow, sob a perspectiva de Otimização de Processos e Incremento de Desempenho (3) Estratégia e *lean*, sob a perspectiva de Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; e (4) *Social Networks*, sob a perspectiva de Otimização de Processos e Incremento de Desempenho.

Assim, as circunstâncias acerca desses 4 (quatro) subfatores, podem ser considerados como um achado dessa pesquisa. Os dois primeiros subfatores se posicionam





concomitantemente como temas principais e temas apoiadores, parecendo sinalizar, portanto, um início de sedimentação na academia e prática. Já os dois últimos subfatores, como apoiadores de temas principais, podem revelar um gap de pesquisa.

O subfator Estratégia e *Lean* associa mecanismos do *Lean Construction* à estratégia organizacional de forma a obter vantagem competitiva. São tratados neste tópico o gerenciamento de interfaces e auditorias (Valente *et al.*, 2012; El-Sabek & McCabe, 2018) e, com base em Daniel *et al.* (2019), foram estabelecidos os níveis de suporte à implantação do LPS: nível do projeto (NP), nível da organização (NO) e habilitadores externos (HE). Em função da aplicação de *lean* e ágil na construção civil parecer ser novidade, a necessidade de se apoiar a implantação de técnicas e mecanismos associados ao *Lean*, faz com que o subfator apoiador de Estratégia e *Lean*, pareça ser necessário para alavancar o desempenho de projetos no setor da construção civil. Ou seja, abre-se campo para um dos achados desta pesquisa, onde há o questionamento sobre a necessidade e quantificação do suporte a nível de projeto, organização e habilitadores externos, junto à implantação do *Lean Construction*, objetivando elevar o desempenho em projetos na construção civil. Além disso, cabe indagar como os níveis de suporte poderão vencer os desafios e barreiras que o *lean* enfrenta.

O subfator *Social Networks* discorre sobre o modelo *Cynefin* (Howell, 2011 e Tommelein, 2015), onde o desempenho dos projetos parece ser facilitado quando há (1) integração de equipes, (2) tomada de decisão colaborativa, (3) respeito, (4) confiança, (5) envolvimento precoce dos participantes do projeto e comunicação aberta, (6) dinâmica da troca de informações entre os participantes, (7) redução de desperdício, (8) estímulo à inovação e o aprendizado, (9) além de agregar mais valor aos clientes (Howell, 2011; Priven & Sacks, 2015; Garcia *et al.*, 2014; Tommelein, 2015; Castillo *et al.*, 2018). Em função da aplicação de *lean* e ágil na construção civil parecer ser novidade, a necessidade de se apoiar a implantação de técnicas e mecanismos associados ao *lean*, faz com que o subfator apoiador *Social Networks*, pareça ser necessário para alavancar o desempenho de projetos no setor da construção civil. Ou seja, abre-se campo para outro achado desta pesquisa, onde há o questionamento sobre até que ponto as atitudes/comportamentos/relacionamentos interpessoais dos indivíduos que integram times de projeto/subcontratados/*stakeholders* podem influenciar o desempenho em projetos na construção civil, onde são implantados o *Lean Construction*.

### c) Análise dos subfatores com temas principais e secundários

Há dois subfatores que não se encontram dentre aqueles de maior incidência tanto de subfatores principais como apoiadores, porém parecem apresentar questionamentos pertinentes. O primeiro subfator trata-se da Implantação de técnicas ágeis. Com relação à metodologia ágil, pode ser verificado que dentre a análise da amostra de publicações, foram identificados apenas 2 (dois) *conference papers* que relacionam o setor da construção civil com a metodologia ágil. Quando comparado às 75 publicações totais da amostra, parece que há baixa incidência neste subfator. Logo, abre-se campo para outro achado desta pesquisa, onde há o questionamento acerca da concreta aplicação da metodologia ágil no setor da construção civil.

