

DESAFIOS E BARREIRAS DO BIM E DO LEAN NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

CHALLENGES AND BARRIERS OF BIM AND LEAN IN BRAZILIAN CIVIL CONSTRUCTION

Recebido em 29.04.2022 Aprovado em 11.08.2022

Avaliado pelo sistema double blind review

DOI: <https://doi.org/10.12712/rpca.v16i3.54259>

Paulo Renato de Sousa

paulorenato@fdc.org.br

Fundação Dom Cabral - Mestrado Profissional em Administração Nova Lima MG

0000-0001-9044-5772

Bryan Michael Muller

Bryanmuller.eng@gmail.com

Fundação Dom Cabral - Mestrado Profissional em Administração Nova Lima MG

0000-0002.8052-137X

Resumo

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de contribuir para a compreensão das barreiras de implementação do BIM (*Building Information Modeling*) e do LC (*Lean Construction*) com foco na indústria da construção civil brasileira. Para essa finalidade, foi realizada uma pesquisa com 215 executivos da construção civil brasileira. 72 respondentes declararam possuir alguma iniciativa quanto às estratégias BIM ou LC. Assim, este estudo indica as principais barreiras do *Lean* e do BIM no Brasil, indicando os principais gargalos na percepção dos executivos. Adicionalmente, o estudo contribui para a literatura existente, propondo uma estrutura dos desafios para um maior aprofundamento científico e prático.

Palavras-chave: *Lean Construction*. BIM. Produtividade. Construção Civil.

Abstract

The research was developed to contribute to the understanding of the barriers to implementation of BIM (Building Information Modeling) and LC (Lean Construction) with a focus on the Brazilian civil construction industry. For this purpose, a survey was carried out with 215 Brazilian civil construction executives, 72 respondents declared having some initiative regarding BIM or LC strategies. Thus, this study indicates the main barriers of Lean and BIM in Brazil, indicating the main bottlenecks in the perception of executives. Additionally, the study contributes to the existing literature, proposing a framework of challenges for further scientific and practical deepening.

Keywords: Lean Construction. BIM. Productivity. Civil Construction

Introdução

A construção civil possui um papel relevante na economia brasileira e mundial, representando 6% e 13% do PIB, respectivamente (Barbosa et al., 2017; Dieese, 2020). Mesmo em um ciclo de menor representatividade no PIB do país, o segmento busca se recuperar desde o ano de 2019 da carência de infraestrutura, moradia, pelo aumento no crédito destinado à casa própria (CBIC, 2021). A recuperação pode ser retratada através de (i) déficit habitacional – no Brasil, em 2019, era de 7,8 milhões de unidades, até 2030, a estimativa é de que esse número chegue a 11,4 milhões de unidades (Abrainc, 2021); (ii) infraestrutura – segundo o Ministério da Infraestrutura (2021), foram entregues 108 obras em 2021 e contratados R\$37,6 bilhões da iniciativa privada para investimentos nos próximos anos em diversas obras em todo o país, e (iii) de acordo com Abecip (2021), o volume de crédito imobiliário deve continuar crescendo em 2021, após ter batido recorde em 2020. O montante financiado em novembro de 2021 chegou a R\$171.85 bilhões, considerando uma alta de 85,4% em relação ao mesmo período de 2020. Em termos de representatividade no mercado de trabalho, em 2019, a construção civil representou 6,7 milhões de postos de trabalho, isto é, 7,3% de todos os empregos no país, sendo que a cada 14 brasileiros empregados 1 faz parte da construção civil (Sienge, 2021).

O segmento da construção civil é retratado por improdutividade e com oportunidades de melhoria, podendo alcançar um potencial de agregação de valor de 1.6 trilhão de dólares anual, quando feita a comparação do valor médio agregado da construção civil com a economia global, sendo 25 USD/hora e 37 USD/hora, respectivamente (Barbosa et al., 2017). Em uma pesquisa realizada pelos autores Changali et al. (2015), que avaliaram a produtividade da construção civil no mundo, identificou-se que 98% dos megaprojetos de construção sofrem com sobrecustos ou atrasos, sendo que 80% dos projetos passam por sobrecustos e 20% terminam fora do prazo inicialmente estipulado. Outro dado relevante apontado em pesquisa em que foi avaliado o futuro da construção civil (Rajat et al., 2016), o investimento típico que a indústria faz em tecnologia é inferior a 1% do faturamento das empresas e, quando comparado ao segmento automobilístico e aeroespacial, o valor aumenta para 3,5% e 4,5%, respectivamente.

Um dos indicadores que medem o comportamento econômico de um segmento é a produtividade. No caso da construção civil, segundo Barbosa et al. (2017), o índice de evolução anual é de 1%, enquanto a manufatura avança 3,6%, e a média de evolução da economia global é de 2,7%. Essa improdutividade do segmento é representada por um somatório de fatores que o influenciam, diretamente como: (i) má gestão e execução do projeto; (ii) habilidades insuficientes da mão de obra; (iii) processos de projeto inadequados; (iv) subinvestimento no desenvolvimento de habilidades, P&D, e inovação; (v) regulamentação do segmento; (vi) modalidades de contratação dos projetos; (vii) materiais (Barbosa et al., 2017). Esses fatores influenciam negativamente na produtividade, porém, quando adotado o uso de melhores práticas, os resultados podem atingir um potencial de até 60% de aumento na produtividade e 38% em redução de custos (Barbosa et al., 2017). Dentre as principais alavancas para melhoria de *performance*, duas possuem maior relevância no contexto da construção civil: melhorias operacionais e tecnologia (Barbosa et al., 2017).

Considerando melhorias operacionais como uma das alavancas para aumento de produtividade, foi evidenciado através de uma pesquisa (CNI, 2019) a adoção de boas práticas adotadas como “produção enxuta – na indústria da construção civil”. No estudo foi avaliada a adoção do *Lean Construction* (LC), representado por 15 técnicas: Trabalho padronizado; Programa 5s; Mapeamento do fluxo de valor; Gestão visual; Kaizen; Cinco porquês; Layout celular; TPM – Manutenção produtiva total; Kanban; Heijunka; Relatório A3; OEE – Eficiência global dos equipamentos; SMED – Troca rápida de equipamentos; Poka Yoke – Sistema à prova de erros; Yamazumi – Balanceamento do operador. Nesse estudo foi evidenciado o baixo nível de aderência na adoção de ferramentas e técnicas que podem aumentar a produtividade nos canteiros de obra. Segundo os dados da pesquisa, do total das 443 empresas pesquisadas, 19% não adotam nenhuma das técnicas apresentadas, e outros 39% adotam de 1 a 3 de 15 técnicas pesquisadas – percentuais superiores quando comparados à indústria de transformação (8% e

19%, respectivamente). As empresas que adotam 10 ou mais técnicas representam 12%. Esse percentual na indústria de transformação representa 34%. Quando considerada na pesquisa a adoção das técnicas ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento, a porcentagem de empresas que não utilizam nenhuma técnica sobe de 19% para 50%, com isto nas empresas, quando somadas, que não utilizam nenhuma técnica ou utilizam de 1 a 3 o percentual sobe para 86% do total (CNI, 2019).

Estudos também revelam que o uso de tecnologias digitais permeando todo o ciclo de desenvolvimento dos projetos de construção faz parte das alavancas de melhoria de *performance*, aumentando produtividade, reduzindo retrabalhos e desperdícios com potenciais de aumento de produtividade de até 15% e com redução de custos globais da construção na ordem de até 6% (Barbosa et al., 2017). Em outro estudo realizado avaliando os principais segmentos da economia mundial e seus níveis de digitalização, constatou-se que o segmento da construção civil está em 21ª colocação em relação a 22 categorias, perdendo somente para agricultura e caça, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento do segmento em termos de digitalização (Rajat et al., 2016).

