

Estratégias para aplicação do BIM e *Lean Construction* nos canteiros de obras: um estudo de caso no estado do Rio de Janeiro

Strategies for the application of BIM and Lean Construction in construction sites: a case study in the state of Rio de Janeiro

DOI:10.34117/bjdv7n10-441

Recebimento dos originais: 07/09/2021

Aceitação para publicação: 04/10/2021

Gustavo Oliveira Pinto

Mestrando em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF) e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

Rua Passo da Pátria, 156 –3º andar –Sala 365 –Bloco “D” –São Domingos –Niterói –RJ
–Brasil –CEP: 24210-240
E-mail: gustavop@id.uff.br

Isadora de Paula Bastos

Mestra em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Rua Passo da Pátria, 156 –3º andar –Sala 365 –Bloco “D” –São Domingos –Niterói –RJ
–Brasil –CEP: 24210-240
E-mail: isadora.bastos@engenharia.uff.br

Luiz Carlos Brasil de Brito Mello

Doutor em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Rua Passo da Pátria, 156 –3º andar –Sala 365 –Bloco “D” –São Domingos –Niterói –RJ
–Brasil –CEP: 24210-240
E-mail: luiz.brasil@gmail.com

Edson Neves da Silva

Doutor em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Rua Passo da Pátria, 156 –3º andar –Sala 365 –Bloco “D” –São Domingos –Niterói –RJ
–Brasil –CEP: 24210-240
E-mail: engproducao.edson@gmail.com

Rachel Madeira Magalhães

Doutora em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Rua Passo da Pátria, 156 –3º andar –Sala 365 –Bloco “D” –São Domingos –Niterói –RJ
–Brasil –CEP: 24210-240
E-mail: rachelmagalhaes@gmail.com

RESUMO

Na busca por otimização e modelos mais avançados para o gerenciamento e controle de obras surgiram o Building Information Model (BIM) e o Lean Construction (LC). Este

artigo pretende estudar a utilização do uso do BIM e LC em canteiro de obras. Adotou-se o estudo de caso com aplicação de um questionário para médias e grandes empresas construtoras localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro/RJ. Os principais resultados demonstram que o baixo conhecimento sobre o BIM e LC, a percepção de alto custo frente à potenciais ganhos a médio e longo prazo são as principais dificuldades na adoção do BIM e do LC. No entanto, são apresentadas recomendações que podem auxiliar na adoção deles, tais como: a inclusão da implementação do BIM e do LC dentro dos objetivos do plano estratégico, com metas e planos de ação que podem favorecer a implementação de forma sustentável; integração entre projetistas; e treinamento adequado aos colaboradores. Por fim, concluiu-se que é necessário um levantamento completo dos custos envolvidos na implantação dessas novas formas de trabalhar nos canteiros de obras e que seus benefícios possam contribuir para o aumento da eficácia da construção civil brasileira.

Palavras-chaves: BIM; Lean Construction; Construção Enxuta; Canteiro de Obras; Construção Civil.

ABSTRACT

Building Information Model (BIM) and Lean Construction (LC) emerge by searching for optimization and more advanced models for managing and controlling works. This article intends to study the use of BIM and LC in construction sites. A case study was adopted with a questionnaire to medium and large construction companies located in the metropolitan region of Rio de Janeiro/RJ. The main results demonstrate that the main difficulties in adopting BIM and LC are insufficient knowledge about them, the perception of high cost in the face of potential gains in the medium and long term. However, recommendations are presented that can help in the adoption of BIM and LC, such as: including the implementation of them within the objectives of the strategic plan, with goals and action plans that can sustainably favor the performance; integration between designers; and adequate training for employees. Finally, it was concluded that a complete survey of the costs involved in implementing these new ways of working on construction sites is necessary. Their benefits can contribute to increasing the efficiency of Brazilian civil construction.

Keywords: BIM; Lean Construction; Construction site; Building.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção é estrategicamente importante para as economias em termos de produção, criação de emprego e execução e manutenção do ambiente construído. Em 2019 a construção civil brasileira correspondia por 3,7% do PIB, menor valor desde o ano 2000, e com média de 5,3% nos últimos 19 anos (NUNES et al., 2020). Os autores também apontam que quanto menor for a variação anual do PIB da construção civil brasileira maior é a taxa de desemprego no ano, apresentando assim relação moderada e inversa. Mas apesar da importância econômica é um dos setores menos digitalizados com taxas de produtividade estacionárias ou em declínio (EU BIM TASK GROUP, 2017).

Nos últimos 50 anos, a produtividade do setor caiu quase 20%, enquanto a produtividade em empresas não agrícolas cresceu em mais de 150% (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016).

Diversos relatórios do setor identificam problemas sistêmicos no processo de construção relacionados com os seus níveis de cooperação e investimento insuficiente em recursos de Tecnologia da Informação e gestão deficiente da informação. Tais problemas resultam em uma baixa racionalidade econômica dos recursos públicos e riscos financeiros mais elevados, em virtude de custos excessivos, atrasos na execução das infraestruturas públicas e alterações evitáveis dos projetos (EU BIM TASK GROUP, 2017).

Diante de um setor construtivo fragmentado, ineficiente e ineficaz, quebra de paradigmas da construção civil se apresentam como alternativas para superar os desafios da indústria da construção civil no mundo. Nesse cenário, surge a filosofia de gestão enxuta para a construção civil, a Construção Enxuta, tradução livre dada a *Lean Construction*, originada do *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta). A ideia de aplicar o *Lean Production* na construção civil, ainda que encarado como uma inspiração para uma nova metodologia, surge em 1992, quando Lauri Koskela publica *Application of the New Production Philosophy to Construction*, com o objetivo de eliminar ou reduzir os desperdícios no canteiro de obra, reduzir a variabilidade do processo e aumentar o valor para o cliente (KOSKELA et al., 2002).

Já o BIM tem sido um tópico dominante em Tecnologia da Informação na pesquisa de construção. É apresentado como um domínio de conhecimento expansivo dentro da indústria construtiva (SUCCAR, 2009). Ou ainda, uma tecnologia de modelagem e um conjunto de processos associados para produzir, comunicar e analisar modelos de construção (SACKS et al., 2018). Entretanto, BIM não é apenas um software. Dainty et al. (2015) afirmam que para se obter os benefícios esperados é necessário focar nas agendas gerenciais e não apenas acreditar no poder das práticas digitais para resolver antigos problemas da construção civil. A respeito da sua implementação, governos têm incentivado sua adesão pelo setor da construção civil. No Brasil, seguindo tendência internacional, o Governo Federal lançou em 2018 a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM BR (BRASIL, 2018) que prevê a adoção do BIM em projetos piloto da iniciativa pública a partir de 2021 (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS, 2018).