O segundo subfator trata da Padronização, redução da variabilidade e buffers. Esse subfator possui associação principal ou secundária com 10 publicações, onde 5 (cinco) destas publicações, analisam estudos de caso. Destas 5 (cinco), apenas 1 (uma) publicação, tem os seus estudos de casos com base em projetos não modulares ou repetitivos, ou seja, sem variações de escopo. No entanto, a natureza do setor da construção civil é fragmentada (Sacks *et al.*, 2007; Michaud *et al.*, 2019; Winch, 2003; Tezel *et al.*, 2018; El-Sabek & McCabe, 2018; Costa *et al.*, 2019; Daniel *et al.*, 2019), podendo ficar exposta à variabilidade. Logo, abre-se campo para outro achado desta pesquisa, onde há o questionamento acerca da forma escalar de





aplicação da padronização, redução da variabilidade e buffers, em projetos não modulares ou repetitivos, para elevar o desempenho em projetos no setor da construção civil.

### 5. Conclusão e Recomendações para futuras pesquisas

O objetivo desta pesquisa foi levantar e conceituar os discursos relacionados à aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil, por meio de uma RSL. A RSL foi elaborada utilizando a base Scopus e WOS, compreendendo artigos e *conference papers*, resultando em 75 publicações entre os anos de 1998 e 2019. Por meio da análise dos artigos e *conference papers* sobre as abordagens, métodos de pesquisa e quantidades de unidades de análise, os resultados parecem apontar a não sedimentação e a novidade da aplicação de *lean* e ágil na construção civil, na academia e prática.

Adicionalmente, para cumprir o objetivo desta pesquisa, foi desenvolvida a síntese e consolidação de um corpo de publicações, divididas entre três perspectivas e desdobradas em subfatores: (1) Estratégia, Estrutura e Relacionamentos Intra e Inter Organizacional; (2) Implantação de técnicas alternativas ao cascata; e (3) Otimização de Processos e Incremento de Desempenho. Na caracterização de cada uma das 3 (três) perspectivas, foram identificados subfatores na literatura que conservavam associações entre si. Assim, em cada perspectiva, foram (1) descritos os subfatores principais, e (2) compiladas as publicações onde os subfatores eram de temas secundários, ou seja, que pareceram apoiar os temas principais.

Uma vez fornecidas as descrições sobre cada perspectiva e subfator, foi analisada a quantidade de incidências de publicações em cada categoria e, segundo a literatura, foram reveladas as barreiras para aplicação de *lean* e ágil no setor da construção civil. Assim, cinco subfatores obtiveram maior incidência de publicações como tema principal: (1) Implantação do *Lean Construction*, (2) *Traditional project delivery x Lean project delivery*; (3) Práticas Gerenciamento de Projetos de Engenharia; (4) Implantação do *Last Planner System*; e (5) Produtividade da força de trabalho e estudo de *workflow*. Esses 5 (cinco) subfatores portanto, parecem caracterizar-se, como sendo de menos novidade tanto na academia, quanto na prática.

Além disso, foi verificado também, a quantidade de incidências de temas secundários, ou seja, temas que parecem apoiar (temas apoiadores) os temas principais das publicações da amostra, onde os respectivos subfatores são: (1) Implantação do *Lean Construction*, (2) Produtividade da força de trabalho e estudo de *workflow*, (3) Estratégia e *lean*, e (4) *Social Networks*. Os dois primeiros subfatores se posicionaram concomitantemente como temas principais e temas apoiadores, parecendo sinalizar, portanto, um início de sedimentação na academia e prática.

Sobre o subfator Estratégia e *Lean*, em função da aplicação de *lean* e ágil na construção civil parecer ser novidade, a necessidade de se apoiar a implantação de técnicas e mecanismos associados ao Lean, faz com que o subfator apoiador de Estratégia e Lean, pareça ser necessário para alavancar o desempenho de projetos no setor da construção civil. Ou seja, abre-se campo para o questionamento sobre a necessidade e quantificação do suporte a nível de projeto, organização e habilitadores externos, junto à implantação do *Lean Construction*, para que haja elevado desempenho em projetos na construção civil. Além disso, cabe indagar como os níveis de suporte poderão vencer os desafios e barreiras que o *lean* enfrenta. Logo, esses dois questionamentos caracterizam-se como recomendações para futuras pesquisas.