De forma a evoluir o segmento, foi desenvolvida uma solução através do uso integrado de informação de maneira digital, o Building Information Modeling (BIM). Através de uma plataforma digital, o BIM permite que as equipes de projeto possam compartilhar informações, visualizar as disciplinas de interface do projeto de maneira integrada e tomar decisões melhorando o desempenho do projeto (Mahalingam et al., 2015). A adoção do BIM tem sido uma solução amplamente utilizada internacionalmente no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), desde os anos de 2007, pelos Estados Unidos, e 2011 pelo Reino Unido, tornando-se uma prática obrigatória para projetos públicos, gerando ganho de eficiência através do BIM de 3 Bilhões de libras, considerando os anos de 2011 a 2015 (NBS, 2018). Na Noruega o BIM já é uma realidade desde 2000 e torna-se uma obrigação a partir de 2010 para as edificações do setor público, com o objetivo de melhorar a usabilidade dos ativos pelos inquilinos e usuários e reduzir os gastos de construção e manutenção (Kassem & Amorim, 2015). Os Estados Unidos também já fazem a adoção do BIM através do Serviço Geral de Administração (GSA), que formulou o Programa Nacional de BIM 3D e 4D. O programa estabelece diretrizes e a obrigatoriedade do BIM em todos os projetos de edifícios públicos, além de auxílio técnico e financeiro para a incorporação de tecnologias BIM. Estima-se que 79% das empresas de construção dos EUA já utilizam o BIM em seus projetos e 74% em UK (Kearney & MacDonald, 2019; Eastman et al., 2014). No Brasil, a adoção do BIM passa a ser decreto do Governo Federal – Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 –, que torna obrigatório o desenvolvimento de projetos em BIM a partir de 2021 (GOV.BR, 2020). Com essa medida, a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) espera um aumento de produtividade de 10% no setor da construção civil, além de uma redução de custos, podendo chegar a 20% (Vilaron 2021).

Aumentar a adoção de BIM e LC é uma condição-chave para melhoria da indústria da construção (Tezel et al., 2020; Lam, et al., 2017; Dave et al., 2013; Sacks et al., 2010).

A adoção dos conceitos LC e BIM não deve ser considerada como conceitos dependentes, inclusive, existem diversos estudos acadêmicos e publicações em que os dois conceitos são tratados de maneira independente, com resultados positivos. Porém, existem pontos de convergência em que a sinergia entre o LC e BIM pode vir a potencializar e aumentar a captura de valor quando implementados em conjunto e ao longo do ciclo de desenvolvimento do projeto (Sacks et al., 2010; Dave et al., 2013; Tezel et al., 2020).

Dave et al. (2013), em sua publicação referente à implementação de BIM e LC, definem dois principais objetivos comuns que devem ser considerados como base para a implementação dos dois conceitos em projetos: (i) minimizar o desperdício físico e de processo, e (ii) melhorar a geração de valor para o cliente. Para os autores, quatro mecanismos entre o BIM e o LC podem ser identificados, sendo eles: (i) BIM contribui diretamente para as metas LC; (ii) BIM permite processos melhorados e contribui indiretamente para os objetivos LC; (iii) sistemas de informação auxiliares, possibilitados pelo BIM, contribuem direta

e indiretamente para as metas LC; (iv) os processos LC facilitam a implementação do BIM nas organizações.

Em um estudo publicado em 2019 pelos autores Tezel et al. (2020) foi realizada uma revisão literária identificando a adoção do LC e BIM em pequenas e médias empresas. O estudo evidenciou que, das 114 publicações, 73 destinam-se a BIM, 34 LC e 7 LC e BIM. Segundo os autores, fica evidente a baixa quantidade de publicações referentes aos temas quando tratados de maneira simultânea, apresentando um *gap*, seja acadêmico ou prático. Das publicações avaliadas, os autores evidenciam um *gap* levantado pelos demais autores estudados sobre a necessidade do aumento de publicações envolvendo os conceitos LC e BIM de maneira conjunta, considerando o desenvolvimento de teorias e parâmetros de implementação, *frameworks*, modelos de disseminação, mecanismos de treinamento e fatores críticos de sucesso. Os autores Sacks et al. (2010) também reforçam em seu artigo a necessidade da implementação integrada entre LC e BIM, seus benefícios e a necessidade de mais estudos teóricos e práticos no tema.

Em outro estudo realizado na Índia por Mahalingam et al. (2015), foi desenvolvido um estudo de caso avaliando a implementação do BIM e do LC em um projeto de construção metroviário. No projeto em questão foi realizado um estudo através da metodologia de pesquisa-ação considerando a implementação dos dois conceitos LC e BIM de forma a avaliar os resultados obtidos. Para o estudo foram considerados dois cenários práticos, sendo o primeiro utilizando somente BIM e o segundo, LC e BIM. Como conclusão do trabalho, os autores confirmam os ganhos obtidos no projeto através do cenário utilizando os dois conceitos de forma que na prática o LC atua como um facilitador na implementação do BIM. Juntos, ambos podem gerar melhores resultados ao projeto, como aumento de produtividade e melhor aderência aos prazos pactuados. Como conclusão dessa pesquisa, os autores reafirmam a necessidade de mais estudos envolvendo BIM e LC e a carência do segmento na adoção de melhores práticas com foco em *performance*.

Esta pesquisa identifica e classifica as barreiras de implementação do BIM e do *LEAN* na construção civil brasileira, de forma a trazer para o segmento uma visão prática do que são os desafios e um aprofundamento em como minimizá-los tornando a implementação cada vez mais presente no segmento. Trata-se de uma pesquisa com caráter inédito, pois, como apresentado, existe um *gap* atual na literatura acadêmica e nas organizações onde a integração dos dois conceitos ainda é pouco explorada, e, quando existente, os casos são pouco práticos e não retratam a realidade brasileira, considerando casos internacionais em sua grande maioria (Tezel et al., 2020; Sacks et al., 2010; Mahalingam et al., 2015; Evans et al., 2020; Dave et al., 2013). As barreiras de implementação fazem parte de um contexto em que existem diversas dificuldades que fazem com que os conceitos não sejam implementados, seja de maneira individual ou conjunta, de forma a explorar todo o potencial considerando o aumento da maturidade do segmento, seja em termos de gestão ou de tecnologia, para uma melhor tomada de decisão e aumento de agregação de valor nos projetos (Dave et al., 2013; Tezel et al., 2020; Fosse et al., 2017).

Após a introdução, o segundo capítulo é referente ao referencial teórico, que será uma consequência da revisão de literatura. No terceiro capítulo é apresentada a metodologia de pesquisa proposta para o trabalho. Em seguida, o capítulo 4 trata da análise dos dados coletados com 215 respondentes do setor. Por fim, a discussão e as contribuições, limitações e conclusão da pesquisa.

Referencial Teórico

Lean e o Lean Construction

Com o crescimento da economia, a constante necessidade de geração de valor pelas empresas, a alta demanda e o aumento da competitividade, novas soluções foram desenvolvidas ao longo do tempo (Barbosa et al., 2017). A Toyota se destacou através do TPS (Toyota Production System), desenvolvido por Taiichi Ohno, adotando princípios com foco na melhoria operacional e qualidade das fábricas da Toyota. Muitos conceitos foram iniciados a partir de influências dos Estados Unidos e de *benchmark* em 1929 e 1950, evoluídos no Japão por Ohno e executivos da Toyota e disseminados pelo mundo (Ohno

1988; Womack et al., 1990). O TPS ganhou notoriedade e sucesso quando o IMVP (International Motor Vehicle Programme) publicou um estudo (Womack et al., 1990), em que apresentou claramente que existia algo diferente nas fábricas da Toyota através de dados empíricos com o livro “A Máquina que mudou o mundo”, no qual pela primeira vez utiliza o termo *lean* para esse conceito de eficiência e qualidade retratados pela Toyota. O estudo realizado pelo IMVP foi organizado pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) por volta dos anos 80, com foco no maior entendimento das técnicas inovadoras adotadas pelos japoneses dado o sucesso no segmento automobilístico (Womack et al., 1990).