Apesar do BIM e do LC serem conceitos diferentes e separados, Sacks et al. (2010) consideram que existem sinergias entre eles. O BIM, como processo e metodologia tem características que são fundamentais na eliminação de desperdícios na construção, estimula a implementação dos princípios *Lean* e oferece características que promovem maior fluxo no trabalho (SACKS et al., 2009). Dessa forma, o presente artigo pretende analisar a percepção de empresas da construção civil brasileira quanto a adoção da gestão LC e BIM em seus processos construtivos. O perfil da atual situação do uso do BIM e do LC nos canteiros de obras foi realizado através de aplicação de questionário que tinha como amostra empresas construtoras da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. A partir da identificação dos problemas que dificultam a utilização e implementação do BIM e o LC, foram propostas diretrizes que venham favorecer a adoção do LC e do BIM, ou as duas de forma integrada.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 BUILDING INFORMATION MODELLING

O BIM é apontado como a expressão atual que melhor sintetiza as inovações inerentes à indústria da construção civil (SUCCAR; KASSEM, 2015). A definição de BIM está sujeita à variação e confusão devido ao tamanho da sua complexidade. Este artigo adota a definição de Penttilä (2006) para quem BIM “[...] é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto e dados da construção ou empreendimento no formato digital em todo ciclo de vida do edifício [...]”.

O BIM se distingue do sistema de desenho assistido por computador (DAC; em inglês: *computer aided design* – CAD) tradicional, pois os objetos BIM representam componentes reais de uma construção (SACKS et al., 2005) como objetos 3D. Além dos detalhes da geometria, outras informações podem ser anexadas a esses objetos, por exemplo cronograma e estimativas de custo. Outra vantagem BIM é a facilidade de inserir, extrair, atualizar ou modificar dados digitais (SACKS et al., 2018). A complexidade BIM, descrita por Succar (2009), permite diversas aplicações e interações com outras tecnologias (AZHAR, 2011) enquadrando o BIM dentro do conceito de Indústria 4.0 para construção (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016). Tais particularidades permitem colher benefícios em todas as etapas do ciclo de vida da edificação (SACKS et al., 2018).

Dentre os principais benefícios BIM, Azhar (2011) destaca o aumento de produtividade durante a execução do projeto e redução de custos durante o ciclo de vida

do projeto. Por sua vez, Parreira (2013) aponta para a redução dos erros de desenho como um dos pontos fortes do BIM e a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2016) menciona diversos benefícios na adoção do BIM na etapa construtiva, por exemplo, a melhoria da eficiência no canteiro de obras, ao possibilitar a visualização clara do planejamento da construção, o inter-relacionamento entre as atividades e suas precedências e dependências.

Os benefícios BIM têm gerado uma onda de entusiasmo levando ao crescente interesse na sua implementação, com uma grande contribuição dos potenciais benefícios às questões relacionadas à sustentabilidade (MAGALHÃES; MELLO, 2021). Entretanto, é necessário compreender que o BIM representa muito mais do que uma nova ferramenta, sistema ou *software* de computador específico. É uma nova metodologia de trabalho (AZHAR, 2011). Assim, processo de implementação do BIM é definido como a reconfiguração de um conjunto complexo de atores, tecnologias e atividades em um sistema de informação (SI) que pode facilitar o trabalho colaborativo (DOWSETT; HARTY, 2019). Essa reconfiguração dos processos de trabalho esbarra em barreiras como resistência às mudanças (SACKS et al., 2018), custo de implementação (BABATUNDE; UDEAJA; ADEKUNLE, 2020) dentre outras.

2.2 LEAN CONSTRUCTION

O LC, assim como o BIM, foi apresentado como uma “quebra de paradigma” para a indústria da construção (Koskela, 2000; Azhar, 2011). Ou seja, ambos mudaram a maneira de executar os processos construtivos, ressignificando métodos e práticas produtivas. Para Isatto et al. (2000) a principal diferença entre a forma tradicional de construção e o LC é conceitual. Para os autores, trata-se de uma nova maneira de entender os processos. Na visão tradicional a construção é considerada como a conversão de materiais e substâncias em um produto, onde todas as ações geram valores para o resultado final. Já a construção enxuta considera substituir o entendimento de conversão para a visão por fluxo.

Para Koskela (1992), a LC é determinada por um conjunto de princípios interligados que devem ser aplicados de forma integrada na gestão de processos para a obtenção dos resultados esperados. Estes princípios são basicamente: reduzir a parcela de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes; reduzir a variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificar, através da redução do número de passos ou partes; aumentar a flexibilidade

de saída; aumentar a transparência do processo; focar o controle no processo global; introduzir melhoria contínua no processo; manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões; e fazer *benchmarking*.

Ao longo dos últimos 10 anos, estudos realizados em diversas partes do mundo como Europa, África e Ásia vêm contribuindo para a identificação dos benefícios do LC à indústria da construção, assim como, as principais barreiras e os grandes desafios para a adoção do LC. Oakland e Marosszky (2017) e Sacks et al. (2017) mostraram em suas respectivas pesquisas que o LC é o método mais eficaz e aplicável para a qualidade, segurança, produtividade na indústria da construção quando comparada a qualquer outra. Ahmed et al. (2020) destacam os benefícios da LC com ganhos associados à sustentabilidade, produtividade, qualidade, segurança, tempo e melhor gestão de resíduos. Silva e Mello (2021) pontam que os princípios do LC podem servir como norteador de sistema de gestão que integre aspectos da gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança do trabalho (QSMS). Esses benefícios foram também percebidos tanto em países desenvolvidos, como o Reino Unido (OGUNBIYI; GOULDING; OLADAPO, 2014), como em países em desenvolvimento, como a Arábia Saudita (Sarhan et al., 2018).

As barreiras para a implementação do LC são semelhantes em diversos estudos, conduzidos em países diferentes, e estão relacionados à vários fatores, podendo-se destacar: a falta de conhecimento sobre a construção enxuta, incluindo suas abordagens, técnicas e habilidades associadas; a influência das práticas tradicionais e forte resistência a mudanças; cultura organizacional desfavorável; e a falta de compromisso da gestão (Ahmed et al., 2020; Ahmed e Sobuz 2019; Bajjou and Chafi, 2018; Shang and Sui Pheng, 2014). Tais barreiras apontam para os grandes desafios globais para a adoção da LC, tendo sido corroboradas por Albalkhy and Sweis (2020) que, através de uma extensa revisão sistemática da literatura, identificaram e classificaram 29 desafios à implementação da LC. Segundo Sarhan et al. (2018), a literatura evidencia que as barreiras à implementação da construção enxuta em países desenvolvidos são semelhantes aos em desenvolvimento, entretanto são necessários mais estudos que corroborem com essa afirmativa.