Quanto ao subfator *Social Networks*, em função da aplicação de *lean* e ágil na construção civil parecer ser novidade, a necessidade de se apoiar a implantação de técnicas e mecanismos associados ao *lean*, faz com que o subfator apoiador *Social Networks*, pareça ser necessário para alavancar o desempenho de projetos no setor da construção civil. Ou seja, abre-se campo para o questionamento sobre até que ponto as atitudes, comportamentos e



relacionamentos interpessoais dos indivíduos que integram times de projetos, subcontratados ou stakeholders, podem influenciar no desempenho em projetos na construção civil, onde são implantados o *Lean Construction*. Logo, esse questionamento caracteriza-se como recomendação para futuras pesquisas.

Por fim, há dois subfatores que não se encontram dentre aqueles de maior incidência tanto de subfatores principais como apoiadores, porém parecem apresentar questionamentos pertinentes. O primeiro subfator trata-se da Implantação de técnicas ágeis. Como parece que há baixa incidência de publicações neste subfator, abre-se campo para o questionamento acerca da concreta aplicação da metodologia ágil no setor da construção civil. O segundo subfator trata da Padronização, redução da variabilidade e buffers. Como esse subfator possui baixa incidência de estudos de casos com projetos não modulares ou não repetitivos, logo, abre-se campo para o questionamento acerca da forma escalável de aplicação da padronização, redução da variabilidade e buffers, em projetos não modulares ou não repetitivos, para elevar o desempenho em projetos no setor da construção civil. Logo, esse questionamento caracteriza-se como recomendação para futuras pesquisas.

## 6. Referências Bibliográficas

Abrishami, S., Goulding, J. S., Ganah, A., & Rahimian, F. P. (2013). Exploiting modern opportunities in AEC industry: A paradigm of future opportunities. *AEI 2013: Building Solutions for Architectural Engineering - Proceedings of the 2013 Architectural Engineering National Conference*, 320–332.

Ali, S. A. A., Arun, C., & Krishnamurthy, K. (2017). New approach for direct and indirect time wastes in civil construction engineering. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(12), 817–832.

Antunes, R., González, V. A., Walsh, K., Rojas, O., O’Sullivan, M., & Odeh, I. (2018). Benchmarking Project-Driven Production in Construction Using Productivity Function: Capacity and Cycle Time. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3), 1–13.

Arashpour, M., & Arashpour, M. (2015). Analysis of workflow variability and its impacts on productivity and performance in construction of multistory buildings. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 1–9.

Arroyo, P., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2015). Comparing AHP and CBA as decision methods to resolve the choosing problem in detailed design. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(1), 1–8.

B., A. O., Denis, G. A., & Rodríguez D., S. (2018). An initial evaluation of a method for adopting kaizen events in the construction sector. *Revista Ingenieria de Construccion*, 33(2), 173–182.

Ballard, G. & Howell, G. A. (2003). Lean project management. *Building Research and Information*, 31(1), 1–15.

Bamana, F., Lehoux, N., & Cloutier, C. (2019). Simulation of a Construction Project: Assessing Impact of Just-in-Time and Lean Principles. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(5), 1–15.

Bayraktar, M. E., Hastak, M., Gokhale, S., & Safi, B. (2011). Decision tool for selecting the optimal techniques for cost and schedule reduction in capital projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(9), 645–655.

Buhamdan, S., Alwisy, A., Bouferguene, A., & Al-Hussein, M. (2019). Novel Approach to Overcoming Discontinuity in Knowledge: Application in Value-Adding Frameworks in Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(8).