Os fundamentos do *lean* foram desenvolvidos após a Segunda Grande Guerra, em que o Japão estava devastado e precisava se reinventar para conseguir reerguer sua economia (Womack et al. 1990). Nesse sentido, os fundadores e executivos da Toyota tiveram o desafio colocado pelo atual presidente da época, Kiichiro Toyoda, de "alcançar os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá" (Ohno 1988; Womack et al. 1990). Na época, a produtividade japonesa era nove vezes inferior à produtividade americana e, em função da atual restrição financeira vivenciada pelo país, competir com a indústria americana não seria factível (Womack et al., 1990). O conceito de produção em massa tradicional não seria uma solução adotada pelos japoneses, nesse sentido, os conceitos adotados pela Toyota deveriam ser de flexibilidade, diversificação de produtos, baixos estoques, alta qualidade e alto valor agregado das operações, sempre focando na melhor utilização do capital financeiro, restrito pelo momento pós-guerra (Ohno 1988; Shingo 1981). A partir dos desafios vivenciados pela Toyota, 5 princípios principais nortearam a companhia e todo o desenvolvimento da filosofia *lean*, sendo eles: (i) especificar valor de forma a identificar o que é valor agregado sempre na ótica do cliente; (ii) identificar o fluxo de valor com foco na geração de valor através da melhoria de processos; (iii) fluxo contínuo, criando uma produção contínua sem interrupções; (iv) produção puxada de forma a produzir uma peça por vez, produzindo a necessidade do cliente, e (v) perfeição, buscando a melhoria contínua em todos os processos, pessoas, produtos com foco na agregação máxima de valor ao cliente (Womack & Jones, 1996).

Conceitos também foram desenvolvidos por Demming, TQM Total Quality Management – existindo um foco na qualidade final dos produtos, empoderamento da mão de obra operária e melhoria contínua –, TQC Total Quality Control e SQC Statistical Quality Control –, que reduziram dramaticamente os erros derivados por falta de qualidade ao longo do processo produtivo (Walton, 1986) e adotados pela Toyota.

Posteriormente, o *lean*, apresentado por Womack et al. (1990), Womack e Jones (1996), começa a evoluir de um conceito composto por técnicas e ferramentas de melhoria operacional para uma mudança cultural, que se baseia no Toyota Way, disseminado por Liker (2004), descrito a partir de um modelo que consiste em 4 pilares: solução de problemas, pessoas e parceiros, processos, filosofia, sendo cada um deles decomposto por 14 princípios.

Segundo Shang e Pheng (2014), após a multiplicação do *lean* na indústria automobilística, a sua adoção e adaptação para outras indústrias tornou-se realidade desde a publicação do Toyota Way (Liker, 2004) e Lean Thinking (Womack & Jones, 1996). O sucesso atribuído ao *lean* está dividido em alguns fatores: (i) uma nova forma de pensar (Shook, 1997); (ii) comportamento organizacional (Sim & Rogers, 2009); e (iii) cultura de redução de desperdícios, resolução de problemas e desenvolvimento de pessoas (Liker, 2004).

No setor da construção civil, o *lean* vem sendo estudado e debatido desde 1992, através do finlandês Lauri Koskela, com o relatório técnico n.º 72 – Application of the New Production Philosophy to Construction, publicado pelo CIFE (Center for Integrated Facility Engineering), ligado à Universidade de Stanford, EUA, que se tornou um clássico na literatura. Após o lançamento do relatório e a adaptação dos conceitos desenvolvidos na manufatura para a construção, o termo *Lean Construction* (LC) é instituído e começam os diversos debates em torno do tema. Koskela (1992) identifica em seu estudo teórico três características que diferenciam a indústria da construção civil em relação à manufatura: (i) produção no

local; (ii) natureza única de projetos, e (iii) complexidade (multiorganização temporária e intervenção regulatória).

Em 1993 é fundado o International Group for Lean Construction (IGLC, 2021), focado em reunir as práticas de LC e evoluir o tema de maneira global através da academia de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), de forma a suportar o progresso da construção civil através do *lean*. Uma evolução importante é dada ao LC com as publicações realizadas por Glenn Ballard e Gregory Howell, a partir de 1993, desenvolvendo o conceito de *Lean Project Delivery* e o *Last Planner System* (Albalkhy & Sweis, 2020), conceitos com viés prático que se somaram ao trabalho inicialmente conceitual desenvolvido por Koskela, em 1992.

O LC vem sendo implementado mundialmente (Albalkhy & Sweis, 2020; IGLC, 2021) com resultados empíricos relacionados a redução de custos, antecipação de prazos, aumento da qualidade, melhoria da gestão, redução dos estoques, previsibilidade nos ciclos produtivos, maior produtividade da mão de obra e satisfação do cliente (Mohan & Iyer, 2005; Koskela, 1992; Diekmann et al., 2004). A implementação do LC implica um conjunto de ferramentas e técnicas com o objetivo de eliminar desperdício no processo construtivo (Garnett Jones & Murray, 1998).

Conforme Koskela (1992), princípios adaptados do *lean* para a construção devem ser desenvolvidos e aplicados ao se implementar o LC, sendo eles: (i) reduzir a participação de atividades que não agregam valor; (ii) aumentar o valor da produção através da consideração sistemática das necessidades dos clientes; (iii) reduzir a variabilidade; (iv) reduzir os tempos de ciclo; (v) simplificar, minimizando o número de passos, partes e conexões; (vi) aumentar a flexibilidade de saída; (vii) aumentar a transparência do processo; (viii) foco no controle de todo o processo; (ix) construir a melhoria contínua no processo; (x) melhorar o fluxo de equilíbrio com a melhoria da conversão; e (xi) *benchmark*. Segundo Koskela (1992), a filosofia *lean* de produção foca na redução das atividades que não agregam valor de forma a reduzir o custo dos processos, incorporando também a visão da qualidade que, quando somadas, podem vir a ter ganhos ainda maiores no processo. Para o autor, o LC é uma forma de projetar sistemas de produção para minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço, gerando a maior quantidade possível de valor ao cliente.

A partir dos conceitos LC, em um estudo de caso de melhoria de processos realizados pelos autores Bajjou e Chafi (2020) implementando três princípios "fluxo contínuo", "produção puxada" e "perfeição" ao processo original, a melhoria revelou 41% de incremento na produtividade do processo, 14% de melhoria na eficiência do processo e 17% de redução do tempo de ciclo.

Liker (2004) apresentou em seu livro "O modelo Toyota" os 4 pilares *lean*: solução de problemas, pessoas e parceiros, processos, filosofia. Dentre eles, o pilar referente a processo, considerado um *layer* tático, possui maior distinção em relação ao *Lean* da Manufatura tradicional e o LC.

O LC foi introduzido na construção nos anos 90 e, desde então, vêm sendo desenvolvidos diversos estudos acadêmicos, fóruns e comunidades com foco em disseminar o conhecimento a partir das práticas implementadas (IGLC, 2021). Parte dos estudos envolvendo LC podem ser relacionados às barreiras ou aos desafios vivenciados ao longo da implementação que impedem que todo o potencial seja extraído do conceito de forma a garantir resultados sustentáveis não apenas no curto, mas considerando também médio e longo prazos para as empresas. Com base em uma pesquisa realizada por Blanchard (2007) relacionada à implementação de *lean* em 433 empresas americanas, identificou-se que somente 26% alcançaram resultados substanciais com a metodologia.

Koskela (1992) reforça que o LC requer mudanças de paradigma e que o processo de transformação é longo tanto na prática quanto na teoria. Segundo Diekmann et al. (2004), "Lean não pode ser reduzido a um conjunto de regras ou ferramentas. Ele deve ser abordado como um sistema de pensamento e comportamento que é compartilhado através do fluxo de valor". Para Milberg e Walsh (2012), o LC possui três desafios enfrentados pelos praticantes, pesquisadores e educadores: (i) um desafio é referente

à quantidade de significados (sejam eles denotados ou conotados) quando aplicado à construção; (ii) o outro desafio é ter acadêmicos trabalhando com praticantes da indústria na adaptação de conceitos/sistemas; e (iii) o terceiro desafio é que, sem um esforço contínuo envolvendo as pessoas em experiências de aprendizagem representativas, o LC pode ser visto como uma moda na indústria da construção.