3 METODOLOGIA

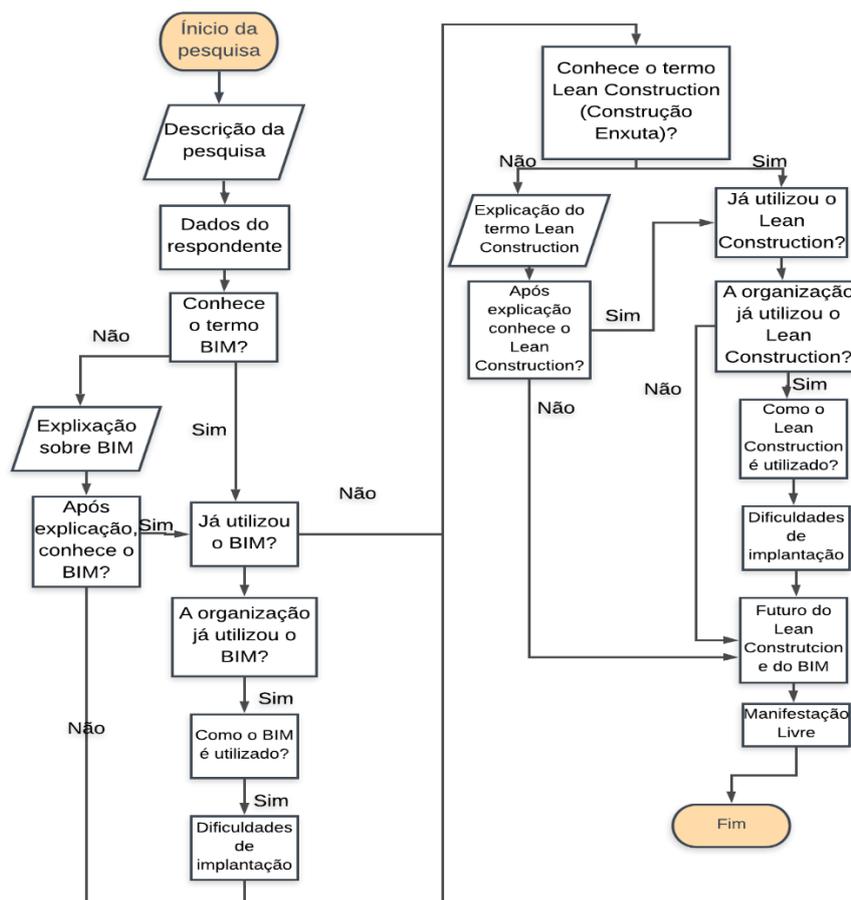
A pesquisa foi delineada em três etapas: definição e planejamento; coleta de dados; análise e conclusão. Na etapa inicial foi formulado o problema da pesquisa, seguido do desenvolvimento de uma teoria, e da seleção do protocolo de coleta de dados.

Para o desenvolvimento da teoria adotou-se a construção de um referencial teórico através de revisão da literatura.

Na segunda etapa adotou-se como estratégia de pesquisa o estudo de casos, com coleta de dados realizada através de um questionário respondido por meio de formulário online. O estudo de caso, na concepção de Yin (2011), consiste num estudo profundo e detalhado de modo a permitir o amplo conhecimento da realidade estudada. E a aplicação do questionário foi adotado em função da sua capacidade de lidar com grande número de entrevistados, podendo assim coletar uma ampla gama de atitudes dos indivíduos e ter uma melhor generalização dos resultados, além do baixo custo associado (AHMED; SOBUZ, 2019).

O questionário baseou-se na pesquisa de Carmona e Carvalho (2017) sobre a utilização do BIM e de Martins et al. (2018) que investigaram a aplicação do LC em canteiros de obras. O questionário foi construído de modo a garantir a impossibilidade de identificação do usuário ou organização, para obter uma maior quantidade de respostas e obter informações imparciais. O fluxograma do questionário é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do questionário.



Fonte: Os autores, 2021.

Em um estudo exploratório, a escolha da amostra é particularmente crítica, pois pode afetar os resultados do estudo (MILES; HUBERMAN, 1994). Romney et al. (1986) calcularam que amostras de tamanho maior ou igual a quatro permitem capturar informações extremamente precisas com um alto nível de confiança (0,999). Nesse sentido, conduziu-se o estudo através de amostragem não probabilística do tipo intencional, na qual os pesquisadores utilizam seu julgamento para selecionar os membros da população que são boas fontes de informação (OLIVEIRA, 2001).

Os respondentes foram selecionados de médias e grandes empresas, ou seja, com mais de 100 funcionários, cadastradas no CREA-RJ (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro). Os questionários estruturados foram enviados para 50 profissionais da área de construção civil da região metropolitana do Rio de Janeiro, entre junho e outubro de 2019. Por questões de facilidade de criação e gratuidade, a coleta de dados foi realizada através da plataforma *Google Forms*. O *link* para os questionários foi enviado em *e-mails* individuais que continham uma breve explicação sobre a pesquisa, seus objetivos, e a estimativa de tempo de preenchimento de 8 até 12 minutos.

Acerca da última etapa da metodologia foi realizada uma análise descritiva do estado atual do conhecimento e utilização do BIM e do LC, através dos resultados do questionário. E foram sugeridas possíveis soluções para os problemas apresentados com base no referencial teórico apresentado. Tais apontamentos são apresentados nas seções seguintes.

4 RESULTADOS, DISCUSSÃO E PROPOSIÇÕES

O questionário teve 20 respondentes, com 14% de questionários satisfatórios. Ou seja, 7 respondentes que estavam dentro do universo de interesse da pesquisa - médias e grandes empresas (empresas entre 100 e 499 funcionários e acima de 500 funcionários). Essa taxa de resposta foi considerada adequada pois Langar e Pearce (2014) ao conduzirem pesquisa semelhante, também obtiveram taxa de resposta efetiva próximo de 15%. Akintoye (2000) indica que uma taxa de resposta aceitável para pesquisas em construção é entre 20% e 30%, utilizando correio tradicional. Entretanto, Crawford et al., (2001) sugerem que essa taxa de resposta pode ser menor em casos de pesquisas que utilizam aplicações *online*.

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos respondentes de acordo com seu tempo de formação, tempo de atuação na atual empresa, o atual cargo na empresa e o porte da

empresa. Ao analisar o cargo dos respondentes, observa-se que a amostra abrange diferentes posições hierárquicas.

Tabela 1 - Caracterização dos respondentes

| Característica | Frequência | Porcentagem |
|------------------------------|------------|-------------|
| Tempo de formado | | |
| Menos de 5 anos | 3 | 42,9% |
| Entre 5 e 10 anos | 2 | 28,6% |
| Entre 10 e 20 anos | 0 | 0,0% |
| Mais de 20 anos | 2 | 28,6% |
| Tempo de empresa | | |
| Menos de 5 anos | 4 | 57,1% |
| Entre 5 e 10 anos | 0 | 0,0% |
| Entre 10 e 20 anos | 2 | 28,6% |
| Mais de 20 anos | 1 | 14,3% |
| Cargo ocupado na empresa | | |
| Analista | 2 | 28,6% |
| Gerente | 1 | 14,3% |
| Proprietário | 2 | 28,6% |
| Supervisor | 2 | 28,6% |
| Porte da empresa construtora | | |
| Média | 3 | 42,9% |
| Grande | 4 | 57,1% |

Fonte: Os autores, 2021

4.1 NÍVEIS DE CONHECIMENTO DE BIM

A Tabela 2 apresenta o nível de conhecimento dos respondentes e a utilização de BIM nas unidades analisadas. Em relação ao conhecimento do termo BIM, todos os respondentes afirmaram conhecê-lo, enquanto na pesquisa realizada por Carmona e Carvalho (2017), 9% o desconheciam.