- Burgos, A. P., & Costa, D. B. (2012). Assesment of kanban use on construction sites. IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction.
- Castillo, T., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2018). Finding Differences among Construction Companies' Management Practices and Their Relation to Project Performance. *Journal of Management in Engineering*, 34(3), 1–13.
- Castillo, T., Alarcón, L. F., & Salvatierra, J. L. (2018). Effects of Last Planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(3).
- Choo, H., J., Tommelein, I. D., Ballard, G., & Zabelle, T. R. (1998). Workplan: Constraint-based databased for work package scheduling. *Congress on Computing in Civil Engineering*, (June), 151–161.
- Conforto, E. C, Amaral, D. C., & Silva, S. L., (2011, setembro). Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP 2011. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Costa, F., Denis Granja, A., Fregola, A., Picchi, F., & Portioli Staudacher, A. (2019). Understanding Relative Importance of Barriers to Improving the Customer-Supplier Relationship within Construction Supply Chains Using DEMATEL Technique. *Journal of Management in Engineering*, 35(3), 1–13.
- Costella, M. F., Bugnotto, G., Pinzon, A., Lopes, P. E., & Dalcanton, F. (2018). Proposal and evaluation of a method to implement the lean construction principles. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 545–557.
- Cupertino, D., Vilarinho, S. A., Alencar, L., & Do Amaral, T. G. (2012). Application of the principles of lean thinking in the post work construction department. IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction.
- Daniel, E. I., Pasquire, C., & Dickens, G. (2019). Development of Approach to Support Construction Stakeholders in Implementation of the Last Planner System. *Journal of Management in Engineering*, 35(5), 1–16.
- Dawood, N., & Sriprasert, E. (2006). Construction scheduling using multi-constraint and genetic algorithms approach. *Construction Management and Economics*, 24(1), 19–30.
- De Melo, R. M., De Medeiros, D. D., & De Almeida, A. T. (2015). A multicriteria model for ranking of improvement approaches in construction companies based on the PROMETHÉE II method. *Producao*, 25(1), 69–78.
- Deng, Y., Gan, V. J. L., Das, M., Cheng, J. C. P., & Anumba, C. (2019). Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4), 1–14.
- Deshpande, A. S., Filson, L. E., Salem, O. M., & Miller, R. A. (2012). Lean techniques in the management of the design of an industrial project. *Journal of Management in Engineering*, 28(2), 221–223.
- El-Sabek, L. M., & McCabe, B. Y. (2018). Framework for Managing Integration Challenges of Last Planner System in IMPs. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(5), 1–14.
- Fayek, A. R., & Peng, J. (2013). Adaptation of WorkFace Planning for construction contexts. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40(10), 980–987.
- Fernandez, D.J. & Fernandez, J.D. (2008). Agile Project Management – Agilism versus traditional approaches. *Journal of Computer Information System*, 49(2), 10-17.
- Frandsen, A., & Tommelein, I. D. (2014). Development of a Takt-time Plan: A Case Study. *Construction Research Congress 2014*, 1646–1655.