Outro estudo realizado a partir de uma revisão literária considerando o período de 1992 a 2012, relacionando as barreiras para implementação do *lean*, os autores Jadhav et al. (2014) classificaram 24 barreiras, sendo as 3 principais mais citadas: (i) falta de recursos para investir ou necessidade alta de investimentos/custos ou restrições financeiras; (ii) falta de envolvimento da gerência superior/sênior; (iii) atitude ou resistência dos trabalhadores. Bhasin (2012) cita em seu artigo, relacionando a implementação *lean* de sucesso, que depende de uma mudança cultural profunda e abrangente, que vai além do que as empresas têm previsto. Segundo o autor, a implementação de sucesso não é rápida, e como muitas empresas buscam resultados de curto prazo, ainda no primeiro ano de implementação se frustram, e a maioria das implementações falham, sendo atribuíveis à cultura e à mudança.

Building Information Modeling (BIM)

A tecnologia BIM mudou e vem mudando a forma como os projetos de construção são desenhados, geridos e construídos e vem se tornando cada vez mais usual na AECO (Indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações), conforme Succar (2009). Gerando resultados ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, o BIM vem sendo aprimorado desde 1970 por Charles M. Eastman, porém tomando maior representatividade em nível global nos últimos 10 anos (Sun et al., 2017).

Em termos de evolução e utilização do BIM, os Estados Unidos foram os pioneiros na evolução e maior adoção da tecnologia, de forma que o seu crescimento no mercado da construção foi de 28%, em 2007, para 79% em 2015 (Eastman et al., 2014). Em UK, a utilização do BIM, que era de 13%, em 2011, é de 74% em 2018 (Kearney & MacDonald, 2019). Em termos de utilização global, outros países também vêm adotando a tecnologia BIM através de agências do governo que tornaram mandatória a sua utilização em obras públicas, como também associações da AEC dos países, padronizando e suportando a disseminação do conceito, como na região da Escandinávia, Singapura, Japão, Austrália, Brasil, Índia e China (Ullah et al., 2019).

Segundo Eastman (1999), o ciclo de vida do empreendimento pode ser descrito em seis etapas: viabilidade, projeto, planejamento da construção, construção, operação e demolição. A maturidade da implementação BIM, para Succar (2009), pode ser compreendida em 5 fases: (i) Pré-BIM – manual, 2D e 3D CAD; (ii) BIM fase 1 – modelagem baseada em objetos; (iii) BIM fase 2 – colaboração baseada em modelos; (iv) BIM fase 3 – integração em rede; (v) IPD Integrated Project Delivery – visão de longo prazo de implementação BIM. Além da avaliação da maturidade através das fases, Succar (2009) também apresenta que para cada fase devem ser desenvolvidos e integrados tecnologia, processos e políticas.

Segundo Tekla Corporation (2022) e Eastman et al. (2014), BIM pode ser aplicado ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento envolvendo tecnologia, processos, fluxos de trabalho colaborativo, políticas e mudança cultural, tornando o desenvolvimento da engenharia uma nova filosofia de trabalho desenvolvida através de um modelo virtual. A utilização do BIM no ciclo de vida do desenvolvimento de um empreendimento pode variar em diversos ângulos, sendo alguns deles: visualização 3D, gestão de mudanças e alterações, avaliação de falhas e conflitos, comunicação e colaboração, gestão de prazos e custos, *Green Building*, gestão de *facilities*, entre outros (Eastman et al., 2014; Azhar et al., 2011).

Os resultados e benefícios apresentados com a implementação do BIM são um dos pontos importantes para acompanhamento durante a sua implementação, conforme Eastman et al. (2014), Azhar et al. (2011), Ullah et al., (2019) e German (2012). Os resultados podem ser medidos desde a fase de pré-construção, construção e pós-construção com ganhos que vão entre 8-15% de redução de custos, podendo chegar acima de 35% em produtos similares e contínuos (Sun et al. 2017). Para Samimpay e

Saghatforoush (2020), muitos benefícios podem ser contemplados através da implementação do BIM. Em seu estudo avaliando os benefícios do BIM em projetos de infraestrutura, os ganhos passam por todas as etapas de desenvolvimento do projeto, sendo alguns principais: alta confiabilidade no banco de dados do projeto, proporcionando análises de quantitativo, estimativas de custo e prazo mais acuradas. Outro ganho importante é a comunicação, coordenação e integração ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento, o que é um desafio no segmento dada a fragmentação de fornecedores durante todo o ciclo do projeto. Esse ganho é um dos principais dados que vai de encontro a um dos principais desafios dos projetos de construção, que gera perdas de desempenho em prazo e custos. O autor reforça a importância da implementação em fases preliminares de desenvolvimento do projeto para captura dos ganhos em todas as fases.

Azhar et al. (2011) e German (2012) defendem ganhos quantitativos considerando: na redução de conflitos entre projetos “*clash detections*”, reduções superiores a 10% do valor do projeto podem ser economizadas, reduções de até 7% nos prazos de construção, reduções superiores a 40% na solicitação de pedidos de mudança de escopo “*change orders*” não previstas em contrato. Outros ganhos qualitativos também são mencionados, como facilitação da coordenação e comunicação durante a fase de construção, facilidade na extração de quantitativos e emissão de documentos, simplicidade na visualização e realização de simulações do empreendimento, menores custos do empreendimento geral considerando todo o ciclo de vida do ativo construção e operação.

O BIM vem mudando o setor da AECO, alterando a forma de trabalho dos profissionais que compõem a indústria, trazendo novas formas de lidar com projetos de uma maneira visual, integrada através de tecnologia, processos e políticas (Succar, 2009). Essa inovação tecnológica que vem sendo amadurecida desde os anos 70 traz um foco transformacional e impactos não somente internos às organizações, mas também de forma externa. Os impactos são estabelecidos por barreiras que dificultam o avanço da solução nas organizações e na indústria da AECO como um todo (Chan et al., 2019; Saka & Chan, 2020; Eastman et al., 2014).

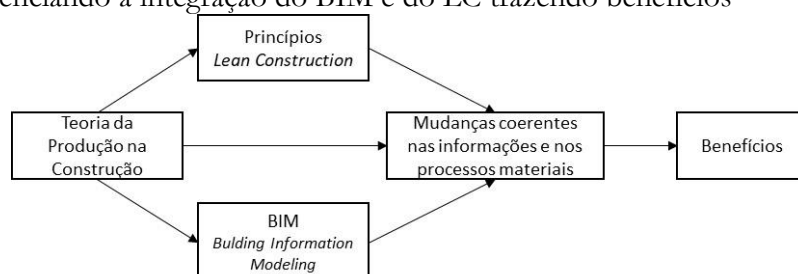
Lean Construction e BIM

O LC e o BIM são conceitos distintos, porém vêm alterando o *status quo* da indústria da AECO, sendo os principais impulsionadores de melhores resultados envolvendo prazos, custos, qualidade, segurança e comunicação (Dave et al., 2013; Sacks et al., 2010).

Para Sacks et al. (2010) existem diversas formas de interação dos dois conceitos considerando uma matriz com as funcionalidades do BIM e os princípios do *lean*, que trazem mudanças ao processo de construção trazendo benefícios conforme Figura 1.

Figura 1

Fluxo evidenciando a integração do BIM e do LC trazendo benefícios



Adaptado de *Manual de BIM*, de Sacks et al., 2010.