Tabela 2 - Nível de conhecimento e utilização de BIM

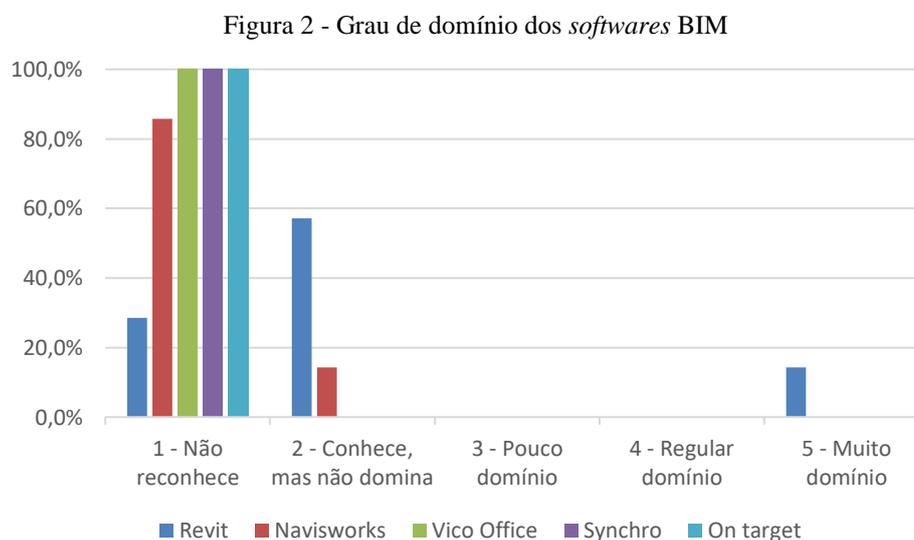
| Variáveis qualitativas | Frequência | Porcentagem |
|-------------------------------|------------|-------------|
| Reconhecimento do termo BIM | | |
| Sim, reconhece | 7 | 100,0% |
| Não, nunca teve contato | 0 | 0,0% |
| Grau de conhecimento de BIM | | |
| 1 - nenhum conhecimento | 2 | 28,6% |
| 2 - pouco conhecimento | 1 | 14,3% |
| 3 - médio conhecimento | 4 | 57,1% |
| 4 - satisfatório conhecimento | 0 | 0,0% |
| 5 - muito conhecimento | 0 | 0,0% |
| Utilização de BIM na empresa | | |
| Utiliza | 2 | 28,6% |
| Não utiliza | 5 | 71,4% |

Fonte: Os autores, 2021

Em relação ao nível de conhecimento do BIM, nenhum dos respondentes afirmou ter conhecimento além de médio, grau 3. Sendo que 57,1% da amostra respondeu ter médio conhecimento sobre BIM e 28,6% afirmaram não ter nenhum conhecimento, apesar de já terem tido algum contato com o termo. Gamil e Rahman (2019) ao analisarem estatisticamente 27 desafios para implementação do BIM identificaram a falta de consciência dos benefícios do BIM como um dos principais desafios. Indicando também um baixo conhecimento do BIM.

Em relação a utilização do BIM, apenas 28,6% afirmaram que utilizam o BIM, sendo que esses trabalham em empresas classificadas como grandes. Esse resultado fica abaixo dos 36% encontrados por Carmona e Carvalho (2017). Gamil e Rahman (2019) identificaram uma taxa de utilização do BIM de apenas 8,2%. Porém, 38% dos respondentes afirmaram ter consciência dos seus benefícios e 12% planejam sua implementação.

Os participantes também foram questionados sobre o nível de conhecimento de *softwares* BIM, em uma escala de um a cinco, apresentado na Figura 2. O *software* mais conhecido é o Revit, do qual 57,10% dos respondentes afirmaram ter algum conhecimento dessa ferramenta e 14,30% afirmaram ter um grande conhecimento/domínio desse *software*. Esse resultado já era esperado, pois segundo Olowa et al., (2019), trata-se de um programa muito difundido em todo o mundo, fazendo parte do catálogo de uma empresa muito conhecida no mercado, a Autodesk. Questionados se conheciam algum outro *software* BIM não citado no questionário, os respondentes não retornaram qualquer resposta.



Fonte: Os autores, 2021

4.2 CARACTERÍSTICAS DA IMPLANTAÇÃO DO BIM

Nessa etapa os respondentes que utilizam BIM foram questionados sobre as características da implantação do BIM no canteiro de obras da empresa construtora, presente na Tabela 3.

Tabela 3 - Características da implantação do BIM

| Variáveis qualitativas | Porcentagem |
|---|-------------|
| Integração entre projetistas e construtora | |
| Sim, houve | 100,0% |
| Não, não houve | 0,0% |
| Grau de importância de ter equipe na obra preparada para entender as informações BIM | |
| 1 - sem importância | 0,0% |
| 2 - pouco importante | 0,0% |
| 3 - importante | 0,0% |
| 4 - muito importante | 50,0% |
| 5 - extremamente importante | 50,0% |
| Grau de importância de ter normas e procedimentos para a utilização da documentação BIM | |
| 1 - sem importância | 0,0% |
| 2 - pouco importante | 0,0% |
| 3 - importante | 0,0% |
| 4 - muito importante | 50,0% |
| 5 - extremamente importante | 50,0% |

Fonte: Os autores, 2021

Todos os respondentes que utilizam BIM na empresa afirmaram que houve integração entre os projetistas e a empresa construtora, demonstrando um ponto positivo na implantação do BIM. Para Carmona e Carvalho (2017), muitas vezes pela dificuldade de integração entre projeto e execução, as empresas terceirizam a interação entre esses dois agentes, gerando burocratização do fluxo de trabalho, já que é inserido um novo agente no processo.

Os respondentes que utilizam BIM também se posicionaram em relação ao grau de importância de dois aspectos: possuir recursos humanos alocados na obra preparados para entender as informações BIM; e possuir normas e procedimentos para a utilização da documentação BIM, também apresentados na Tabela 3. Em ambos os questionamentos, os respondentes classificaram esses aspectos como sendo muito ou extremamente importantes. Esse resultado corrobora a afirmação de Rekola et al. (2010) os quais citam que além da instalação dos softwares BIM é preciso também que os colaboradores sejam capacitados e entendam seus processos e metodologia. Babatunde et al. (2020) apontam que a principal barreira para implementação do BIM é o baixo

conhecimento técnico sobre BIM. Gamil e Rahman (2019) consideram que a falta de conhecimento sobre o BIM é o segundo maior desafio para implementação do BIM, atrás apenas das restrições financeiras. Sobre essa barreira, Babatunde et al. (2020), apresentam a incorporação do BIM no currículo acadêmico como potencial solução.

Sobre a necessidade de possuir mão-de-obra capacitada em BIM, a CBIC (2016) recomenda que o ideal seria a organização contratar um gerente BIM com alguma experiência. Diante de eventual impossibilidade, o treinamento e capacitação de profissionais dentro do quadro de funcionários seria uma alternativa. Entretanto, Sinoh et al. (2020) ao pesquisarem sobre os fatores críticos de sucesso na implementação de BIM, apontam que fatores associados a liderança e busca por melhorias nos processos de comunicação nos projetos são mais importantes do que fatores técnicos associados ao conhecimento de *softwares* e viabilidade de *hardwares*.