- Franz, B., & Messner, J. (2019). Evaluating the Impact of Building Information Modeling on Project Performance. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(3), 1–9.
- Fruchter, R., & Ivanov, P. V. (2011). Agile IPD Production Plans As an Engine of Process Change. *Computing in Civil Engineering*.
- Garcia, A. J., Mollaoglu-Korkmaz, S., & Miller, V. D. (2014). Progress Loops in Interorganizational Project Teams: An IPD Case. *Construction Research Congress 2014*.
- Gehbauer, F., Zülch, G., Michael, O., & Börkircher, M. (2007). Simulation-based analysis of disturbances in construction operations. *Lean Construction: A New Paradigm for Managing Capital Projects - 15th IGLC Conference*, (July), 571–579.
- Gonzalez, V., Alarcn, L. F., Maturana, S., & Bustamante, J. A. (2011). Site management of work-in-process buffers to enhance project performance using the reliable commitment model: Case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(9), 707–715.
- Green, S. D., & May, S. C. (2003). Re-engineering construction: Going against the grain. *Building Research and Information*, 31(2), 97–106.
- Hamledari, H., McCabe, B., Davari, S., Shahi, A., Rezazadeh Azar, E., & Flager, F. (2017). Evaluation of computer vision- And 4D BIM-based construction progress tracking on a UAV platform. *6th CSCE-CRC International Construction Specialty Conference 2017 - Held as Part of the Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference and General Meeting 2017*, 1, 621–630.
- Heravi, G., & Rashid, M. (2018). Developing an Approach to Develop and Validate a Lean Construction Plan Using Performance Evaluation of Repetitive Subprojects. *Journal of Architectural Engineering*, 24(1).
- Howell, G. A., Ballard, G., & Tommelein, I. (2011). Construction engineering-reinvigorating the discipline. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10), 740–744.
- Howell, G. A. N. operating system for project management: C. and opportunities. (2011). New operating system for project management: Consequences and opportunities. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10), 882–886.
- Javanmardi, A., Abbasian-Hosseini, S. A., Liu, M., & Hsiang, S. M. (2018). Benefit of Cooperation among Subcontractors in Performing High-Reliable Planning. *Journal of Management in Engineering*, 34(2), 1–12.
- Khanh, H. D., & Kim, S. Y. (2015). A survey on production planning system in construction projects based on Last Planner System. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20(1), 1–11.
- Kim, S. C., Kim, Y. W., Park, K. S., & Yoo, C. Y. (2015). Impact of measuring operational-level planning reliability on management-level project performance. *Journal of Management in Engineering*, 31(5).
- Ko, C.-H., & Chung, N.-F. (2014). Lean Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(6), 1–13.
- Ko, C. H., & Li, S. C. (2015). Lean concurrent submittal review systems. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(3), 478–484.
- Lee, H. W., Tommelein, I. D., & Ballard, G. (2012). Design of an Infrastructure Project Using a Point-Based Methodology. *Journal of Management in Engineering*, 28(3), 291–299.
- Lee, S. J., & Graves, A. P. (2000). Benchmarking production processes in civil engineering. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*, 138(4), 167–173.
- Liu, M., Ballard, G., & Ibbs, W. (2011). Work flow variation and labor productivity: Case study. *Journal of Management in Engineering*, 27(4), 236–242.





- Lucena, A. F. E., & De Mori, L. M. (2018). Critical analysis of Lean Construction measuring tools. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15(2), 311–321.
- Mahalingam, A., Yadav, A. K., & Varaprasad, J. (2015). Investigating the Role of Lean Practices in Enabling BIM Adoption: Evidence from Two Indian Cases. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(7), 1–13.
- Mandujano, M. G., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Kunz, J. (2017). Modeling Virtual Design and Construction Implementation Strategies Considering Lean Management Impacts. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 32(11), 930–951.
- Michaud, M., Forgues, D., Meyer, J., & Ouellet-Plamondon, C. (2019). A case study on improving standardization in the conception phase by developing tools and protocols. *Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering*, 927–936.
- Nahmens, I., & Ikuma, L. H. (2012). Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding. *Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 155–163.
- Nakagawa, Y. (2005). Importance of standard operating procedure documents and visualization to implement lean construction. *13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings*, 207–215.
- Oxman, A. D. (1993). Systematic reviews: checklists for review articles. *BMJ*, 309, 648–651.
- Ozorhon, B., Abbott, C., & Aouad, G. (2014). Integration and leadership as enablers of innovation in construction: Case study. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 256–263.
- Ozturk, G. B. (2019). A measurement instrument for the technology extent and process efficiency in BIM enabled construction projects. *ISEC 2019 - 10th International Structural Engineering and Construction Conference*, 1–6.
- Palacios, J. L., Gonzalez, V., & Alarcón, L. F. (2014). Selection of Third-Party Relationships in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(4), 1–10.
- Pasquire, C. (2012). Positioning Lean within an exploration of engineering construction. *Construction Management and Economics*, 30(8), 673–685.
- Perez, A. M., & Ghosh, S. (2018). Barriers faced by new-adopter of Last Planner System®: a case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(9), 1110–1126.
- Perez, C. T., Fernandes, L., L., A., & Costa, D., B. (2016). A literature review on 4D BIM for logistics operations and workspace management. *IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 55, 53–62.
- Poshdar, M., González, V. A., Raftery, G. M., & Orozco, F. (2014). Characterization of process variability in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(11).
- Priven, V., Sacks, R. (2015). Effects of the Last Planner System on Social Networks among Construction Trade Crews. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6), 1–13.
- Sacks, R., Esquenazi, A., & Goldin, M. (2007). LEAPCON: Simulation of lean construction of high-rise apartment buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(7), 529–539.
- Simonsson, P., Björnfort, A., Erikshamar, J., & Olofsson, T. (2012). ‘Learning to see’ the Effects of Improved Workflow in Civil Engineering Projects. *Lean Construction Journal*, 2012, 35–48.
- Siu, M. F. F., Lu, M., & Abourizk, S. (2016). Resource supply-demand matching scheduling approach for construction workface planning. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(1), 1–17.