Diversos autores, inclusive, fazem referência a que no atingimento máximo da *performance* em um projeto de construção deve ser considerada a adoção do IPD (*Integrated Project Delivery*), que é basicamente a criação de uma plataforma de integração entre o BIM e os princípios *lean* ao longo das fases de desenvolvimento do projeto desde o seu nascedouro envolvendo todos os seus *stakeholders* (Succar, 2009;

Sacks et al., 2010; Dave et al., 2013). Outro conceito integrador dos dois conceitos e que vem tomando forma é o VDC (*Virtual Design Construction*), que utiliza como base 5 pilares principais: (i) entendimento da necessidade do cliente; (ii) objetivos claros com o projeto; (iii) Planejamento e Controle através do *Last Planner System*; (iv) Reuniões ICE – *Integrated Concurrent Engineering*, e (v) Plataforma colaborativa BIM (Fosse et al., 2017).

Procedimentos metodológicos

Com o objetivo de entender a fundo as barreiras de implementação do LC e do BIM na construção civil brasileira, será realizada uma pesquisa empírica, a partir de um estudo de caso no setor de construção civil brasileiro, investigando o fenômeno em questão.

O estudo de caso foi escolhido por adotar uma visão positivista, de forma a gerar uma postura passiva, sem emitir juízos de valor, ou visões de mundo. O papel da ciência positivista pode ser sintetizado como um modo de os observar e descrever, sob neutralidade e objetividade científica, através do uso racional e cartesiana, os fatos da realidade (Easterby-Smith et al. 2012). Segundo Benbasat et al. (1987), a adoção do estudo de caso como estratégia de pesquisa se deve a três principais razões: (i) o pesquisador pode estudar os problemas, aprender sobre e generalizar teorias a partir da prática; (ii) o pesquisador pode buscar respostas a perguntas do tipo “como” e “por quê”, de forma a compreender em maior profundidade e complexidade o problema de pesquisa; (iii) é uma forma apropriada de pesquisar problemas sobre os quais poucos estudos prévios tenham sido realizados.

Tendo por base o objetivo, optou-se pelo método do estudo de caso, o qual comporta evidências quantitativas (Yin, 2016). O estudo foi iniciado por uma revisão da literatura através do levantamento de artigos científicos, de alta relevância no segmento da construção, considerando os dois temas em estudo: (i) Barreiras de implementação LC e (ii) Barreiras de implementação BIM na construção. Para o levantamento da literatura, foram considerados alguns critérios: (i) literatura publicada entre 1981 e 2020; (ii) artigos publicados em revistas acadêmicas, artigos de trabalho, teses de mestrado, teses de doutorado, revistas de comunidades BIM e LC, levando em consideração artigos com maior relevância na avaliação da CAPES; (iii) artigos em que se discutem questões e barreiras na implementação do LC, BIM e do BIM e LC; (iv) artigos que abordam questões relacionadas com os problemas na implementação do LC, BIM e do BIM e LC; (v) artigos que abordam fatores de sucesso na implementação do LC ou BIM ou BIM e LC; (vi) palavras-chave utilizadas em pesquisa: LC, BIM, LC e BIM; (vii) palavras-chave secundárias: barreiras, fatores de sucesso, falhas, obstáculos, problemas, implementação, desafios, limitações, benefícios.

Dentre todos os artigos identificados, foram selecionados dois recentes da base Emerald Insights, que seriam utilizados como referência para a realização de uma *survey* quantitativa, sendo eles: (i) *Barriers to adopting lean construction in the construction industry: a literature review*, publicado em 2020 pelo *International Journal of Lean Six Sigma* e (ii) *Critical success factors for building information modelling (BIM) implementation in Hong Kong*, publicado em 2019 pelo *Engineering, Construction and Architectural Management*. O primeiro artigo foi uma revisão literária considerando 26 barreiras do LC identificados na literatura, e como futuros estudos, foi evidenciada pelos autores a realização da quantificação das barreiras identificadas de forma a testar e validar o modelo proposto por Albalkhy e Sweis (2020). O segundo artigo foi desenvolvido através de uma pesquisa mista levantando os principais benefícios e barreiras na implementação do BIM no mercado da AEC em Hong Kong, em que foram priorizados 11 fatores críticos de sucesso como base para a pesquisa. Foi utilizado o método misto de pesquisa, que envolveu o uso de questionários estruturados e modelos estruturados de entrevistas que foram aplicados de forma independente aos entrevistados-alvo no cenário de Chan et al. (2019).

Para a realização do presente estudo quantitativo, foi utilizada, segundo Freitas et al. (2000), uma *survey* descritiva, na busca de identificar a opinião de uma população em relação à (i) aderência à utilização das metodologias LC e BIM na construção civil, seja não implementada, parcialmente de maneira individual

LC ou BIM ou conjunta LC e BIM; às (ii) barreiras de implementação do BIM e do LC na construção civil, de forma a priorizar e avaliar as mais relevantes no segmento brasileiro.

A *survey* com as barreiras apresentadas foi respondida entre um período determinado, 16/11/2021 e 08/12/2021, considerando assim uma pesquisa de corte-transversal, dado que a coleta de informações foi pontual com foco em descrever o estado de algumas variáveis em um só momento (Hernández-Sampieri & Torres, 2018). A amostra considerada para a *survey* foi adotada a partir da base de dados suportada por uma tradicional entidade de classe brasileiras conectada ao setor da construção civil. Através do seu portfólio de contatos no segmento, foi possível identificar 5.988 profissionais cadastrados relacionados ao segmento da construção civil. Os contatos foram reforçados pela rede de contatos profissionais do LinkedIn. Por se tratar de uma *survey* contendo critérios, em que nem todos os respondentes terão a mesma chance de resposta, os resultados não serão generalizados, tornando-se uma amostra não probabilística e por quotas, considerando que os participantes escolhidos serão divididos em subgrupos (Freitas et al., 2000).

O primeiro passo é medir a confiabilidade do construto. O coeficiente Alpha de Cronbach tem o objetivo de avaliar a consistência interna de itens que são avaliados através da escala de Likert. O objetivo é verificar se os respondentes compreenderam os instrumentos dando respostas coesas. Como os itens têm um objetivo comum, o esperado é que exista baixa flutuação na pontuação dada a cada item por um mesmo indivíduo. O alpha varia de 0 até 1, e resultados acima de 0,7 são considerados confiáveis para criar, inclusive, um indicador que combine esses itens.

Um segundo instrumento importante é a concordância medida pelo teste Qui Quadrado. A lógica de construção desse coeficiente é verificar se determinado item recebe pontuações bem semelhantes quando se comparam todos os respondentes. A hipótese nula do teste (H_0) é de que o conjunto de respostas dos participantes não são relacionadas (são independentes). Portanto, para verificar a concordância, espera-se a rejeição de H_0 ($p < 0,05$).

O teste de Mann Whitney foi utilizado para comparar resultados de dois diferentes grupos em relação às respostas dadas nos itens, considerando os grupos: (i) implementou um dos conceitos e o (ii) possui os 2 conceitos implementados. A hipótese nula do teste (H_0) é de que a distribuição de valores de um grupo é estatisticamente igual à distribuição de valores no outro grupo. Portanto, se há diferença entre as respostas dos dois grupos, ocorrerá a rejeição de H_0 ($p < 0,05$). Se for necessária a comparação de três ou mais grupos, o teste aplicado será o de Kruskal Wallis sob a hipótese nula (H_0) de que os grupos são estatisticamente iguais. Portanto, se ocorrer a rejeição de H_0 ($p < 0,05$), o pós-teste de Bonferroni definirá qual ou quais dos grupos se comportam de maneira diferente com o mesmo padrão de significância de 5%.

O *ranking* dos itens pode ser pensado de algumas maneiras. Por ser uma escala de Likert, pode-se, tratando-a como ordinal, verificar quais itens têm nível de concordância (notas 4 e 5) mais altos, de forma a ranquear as barreiras.