E em face da importância de se ter normas e procedimentos para a utilização da documentação BIM, recomenda-se que se faça o mapeamento dos processos BIM. Ou seja, é essencial o exercício de analisar e ajustar os processos já documentados e publicados, para refletir eventuais particularidades ou especificidades.

A Tabela 4 apresenta os fatores relacionados a utilização BIM no canteiro de obras sob duas perspectivas: vantagens e dificuldades. Esses fatores foram agrupados de acordo com a classificação das atuais empresas dos respondentes, de modo que somente os funcionários que trabalham em empresas classificadas como grandes utilizam o BIM e estavam aptos a responder essa seção do questionário. Os respondentes também poderiam apresentar outras vantagens e dificuldades além das já exibidas no questionário, porém nenhuma sugestão foi feita.

Tabela 4 - Vantagens e dificuldades de se trabalhar em um ambiente BIM no canteiro de obras

| Fatores relacionados a utilização BIM no canteiro de obras | Empresas | |
|---|----------|---------|
| | Médias | Grandes |
| Principais vantagens de se trabalhar em um ambiente BIM no canteiro de obras | | |
| Ter uma perspectiva 3D/4D/5D/6D do projeto | 0,0% | 100,0% |
| Planejamento das fases de construção | 0,0% | 50,0% |
| Melhora na produtividade e redução de retrabalho | 0,0% | 50,0% |
| Apresentações comparativas do avanço real versus planejamento | 0,0% | 0,0% |
| Apoio à segurança no trabalho | 0,0% | 0,0% |
| Melhoria na compatibilidade de projetos | 0,0% | 100,0% |
| Processos estruturados de atualização do planejamento conforme a execução | 0,0% | 0,0% |
| Levantamento de quantitativos | 0,0% | 100,0% |
| Aperfeiçoamento da programação de atividades e previsibilidade de custos | 0,0% | 50,0% |
| Geração de projetos e cronogramas melhores | 0,0% | 100,0% |
| Principais dificuldades de se trabalhar em um ambiente BIM no canteiro de obras | | |
| Alto custo dos softwares | 0,0% | 100,0% |
| Necessidade de treinamento de pessoal para utilizar o BIM | 0,0% | 50,0% |

| | | |
|---|------|-------|
| Falta de comunicação entre os projetistas | 0,0% | 50,0% |
| Necessidade de um terceiro agente entre escritório e canteiro | 0,0% | 50,0% |
| Necessidade de padronização no processo de modelagem e nos cálculos | 0,0% | 0,0% |

Fonte: Os autores, 2021

Na pesquisa de Carmona e Carvalho (2017), 13% dos respondentes utilizam o BIM para modelagem 4D/5D/6D, 38% utilizam para levantamento de quantitativo e 63% para compatibilização de projetos. Os respondentes da presente pesquisa classificaram esses mesmos aspectos como principais vantagens. De acordo com Lindblad (2013), o BIM foi considerado uma solução para a baixa produtividade da construção civil. No entanto, apenas metade dos respondentes da pesquisa realizada considerou importante essa vantagem. As dificuldades apontadas pelos respondentes corroboram o apontado no Volume 2 do relatório da CBIC (2016), de que a cultura da indústria da Construção Civil no Brasil já impõe barreiras à implantação do BIM.

A única dificuldade em se trabalhar em um ambiente BIM no canteiro de obras que todos os respondentes afirmaram ser importante, foi o alto custo dos *softwares*. Análise corroborada pelos resultados apresentados por Babatunde et al. (2020). De acordo com a CBIC (2016), os altos custos para implantação do BIM representam uma grande barreira na disseminação do processo no Brasil. Diante desse alto custo, associado a pouco conhecimentos dos *softwares* BIM, apresentado na Figura 2, recomenda-se que a equipe responsável pelo BIM defina a plataforma tecnológica que será utilizada e, desde o início do projeto de implementação, trace uma estratégia para as eventuais mudanças de atualizações das plataformas e versões dos *softwares*.

Outra importante dificuldade identificada através da análise dos questionários é a existência de problemas na comunicação entre os projetistas. A criação de modelos 3D a partir de um único *software* de modelagem é uma das soluções para a integração entre vários modelos multidisciplinares. Porém, existe a possibilidade de nem todos os projetistas utilizarem o mesmo programa. Assim, como recomendado pela CBIC (2016), as boas práticas indicam que a equipe responsável pela implementação BIM deverá desenvolver ferramentas auxiliares de controle para consolidar todas as principais informações que serão trocadas entre os projetistas. Desta forma, posteriormente isso auxiliará na execução da obra, sendo essa uma outra possível solução para os problemas de comunicação entre os projetistas.

A necessidade de um terceiro agente entre escritório e canteiro dificulta o trabalho em um ambiente BIM, como identificado no questionário, podendo gerar atrasos na

implantação e aumentar os custos do empreendimento. Esses intercâmbios de informações alteram os elementos de um modelo BIM. Para evitar isso, é importante que no canteiro de obras a equipe BIM esteja capacitada para receber os projetos e que eles estejam adequados para a execução, sem necessidade de alteração ou correção.

A única dificuldade que nenhum dos respondentes achou relevante foi a necessidade de padronização no processo de modelagem e nos cálculos. Entretanto, é importante que exista uma estratégia de contratação e avaliação da progressão e da qualidade de serviços desenvolvidos para a contratação BIM pela empresa. Para uma implementação adequada é necessário que sejam feitos acordos com empresas que terão de trabalhar colaborativamente para a realização dos processos no desenvolvimento de um mesmo empreendimento. É fundamental que se definam quais partes dos processos serão feitas internamente e quais serão realizadas por terceiros. A equipe BIM deve determinar a divisão dos trabalhos, que tipos de documentos e diretrizes precisarão ser desenvolvidos e previstos no escopo da implementação.

4.3 NÍVEL DE CONHECIMENTO DO *LEAN CONSTRUCTION*

A Tabela 5 apresenta o nível de conhecimento dos respondentes sobre LC e sua utilização nas atuais empresas. Em relação ao conhecimento do termo LC, 85,7% dos respondentes afirmaram conhecê-lo e classificaram o seu grau de conhecimento. Os 14,3% restantes afirmaram não conhecer, mesmo após a explicação sobre o LC. Em relação a utilização do LC, 50% dos respondentes afirmou utilizá-lo.