Sivaraman, A., & Varghese, K. (2016). Pull Planning System to Coordinate the Engineering Procurement and Construction on Process Plant Projects. Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan - Proceedings of the 2016 Construction Research Congress, CRC 2016, 1720–1730.

Sullivan, K. T. (2011). Quality management programs in the construction industry: Best value compared with other methodologies. *Journal of Management in Engineering*, 27(4), 210–219.

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.

Tezel, A., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Koskenvesa, A., & Sahlstedt, S. (2011). An examination of visual management on finnish construction sites. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2011, IGLC 2011, 115–124.

Tommelein, I. D. (2015). Journey toward Lean Construction: Pursuing a Paradigm Shift in the AEC Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(6), 1–12.

Tranfield, D.; Denyer, D.; Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, v. 14, n. 3, p. 207-222.

Tribelsky, E., & Sacks, R. (2007). Measures of information flow for lean design in civil engineering. CME 2007 CONFERENCE - CONSTRUCTION MANAGEMENT AND ECONOMICS: “PAST, PRESENT AND FUTURE.”

Tribelsky, E., & Sacks, R. (2011). An empirical study of information flows in multidisciplinary civil engineering design teams using lean measures. *Architectural Engineering and Design Management*, 7(2), 85–101.

Valente, C. P., Brandalise, F. M. P., & Formoso, C. T. (2019). Model for Devising Visual Management Systems on Construction Sites. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(2).

Valente, C. P., Novaes, M. D. V., Mourão, C. A. M. D. A., & Neto, J. D. P. B. (2012). Lean monitoring and evaluation in a construction site: A proposal of lean audits. IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction.

Vivan, A. L., & Paliari, J. C. (2013). Proposal of a set-based concurrent model for the construction industry. 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013, (August), 404–413.

Wang, W., & Zhang, X. (2018). Lean Construction Management in the Construction of the Whole Life Cycle of Use. ICCREM 2018, 125–131.

Watkins, M., Mukherjee, A., Onder, N., & Mattila, K. G. (2007). Understanding labour productivity as an emergent property of individual and crew interactions on a construction site. Lean Construction: A New Paradigm for Managing Capital Projects - 15th IGLC Conference, 135(7), 400–405.

Winch, G. M. (2003). Models of manufacturing and the construction process: The genesis of re-engineering construction. *Building Research and Information*, 31(2), 107–118.

Yang, G., Xu, X., Wang, Z., & Zhou, L. (2013). Vulnerability analysis and optimal design of lean construction system. ICCREM 2013: Construction and Operation in the Context of Sustainability - Proceedings of the 2013 International Conference on Construction and Real Estate Management, 366–376.

Yu, H., Al-Hussein, M., Al-Jibouri, S., & Telyas, A. (2013). Lean transformation in a modular building company: A case for implementation. *Journal of Management in Engineering*, 29(1), 103–111.