Apresentação e análise dos resultados

Com o objetivo de ordenar e priorizar as principais barreiras, foi realizada uma pesquisa quantitativa com executivos da indústria da construção civil que tiveram a oportunidade de vivenciar a implementação do LC e do BIM, conforme Tabela 1. A pesquisa recebeu 215 respostas, das quais 65,9% não implementam nenhuma das estratégias; 17,5% implementam BIM e *LEAN*; 13,3% implementam apenas o *LEAN*, e 3,3% implementam apenas o BIM. Os dados apresentados a seguir contemplam apenas as respostas dos 72 participantes que indicaram a implementação de pelo menos uma das estratégias.

Tabela 1
Descritiva (n = 72)

	N	%		n	%
Grupo			Localização da empresa (Estado):		
Implementou apenas LEAN	28	38,9	São Paulo	37	51,4
Implementou apenas BIM	7	9,7	Minas Gerais	13	18,1
Implementou ambos	37	51,4	Rio de Janeiro	5	6,9
Qual a sua posição hierárquica na empresa?			Paraná	3	4,2
Diretor (a)	26	36,1	Santa Catarina	3	4,2
Gerente	21	29,2	Rio Grande do Sul	2	2,8
Engenheiro	13	18,1	Amazonas	1	1,4
Sócio(a)/ proprietário(a)	6	8,3	Bahia	1	1,4
Coordenador/Supervisor (a)	5	6,9	Brasília	1	1,4
Presidente/vice/CEO	1	1,4	Ceará	1	1,4
Número de funcionários			Distrito Federal	1,4	1
Até 20	4	5,6	Espírito Santo	1	1,4
De 20 a 100	4	5,6	Mato Grosso	1	1,4
De 100 a 500	28	38,9	Pará	1	1,4
Maior ou igual a 500	36	50,0	Rio Grande do Norte	1	1,4

O primeiro passo foi medir a confiabilidade do construto. O objetivo é verificar se os respondentes compreenderam os instrumentos dando respostas coesas. Como os itens têm um objetivo comum, o esperado é que exista baixa flutuação na pontuação dada a cada item por um mesmo indivíduo. O alpha varia de 0 até 1, e resultados acima de 0,7 são considerados confiáveis para criar, inclusive, um indicador que combine esses itens.

Os métodos apresentados são aplicados tanto nas 28 barreiras elencadas para o LC quanto para as 11 elencadas para o BIM. A validação é por instrumento. Não há discriminação pelos três grupos pedidos. Validam-se todas as respostas, conforme Tabela 2.

Tabela 2
Validação dos construtos

<i>Construtos do LEAN</i>	n	Alpha de Cronbach
Barreiras relacionadas com o ambiente interno	16	0,862
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Trabalho	5	0,726
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Materiais	3	0,785
Barreiras exógenas	4	0,735
<i>Construto BIM</i>	11	0,658

Os quatro construtos do LEAN tiveram resultados de validação superior a 0,7, demonstrando, portanto, qualidade do agrupamento. No entanto, o BIM, que é um construto único, não obteve bons resultados. Importante compreender que a validação do LEAN se deu por meio da análise de 65 respondentes, enquanto do BIM foram 44 respondentes. Diante disso, o BIM não deveria ser utilizado para análises. Foi realizada uma análise excluindo item a item para verificar se algum em particular faz o resultado ser baixo, e isso não foi detectado. Com a retirada de qualquer dos índices, a validação é sempre inferior a 0,7.

O teste de normalidade de Shapiro Wilk foi aplicado em todos os itens, indicando uma não normalidade dos dados. Em virtude disso, as análises comparativas são feitas por testes não paramétricos. A Tabela 3 compara os resultados do LEAN do grupo que fez uso exclusivo dessa ferramenta (28 participantes) com

o grupo que utilizou as duas estratégias (37 participantes). Essa comparação dos itens é feita através do teste de Mann Whitney. Originalmente, a partir desse teste, a estatística descritiva deveria ser feita por mediana e quartis. No entanto, para conseguir criar o ranking, a média é a maneira como isso acontece.

Apenas 2 itens apresentaram diferença significativa entre os grupos: o item 9 (a relutância dos participantes do projeto em riscos compartilhados) e o item 13 (falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra). O item 9 teve maior importância para o grupo que utiliza as duas estratégias. Já o item 13 teve maior importância para o grupo que usa exclusivamente o LEAN.

Tabela 3

Comparação dos grupos exclusivos *LEAN* e que implementaram *LEAN* e BIM

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo LEAN	Posição do item no grupo LEAN e BIM	Exclusivo LEAN (n = 28)	LEAN e BIM (n = 37)	valor p*
<i>Barreiras relacionadas com o ambiente interno</i>						
1	Má compreensão das necessidades do cliente e falta de foco no cliente	15	7	4,14	4,30	0,228
2	Resistência da administração à mudança	6	1	4,33	4,62	0,161
3	Falta de apoio e compromisso da alta administração	1	2	4,57	4,62	0,999
4	Falta de envolvimento e transparência entre as partes interessadas	10	4	4,25	4,41	0,219
5	Falta de conscientização adequada ao conceito lean e entendimento	11	10	4,25	4,24	0,852
6	Os resultados não são rápidos e muitas vezes apenas parcialmente visível, e podem não estar em conformidade com altas expectativas da administração	19	22	3,96	3,58	0,209
7	Lean pode levar a um custo adicional/ custo de implementação	24	25	3,64	3,43	0,575
8	Projetos imprecisos e incompletos, e falta de aplicação do conceito na fase de desenvolvimento do projeto - Design	7	9	4,32	4,24	0,686
9	A relutância dos participantes do projeto em riscos compartilhados	17	5	4,04	4,36	0,049
10	Falta de uma filosofia de longo prazo e planejamento	5	3	4,41	4,49	0,413
11	Falta de planejamento para a qualidade	9	15	4,29	4,03	0,234
12	Liderança pobre e habilidades insuficientes de gestão	4	8	4,44	4,30	0,642
13	Falta de incentivos, motivação e salários deficientes da mão de obra	14	21	4,18	3,68	0,035
14	Administração inadequada do necessário para gerar um ciclo de aprendizagem e tomar medidas corretivas	2	6	4,48	4,35	0,659
15	Hierarquias nas estruturas organizacionais/ estrutura organizacional inadequada	12	13	4,21	4,14	0,758
16	Centralização da decisão, evitando tomar decisões e assumir responsabilidades daqueles que não estão no topo administração	16	11	4,11	4,22	0,491
<i>Barreiras relacionadas a fatores de entrada Trabalho</i>						
17	A resistência dos funcionários às mudanças e ao medo de práticas desconhecidas	21	14	3,86	4,08	0,241
18	Mão de obra não qualificada e o baixo nível de educação do "mestre de obras"/"Encarregados"	13	18	4,21	3,81	0,247

19	Treinamento insuficiente para os trabalhadores	3	12	4,46	4,22	0,28
20	Funcionários consideram LEAN complexo	23	24	3,68	3,43	0,362
21	Alto nível de turnover	20	16	3,93	4,03	0,357
Barreiras relacionadas a fatores de entrada Materiais						
22	Desempenho inadequado de entrega e os atrasos na entrega de materiais	8	19	4,29	3,81	0,116
23	Ausência de relacionamento de longo prazo com fornecedores	18	20	3,96	3,73	0,451
24	Uso limitado de conceitos "off-site"/ pré-fabricação nos projetos	22	23	3,71	3,46	0,462
Barreiras Exógenas						
25	Natureza fragmentada da construção indústria. Juntam-se ao projeto, alto volume subempreiteiros e fornecedores	26	26	3,32	3,30	0,895
26	Falta de compras integradas	25	17	3,57	3,89	0,189
27	Exigências e aprovações rigorosas durante a contratação	27	27	3,29	3,19	0,706
28	Falta de apoio do governo	28	28	2,11	2,37	0,404

*Teste de Mann Whitney

O mesmo processo é repetido na comparação dos itens do BIM. Uma comparação entre grupo exclusivo e grupo que implementou as duas estratégias. Não houve diferença entre nenhum item e muitos empates de posição, conforme Tabela 4.