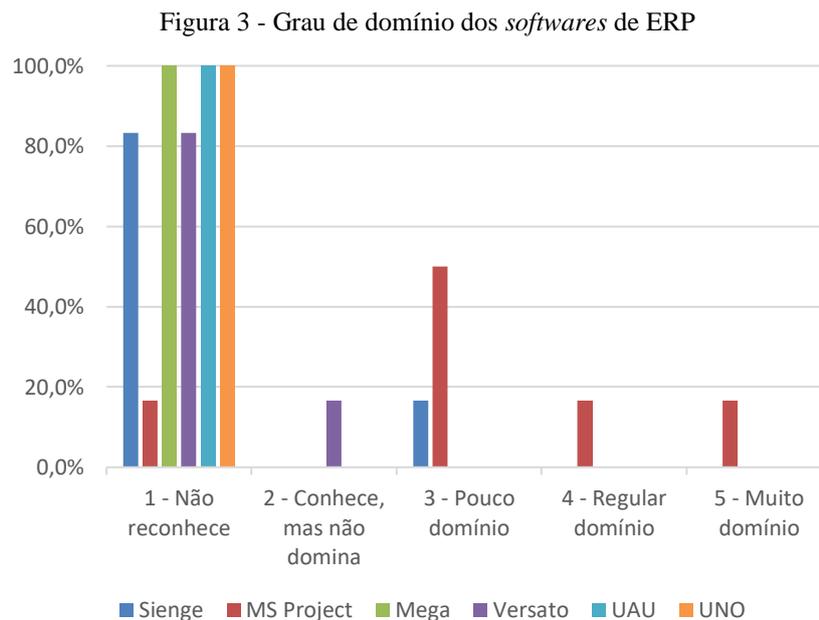
Tabela 5 - Nível de conhecimento e utilização do LC

| Variáveis qualitativas | Frequência | Porcentagem |
|-------------------------------|------------|-------------|
| Reconhecimento do termo LC | | |
| Sim, reconhece | 6 | 85,7% |
| Não, nunca teve contato | 1 | 14,3% |
| Grau de conhecimento de LC | | |
| 1 - Nenhum conhecimento | 2 | 33,3% |
| 2 - Pouco conhecimento | 1 | 16,7% |
| 3 - Médio conhecimento | 2 | 33,3% |
| 4 - Satisfatório conhecimento | 0 | 0,0% |
| 5 - Muito conhecimento | 1 | 16,7% |
| Utilização de LC na empresa | | |
| Utiliza | 3 | 50,0% |
| Não utiliza | 3 | 50,0% |

Fonte: Os autores, 2021

Os dados da presente pesquisa diferem dos apresentados por Bajjou e Chafi (2018) que ao analisarem o nível de conhecimento e implementação de técnicas do LC, indicam que 39% dos respondentes não estão familiarizados com nenhuma prática do LC e nunca ouviram falar sobre. Enquanto 35% conhecem essas técnicas, porém não as implementaram em seus atuais projetos e somente 26% tem conhecimento e implantam técnicas de LC.

Os participantes que afirmaram conhecer o LC também foram questionados sobre qual o nível de conhecimento de *softwares* ERP (*Enterprise Resource Planning* - Sistema integrado de gestão empresarial) que podem auxiliar na implantação do LC apresentado na Figura 3. Nenhum dos respondentes tinha conhecimento prévio dos *softwares* Mega, UAU e UNO. O *software* mais conhecido é o MS Project. Esse resultado já era esperado, pois a Microsoft, empresa que desenvolveu esse programa, tem suas aplicações bastante difundidas e é uma das três maiores empresas globais em valor de mercado (KINAHAN, 2019). Quando questionados se conheciam algum outro *software* que utiliza LC não citado no questionário, um dos respondentes citou o Primavera, *software* que facilita uma gestão global e integrada de toda construção (PRIMAVERA BSS, 2020).



Fonte: Os autores, 2021

4.4 CARACTERÍSTICAS DA IMPLANTAÇÃO DO *LEAN CONSTRUCTION*

Nessa etapa, os respondentes que utilizam LC foram questionados sobre as características da implantação do LC no canteiro de obras da empresa construtora, presente na Tabela 6.

Tabela 6 - Características da implantação do LC

| Variáveis qualitativas | Porcentagem |
|---|-------------|
| Empresa estava preparada para os custos da implantação do LC | |
| Sim, estava | 33,3% |
| Não, não estava | 66,7% |
| Grau de agilidade e eficiência dos fornecedores durante a implantação do LC | |
| 1 - Sem agilidade e eficiência | 33,3% |
| 2 - Pouco ágil e eficiente | 0,0% |
| 3 - Ágil e eficiente | 33,3% |
| 4 - Muito ágil e eficiente | 33,3% |
| 5 - Extremamente ágil e eficiente | 0,0% |
| Grau de aceitação dos colaboradores com a implantação do LC | |
| 1 - Sem aceitação | 33,3% |
| 2 - Pouco aceito | 0,0% |
| 3 - Aceito | 33,3% |
| 4 - Muito aceito | 33,3% |
| 5 - Extremamente aceito | 0,0% |
| Grau de importância de ter um treinamento adequado para os colaboradores ao se implantar o LC | |
| 1 - Sem importância | 0,0% |
| 2 - Pouco importante | 0,0% |
| 3 - Importante | 0,0% |
| 4 - Muito importante | 33,3% |
| 5 - Extremamente importante | 66,7% |

Fonte: Os autores, 2021

Para Scherer e Ribeiro (2013), é importante que a empresa esteja preparada para os custos de implantação do Lean. Sendo o custo adicional proveniente dessa implantação uma das principais barreiras para implantação do LC (Ahmed et al., 2020; Albalkhy and Sweis, 2020; Sarhan et al., 2018). Na presente pesquisa, 66,7% dos respondentes afirmaram que a empresa não estava preparada para os custos de implantação do LC. Scherer e Ribeiro (2013) também destacaram a importância de ter fornecedores capacitados e qualificados na implantação *Lean*. E na atual pesquisa, os respondentes apresentaram grande variação ao classificarem a agilidade e eficiência dos fornecedores nesse processo de implantação do LC, sendo que nenhum dos respondentes atribuiu a nota máxima 5.

De acordo com Scherer e Ribeiro (2013), a implantação do *Lean* exige uma cultura organizacional de melhoria proativa, que aceite as mudanças e possua a habilidade para gerir ambientes diversos. Sarhan et al. (2018) destacam que não possuir uma cultura organizacional favorável é a segunda principal barreira para implantação do LC. E assim como o aspecto anterior analisado, os respondentes também variaram muito na classificação do grau de aceitação por parte dos colaboradores com a implantação do LC, sendo que 33,3% afirmaram que não houve aceitação, o grau mais baixo de classificação. Ao analisar o grau de importância de ter um treinamento adequado para os colaboradores ao se implantar o LC, os respondentes atribuíram as classificações mais altas para essas características, destacando assim a sua importância. Ahmed et al. (2020), Ahmed e Sobuz (2019), Bajjou e Chafi (2018) e Sarhan et al. (2018), em suas respectivas pesquisas, destacaram que a falta de habilidades, treinamento e entendimento sobre as técnicas *Lean* são um dos principais desafios na implantação do LC. Esses resultados convergem com o que foi afirmado por Scherer e Ribeiro (2013), de que para o sucesso da implantação de um sistema *Lean*, o treinamento tem que ser efetivo.

Acerca dos fatores relacionados a utilização do LC, Tabela 7 os apresenta sob duas perspectivas: vantagens e dificuldades.