Tabela 4

Comparação dos grupos exclusivos BIM e que implementaram *LEAN* e BIM

Número do item	Descrição do item	Posição do item no grupo exclusivo BIM	Posição do item no grupo <i>LEAN</i> e BIM	Exclusivo BIM (n = 7)	<i>LEAN</i> e BIM (n = 37)	valor p*
1	Aceitação/ Abertura/ Solicitação do cliente para o uso de projetos BIM	4	2	4,429	4,46	0,706
2	Estrutura organizacional para apoiar o sistema BIM dentro da empresa	5	6	4,143	4,32	0,489
3	Apoio financeiro do governo para a adoção do BIM nas empresas	4	9	3,429	2,84	0,297
4	Definição de normas BIM para o setor	6	8	3,857	3,49	0,450
5	Programas de treinamento BIM	3	6	4,571	4,32	0,312
6	Protocolos de compartilhamento de informações	4	7	4,286	3,97	0,509
7	Equipe competente de suporte técnico dentro da empresa	3	5	4,571	4,38	0,550
8	Equipe profissional de projeto BIM dentro da empresa	2	3	4,714	4,43	0,360
9	Suporte da alta administração	4	1	4,286	4,73	0,282
10	Disposição do pessoal para aprender novas tecnologias	3	4	4,571	4,41	0,754
11	Investimento/atualização contínua para o sistema BIM dentro da empresa	1	5	4,857	4,38	0,110

*Teste de Mann Whitney

Os resultados da pesquisa de uma maneira geral evidenciam que as 3 principais barreiras para os respondentes que implementam BIM e LC são relacionadas ao ambiente interno das empresas, ou seja, são barreiras que não dependem de um fator externo para que sejam minimizadas ou até mesmo eliminadas. O estudo também reforça a oportunidade presente no segmento da construção civil para com a adoção das duas práticas nos projetos para aumentar a produtividade e ganhar mais eficiência na sua gestão.

O estudo apresenta de maneira inédita a aplicação de uma pesquisa quantitativa referente às 28 barreiras para implementação do LC evidenciadas pela literatura de maneira a priorizar e facilitar o direcionamento de esforços das empresas ao implementarem a solução. Em relação às barreiras do BIM, a pesquisa também possui caráter inédito, pois ele replica uma pesquisa realizada no ambiente da construção de Hong Kong com características distintas ao cenário brasileiro.

Paez et al. (2005) reforçam os resultados obtidos, em que o LC deve ser encarado como uma mudança cultural com resultados e planejamento de longo prazo. Sim et al. (2009) apresentam em seu estudo que a maior barreira para implementação do *Lean* está no topo das empresas, com principal foco no CEO e na alta administração, que devem liderar a transformação de forma a suportar as melhorias no dia a dia operacional, reconhecendo, motivando e incentivando os profissionais da ponta. Essa responsabilidade não deve ser transferida para os níveis mais baixos da organização, o que não gera sustentabilidade e longevidade nas implementações de *Lean*. Os autores reforçam a baixa existência de estudos empíricos relacionados às barreiras de implementação. Niepce e Molleman (1996) reforçam que a principal característica que o *Lean* traz à organização é a mudança de uma gestão de “comando e controle” para uma organização colaborativa, o que traz resistências à mudança em todos os níveis, principalmente para as lideranças de topo e líderes de equipe operacional. Keiser (2012) aborda a implementação LC como um conceito de transformação empresarial e cultural que muda a forma não somente do trabalho operacional do dia a dia, mas a forma como as pessoas pensam e lideram, e reforça que não é uma mudança de curto prazo e que deve ser iniciada e conduzida pela alta administração.

Da mesma forma em que o LC muda a forma de trabalhar, o BIM também traz uma mudança operacional e cultural na forma como se desenvolve, gerencia e executa projetos na construção civil. Nos diversos artigos utilizados como base para o estudo, considerando diferentes culturas e localidades, as principais barreiras estão também envolvidas com o suporte da alta administração, demanda externa de mercado e equipes dedicadas ao BIM, segundo Sinoh et al. (2020); Chan et al. (2019); Georgiadou (2019); Zhou et al. (2019); Ullah et al. (2019); Georgiadou (2019); Ganah e John (2015). Segundo Georgiadou (2019), a resistência à adoção do BIM em todo o mundo tem sido em torno de uma falha em ser convencido dos resultados financeiros de curto prazo, uma vez que os retornos projetados não superaram os custos e riscos envolvidos, o que dificulta o convencimento de curto prazo da alta administração. Para Ganah e John (2015), BIM é uma nova inovação que é difundida tanto na tecnologia como nos processos de trabalho que afeta atividades intraorganizacionais e interorganizacionais, o que vai gerar barreiras internas e externas que vão desde a alta à média administração das empresas, projetistas, construtores, clientes e governo.

Considerações finais

O presente estudo buscou evidenciar na literatura e na prática através de uma *survey* com executivos do segmento de construção as barreiras que dificultam as implementações do LC e do BIM utilizando referências atualizadas na literatura recente como também a aplicação dessas no segmento da construção civil brasileira. Dentre as principais barreiras relatadas na literatura, encontram-se como as principais LC: (i) cultura, (ii) liderança, (iii) capacitação. e BIM: (i) liderança, (ii) investimento/custos, (iii) demanda do cliente inexistente. No estudo foram identificadas e priorizadas pelo grupo que implementa o BIM e LC como barreiras do LC: (i) liderança, (ii) resistência à mudança, (iii) filosofia de longo prazo e planejamento, e BIM: (i) liderança, (ii) demanda do cliente inexistente, (iii) profissionais BIM dedicados.

A partir dos resultados foi evidenciada a baixa adoção de práticas LC e BIM no segmento da construção, de forma que 65,9% dos entrevistados não implementam nenhuma solução, e 17,5% implementam as duas soluções. Neste sentido, o estudo reforça que existe um *gap* no segmento, e segundo a literatura, somada à pesquisa, as barreiras que prejudicam a adoção dessas soluções no segmento estão relacionadas a uma liderança que suporte a transformação e mudança/resistência cultural a novas práticas.

A construção civil precisa mudar a forma como executa e gere os projetos, tornando o setor mais produtivo, digitalizado e com foco em eficiência. A implementação do BIM e do LC está relacionado à transformação de toda uma organização, iniciando por uma mudança cultural que deve ser conduzida e

suportada pela liderança. As barreiras de implementação são inúmeras e foram evidenciadas no presente estudo com foco em auxiliar as empresas de forma a trazer mais informações perante os possíveis desafios para implementação do BIM e LC.

A pesquisa quantitativa contribui de maneira inédita no segmento da construção civil brasileira no sentido de evidenciar a baixa adoção de boas práticas na construção civil como LC e BIM, e as barreiras existentes que influem diretamente no baixo índice de implementação dessas boas práticas.

O estudo apresenta limitações quanto ao universo da pesquisa, mesmo que tenha sido considerada uma amostra de 72 pessoas de 15 cidades do país. Como sugestão de próximos estudos, a replicação da *survey* em outros cenários ou segmentos da indústria da construção pode auxiliar na construção de uma base maior de análise de dados e o estudo específico focado nas principais barreiras encontradas através de estudos de caso com empresas que implementam ou implementaram LC e BIM com foco nas soluções encontradas para as barreiras vivenciadas.