Tabela 7 - Vantagens e dificuldades de se trabalhar com LC

| Fatores relacionados a utilização do LC | Empresas | |
|---|----------|---------|
| | Médias | Grandes |
| Principais vantagens relacionadas ao LC | | |
| Reduzir atividades que não agregam valor | 0,0% | 100,0% |
| Reduzir o tempo de entrega de fornecedores, de métodos construtivos e o tempo de execução | 0,0% | 50,0% |
| Reduzir o tempo de ciclo (atividades de transporte, espera, processamento e inspeção para a produção) | 0,0% | 100,0% |
| Aumentar a transparência dos processos | 0,0% | 0,0% |
| Reduzir custos de forma inteligente e sustentável | 0,0% | 50,0% |
| Melhorias contínuas de todos os processos | 100,0% | 50,0% |
| Principais dificuldades relacionadas ao LC | | |
| Alto custo de implantação | 0,0% | 50,0% |
| Pouca aceitação dos cargos de gerência de obras | 0,0% | 0,0% |
| Falta de comunicação entre as partes envolvidas | 0,0% | 50,0% |
| Falta de conhecimento/empenho dos colaboradores | 0,0% | 50,0% |
| Falta de integração estratégica entre a implantação do LC e as metas da empresa | 100,0% | 50,0% |
| Empreiteiros não foram contratados para cumprir todas as etapas do LC | 0,0% | 50,0% |

Fonte: Os autores, 2021

Sobre os resultados exibidos na Tabela 7, nenhum dos respondentes considerou importante aumentar a transparência dos processos. Porém, Martins et al. (2018)

identificaram como ponto positivo em um canteiro de obras a definição clara da sequência das atividades. As principais vantagens apontadas pelos respondentes da atual pesquisa são a redução das atividades que não agregam valor, redução do tempo de ciclo e melhoria contínua dos processos. Entretanto, Ahmed et al. (2020), Bajjou e Chafi (2018) apontam que o principal benefício associado a implementação do LC é a melhora da qualidade da construção. Esses autores também identificaram que as reduções de custo e prazo são listadas como os benefícios menos importantes.

A dificuldade mais importante em se trabalhar com LC, apontada pela maioria dos respondentes, foi a falta de integração estratégica entre a implantação do LC e as metas da empresa. O BIM pode auxiliar nessa integração estratégica, a partir de um planejamento prévio objetivando criar um modelo BIM formal para a obra, sendo possível visualizar virtualmente e mais facilmente a progressão da obra.

A utilização do LC quando bem planejado pode gerar resultados e consequências positivas para os objetivos da empresa. A aplicação do LC pode reduzir o tempo de ciclo e das atividades que não agregam valor através de uma definição clara da sequência das atividades no canteiro de obras. O BIM pode auxiliar nessa redução através da descoberta de erros e possibilidade de correção de incompatibilidades, ainda antes da fase de construção, e no fornecimento de um modelo preciso do projeto que facilita o planejamento das atividades e aquisição de materiais e equipamentos, por exemplo (SACKS et al., 2018).

A única dificuldade que nenhum dos respondentes achou relevante foi a pouca aceitação dos cargos de gerência de obras. Esse resultado contraria o estudo de Ahmed e Sobuz (2019) que identificaram a falta de comprometimento da gestão como o principal desafio à implementação, dentre 41 listados, para profissionais com experiência de trabalho acima de 10 anos. Sarhan et al. (2018) também apontam que a falta de comprometimento da alta gestão é uma das principais barreiras para implantação do LC.

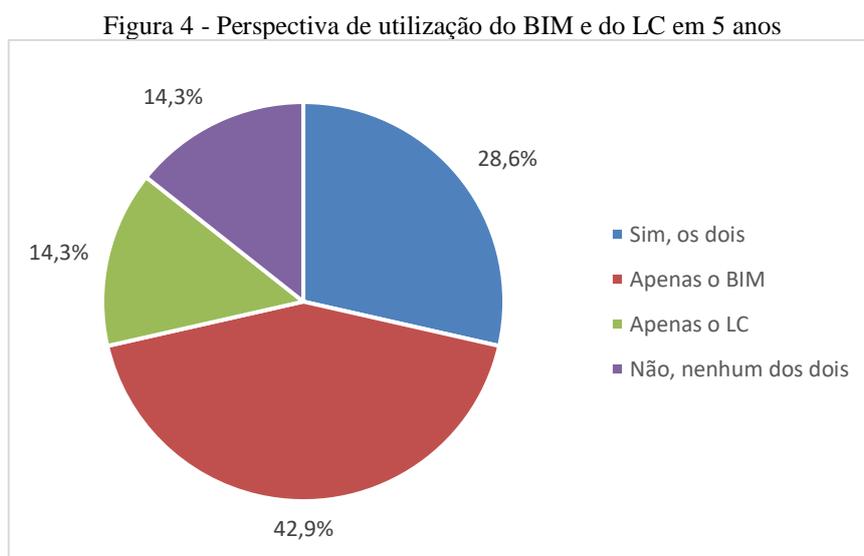
4.5 FUTURO DO BIM E DO *LEAN CONSTRUCTION*

Na etapa final do questionário os respondentes foram solicitados a responder quais eram suas impressões para o futuro do BIM e do LC, por meio de uma questão com resposta livre. De maneira consensual, os respondentes identificaram o potencial promissor e revolucionário desses processos, destacando a possibilidade de executar as atividades de maneira mais econômica e eficiente. Sendo que um dos respondentes chegou a compará-los com a revolução ocasionada pela utilização de *softwares* CAD.

Um dos respondentes declarou que “o não domínio do BIM e do LC serão fatores determinantes para a obsolescência profissional em pouco tempo”.

Alguns respondentes destacaram que o BIM e o LC são mudanças radicais de cultura da construção civil, sendo que o BIM já configura uma realidade mais próxima, enquanto o LC necessita de uma maior conscientização de toda cadeia produtiva e por isso ainda caminha a passos curtos no Brasil. E diante dos potenciais ganhos com a utilização do BIM e do LC, o domínio desses processos pode conferir as empresas diferencial competitivo, declarou outro respondente.

Por fim, os respondentes foram questionados sobre a perspectiva de uso do BIM e do LC em um horizonte de cinco anos, mostrado na Figura 4.



Fonte: Os autores, 2021

Do total da amostra, 71,4% projeta a utilização do BIM nos próximos cinco anos. Sendo que 42,9% somente utilizariam BIM e 28,6% visualizam a utilização do BIM e LC, juntos. Sacks et al. (2010) sugerem que a adoção paralela de BIM e do LC deve ser em pequenos passos, onde uma boa estratégia é definir cuidadosamente os benefícios que são desejados, e proceder por etapas incrementais no sentido de aproveitar as interações positivas entre os dois processos.

5 CONCLUSÃO

Diante das necessidades de se atingir melhores resultados na gestão da construção civil e aumentar o desempenho produtivo no canteiro de obras, a pesquisa permitiu constatar que o conhecimento de BIM e de LC entre os colaboradores das empresas é

baixo e existe pouco domínio sobre os *softwares* que auxiliam em sua implantação. Foi confirmado pelo resultado da pesquisa, que o alto custo é uma das principais dificuldades em se trabalhar com BIM e LC. Provavelmente, esse alto custo seja um entrave para a disseminação e um maior interesse das empresas para implantação dos processos. Recomenda-se uma apuração real dos custos que envolvem a implementação do BIM e do LC face aos benefícios de sua implementação. Ressalta-se que a determinação dos custos de implantação não estava presente no escopo dessa pesquisa e não foi considerada.