Referências

- IGLC.net. (2021). Recuperado de <https://www.iglc.net/Home/About>
- ABECIP (2021). *Boletim Informativo de Crédito Imobiliário e Poupança*. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <https://www.abecip.org.br/admin/assets/uploads/anexos/data-abecip-2021-10.pdf>
- ABRAIN (2021). *A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira*. Recuperado em 26 outubro de 2021 de <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>
- Albalkhy, W., & Sweis, R. (2020). Barriers to adopting lean construction in the construction industry: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Azhar, S.; Hein, M.; Sketo, B. (2011). *Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*, *Leadership and Management in Engineering* 11(3): 241–252. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2020). Lean construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M. J. Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N., & Brown, S. (2017). *Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity*, McKinsey Global Institute (MGI), McKinsey & Company.
- Bhasin, S. (2012). An appropriate change strategy for lean success. *Management Decision*.
- Blanchard, D. (2007, October). *Census of U.S. Manufacturers – Lean Green and Low Cost*. Industry Week.
- Benbasat, I. Goldstein, D., Mead, M. (1987 september). *The Case Research Strategy in Studies of Information Systems*. MIS Quarterly.
- CBIC (2021). *Construção prevê maior crescimento para o setor desde 2013 e diz que avanço poderia ser ainda maior*. Recuperado em 17 dezembro de 2021 de <https://cbic.org.br/construcao-preve-maior-crescimento-para-o-setor-desde-2013-e-diz-que-avanco-poderia-ser-ainda-maior/>
- Chan, D. W., Olawumi, T. O., & Ho, A. M. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*, 25, 100764.
- Changali, S., Mohammad, A., & Nieuwland, M V. (2015). *The construction productivity imperative*, McKinsey Productivity Sciences Center, McKinsey & Company.
- CNI (2019). *Produção Enxuta na Indústria da Construção Civil Brasileira*.
- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Tzortzopoulos, P., & Owen, R. (2013) *Implementing lean in construction: Lean construction and BIM [CIRLA Guide C725]*. CIRLA - Construction Industry Research and Information Association, United Kingdom.

- Dieese (2020). *A Construção Civil e os Trabalhadores: panorama dos anos recentes*. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos.
- Diekmann, J.E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Won, S. (2004). *Application of lean manufacturing principles to construction (CII Report 191)*. Austin, TX: The University of Texas at Austin.
- Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Jackson, P. R. (2012). *Management research*. Sage.
- Evans, M., Farrell, P., Mashali, A., & Zewein, W. (2020). Critical success factors for adopting building information modelling (BIM) and lean construction practices on construction mega-projects: A Delphi survey. *Journal of engineering, design and technology*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2014). *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. Bookman Editora.
- Eastman, C. M. (1999). *Building product models: computer environments supporting design and construction*. Boca Raton: CRC Press, 411p.
- Fosse, R., Ballard, G., & Fischer, M. (2017). Virtual design and construction: Aligning BIM and lean in practice. *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 9-12 July 2017, Heraklion, Greece.
- Freitas, H., Oliveira, M., Saccol, A. Z., & Moscarola, J. (2000). O método de pesquisa survey. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 35(3).
- Garnett, N., Jones, D., & Murray, S. (1998, August). Strategic application of lean thinking. *Proceedings IGLC*, Guarujá. pp.13-15.
- German, P. (2012). *Evaluation of training needs for Building Information Modeling (BIM)*. ProQuest, UMI Dissertation Publishing.
- Georgiadou, M. C. (2019). An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. *Construction Innovation*.
- GOV.BR. (2020). *Decreto N° 10.306, de 2 de abril de 2020*. Recuperado em 6 fevereiro de 2022 de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm
- Ganah, A., & John, G. A. (2015). An overview of the feasibility of achieving level 2 building information modeling by 2016 in the UK. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(8), pp.885-894.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación*. 4, pp. México eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana. pp.310-386.
- Jadhav, J. R., Mantha, S. S., & Rane, S. B. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Keiser, J. A. (2012, July). Leadership and Cultural Change: Necessary components of a lean transformation. In *Proceedings for the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Kassem, M., & Amorim, S. L. R. (2015) *Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia*. Brasília: relatório, 2015. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>.
- Kearney, S., & MacDonald, M. (2019). *NBS International BIM Report 2019*. RIBA Enterprises Ltd. "Driving Economic Prosperity through BIM adoption"
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford university, Stanford, CA.
- Liker, J.K. (2004), *The Toyota Way – 14 Management Principles from the Worlds Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Lam, T.T., Mahdjoubi, L., & Mason, J. (2017). A framework to assist in the analysis of risks and rewards of adopting BIM for SMEs in the UK. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(6), pp. 740–752. doi:10.3846/13923730.2017. 1281840.

- 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), 05015006.
- Mohan, S.B., & Iyer, S. (2005). Effectiveness of lean principles in construction. In *13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Sydney, Australia, 19-21 pp. 421-429.
- Milberg, C., & Walsh, K. D. (2012). *Exploring lean construction practice, research, and education*. Engineering, Construction and Architectural Management.
- Ministério da Infraestrutura (2021). *País fecha 2021 com 108 obras entregues e 39 ativos concedidos à iniciativa privada*. Recuperado em 29 dezembro de 2021 de <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/2021/12/pais-fecha-2021-com-108-obras-entregues-e-39-ativos-concedidos-a-iniciativa-privada>
- NBS (2018) National BIM Report 2018. *Newcastle upon Tyne: relatório, 2018*. Recuperado em 21 dezembro de 2021 de <https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>.
- Niepcz, W., & Molleman, E. (1996). Characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems: a case study. *International Journal of Operations & Production Management*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Cambridge, MA: Productivity press.
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from lean manufacturing to lean construction: Toward a common sociotechnological framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 15(2), pp.233-245.
- Rajat A., Shankar C., & Mukund S. (2016). *Imagining construction's digital future*, McKinsey Productivity Sciences Center, McKinsey & Company.
- Sacks, R., Koskela, L., Dave, B. A., & Owen, R. (2010). Interaction of lean and building information modeling in construction. *Journal of construction engineering and management*, 136(9), pp.968-980.
- Saka, A. B., & Chan, D. W. (2020). *Profound barriers to building information modelling (BIM) adoption in construction small and medium-sized enterprises (SMEs): An interpretive structural modelling approach*. *Construction Innovation*.
- Samimpay, R., & Saghatforoush, E. (2020). Benefits of implementing building information modeling (BIM) in infrastructure projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10(2), pp.123-140.
- Shang, G., & Pheng, L. S. (2014). Barriers to lean implementation in the construction industry in China. *Journal of technology Management in China*.
- Shingo, S. (1981). *Study of the Toyota Production System*. Japan Management Association, New York, NY, Productivity Press.
- Shook, J.Y. (1997). Bringing the Toyota production system to the united states: a personal perspective. In Liker, J.K. (Ed.). *Becoming Lean: Inside Stories of US Manufacturers*, Productivity Press. Portland.
- Sienge (2021). *O impacto e a importância da construção civil no país*. Recuperado em 05 novembro de 2021 de <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/>
- Sim, K.L. & Rogers, J.W. (2009). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management Research News*, 32(1), pp. 37-49.
- Succar, B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. *Automation in construction*, 18(3), pp.357-375.
- Sun, C., Jiang, S., Skibniewski, M. J., Man, Q., & Shen, L. (2017). A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(5), pp.764-779.
- Sinoh, S. S., Othman, F., & Ibrahim, Z. (2020). Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(9), pp.2737-2765.
- Tekla Corporation. (2022). *Basic concepts* [online], [cited 30 Janeiro 2022]. Available from Internet: <https://www.tekla.com/resources/blogs/what-is-bim>

- Tezel, A., Taggart, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Hanahoe, J., & Kelly, M. (2020). Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: a systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(2), pp.186-201.
- Ullah, K., Lill, I., & Witt, E. (2019). An overview of BIM adoption in the construction industry: Benefits and barriers. In *10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Emerald Publishing Limited.
- Vilaron. (2021). *Governo Federal vai exigir uso do BIM a partir de 2021*. Recuperado em 31 dezembro de 2018 de <http://www.vilaron.com.br/governo-federal-vai-exigir-uso-do-bim-a-partir-de-2021>
- Walton, M. (1986). *The Deming Management Method*, New York, NY, Putnam Publishing.
- Womack, J. P., & Jones, D.T. (1996). *Lean thinking*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Penso Editora.
- Zhou, Y., Yang, Y., & Yang, J. B. (2019). Barriers to BIM implementation strategies in China. *Engineering, Construction and Architectural Management*.