Entre os resultados obtidos constatou-se que uma das principais vantagens na implantação do LC foi a utilização do *Kaizen* (ou melhoria contínua), podendo ser obtida através do processo de transferência, tanto com um estudo de práticas bem-sucedidas quanto com a aprendizagem por meio da ação durante a implantação dessas práticas em outros contextos. O BIM auxilia no levantamento de causas de não cumprimento das atividades, e deste modo pode-se agir para corrigir os problemas e conseqüentemente gerar melhorias.

Outro ponto que merece atenção na implantação do BIM e do LC é a necessidade de treinamento de pessoal. A pesquisa reafirma a necessidade de geração de conhecimento e treinamento dos envolvidos com BIM e o LC, dado que há muita resistência por parte dos colaboradores. Isso pode ser devido à dificuldade mais citada pelos respondentes da pesquisa qual seja a falta de integração estratégica entre a implantação do BIM e do LC e as metas da empresa.

É importante que haja um trabalho permanente para a evolução do pensamento em relação a aceitação de novas tecnologias e inovações dentro do canteiro de obras. O setor de construção civil tem histórico de resistir às inovações, realizando as etapas da obra da mesma forma há anos sem acompanhar as novas tendências do mercado, tornando-se uma indústria atrasada em relação às demais.

Contudo, a pesquisa trouxe um resultado motivador, já que a maioria dos respondentes pretendem utilizar os dois processos nos próximos cinco anos, especialmente o BIM. Para que haja um maior conhecimento do LC e do BIM é importante que existam cursos e palestras dentro dos conselhos de classe, sindicatos e universidades sobre os dois processos, para que o profissional egresso da academia tenha essa formação e conhecimento para utilizar no mercado de trabalho.

Dado aos potenciais benefícios associados ao BIM e o LC, a pesquisa recomenda incluir dentro dos objetivos do plano estratégico da empresa a adoção do BIM e do LC,

para que através de metas e criação de planos de ação seja exequível a implementação sustentável do uso das técnicas e ferramentas BIM e LC dentro das empresas.

Como sugestões para trabalhos futuros as seguintes abordagens: aumento da amostra da pesquisa buscando a comparação dos resultados encontrados; aplicação de questionários semelhantes em outras localidades buscando uma comparação de resultados; e o levantamento dos custos necessários para a implementação do LC e do BIM na etapa de construção através da utilização de um projeto piloto.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S.; HOSSAIN, MD. M.; HAQ, I. Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 1 abr. 2020.
- AHMED, S.; SOBUZ, M. H. R. Challenges of implementing lean construction in the construction industry in Bangladesh. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 9, n. 2, p. 174–207, 1 jan. 2019.
- AKINTOYE, A. Analysis of factors influencing project cost estimating practice. **Construction Management and Economics**, v. 18, n. 1, p. 77–89, 1 jan. 2000.
- ALBALKHY, W.; SWEIS, R. Barriers to adopting lean construction in the construction industry: a literature review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 22 maio 2020.
- AZHAR, S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. **Leadership and Management in Engineering**, v. 11, n. 3, p. 241–252, 1 jul. 2011.
- BABATUNDE, S. O.; UDEAJA, C.; ADEKUNLE, A. O. Barriers to BIM implementation and ways forward to improve its adoption in the Nigerian AEC firms. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 23 mar. 2020.
- BAJJOU, M. S.; CHAFI, A. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 16, n. 4, p. 533–556, 1 jan. 2018.
- BRASIL. 9.377. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. . maio 2018.
- CARMONA, F. V. F.; CARVALHO, M. T. M. Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 385–401, 5 out. 2017.
- CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. Disponível em: <https://cbic.org.br/en_US/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>.
- CRAWFORD, S. D.; COUPER, M. P.; LAMIAS, M. J. Web Surveys: Perceptions of Burden. **Social Science Computer Review**, v. 19, n. 2, p. 146–162, 1 maio 2001.
- DAINTY, A. et al. **Don't believe the (BIM) hype: the unexpected corollaries of the UK "BIM revolution"**. . In: ENGINEERING PROJECT ORGANIZATIONS CONFERENCE. Scotland, UK: 2015. Disponível em: <<http://hub.hku.hk/handle/10722/215773>>. Acesso em: 19 ago. 2020
- DOWSETT, R. M.; HARTY, C. F. Assessing the implementation of BIM – an information systems approach. **Construction Management and Economics**, v. 37, n. 10, p. 551–566, 3 out. 2019.

EU BIM TASK GROUP. **Handbook for the introduction of building information modelling by the European public sector**: Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth. [s.l.] European Union, 2017. Disponível em:

<http://www.eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL.PDF>.

Acesso em: 19 ago. 2020.

GAMIL, Y.; RAHMAN, I. A. R. Awareness and challenges of building information modelling (BIM) implementation in the Yemen construction industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 17, n. 5, p. 1077–1084, 10 ago. 2019.

ISATTO, E. L. et al. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. v. 5

KINAHAN, J. J. Microsoft volta a ser maior empresa do mundo. **Forbes Brasil**, 30 jan. 2019.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. [s.l.] Stanford university Stanford, 1992. v. 72

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. VTT Publications 408 ed. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

KOSKELA, L. J. et al. The foundations of lean construction. In: BEST, R.; DE VALENCE, G. (Eds.). **Design and construction: building in value**. Oxford, UK: Butterworth Heinemann, 2002. v. 14p. 211–226.

LANGAR, S.; PEARCE, A. **State of adoption for building information modeling (BIM) in the southeastern United States**. 50th ASC Annual International Conference Proceedings. **Anais...**2014.

LINDBLAD, H. **Study of the implementation process of BIM in construction projects/analysis of the barriers limiting BIM adoption in the AEC-industry**. Master of Science thesis—Stockholm: KTH, Department of Real Estate and Construction Management, 2013.

MAGALHÃES, R. M.; MELLO, L. C. B. DE B. Modelagem de informações de construção, um mapeamento atualizado da literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89749–89767, 15 set. 2021.

MARTINS, J. B.; DEMÉTRIO, J. C. C.; DEMÉTRIO, F. J. C. Lean Construction: Uma análise comparativa em canteiros de obra de São Luís-MA. **Revista de Engenharia Civil**, v. 54, p. 36–45, 2018.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A. M. **Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook**. [s.l.] SAGE, 1994.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **BIM BR - Construção Inteligente**. [s.l.] Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2018. Disponível em:

<http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/Livreto_Estrat%C3%A9gia_BIM_BR_vers%C3%A3o_site_MDIC.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

NUNES, J. M. et al. O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 22 ago. 2020.

OAKLAND, J. S.; MAROSSZEKY, M. **Total Construction Management: Lean Quality in Construction Project Delivery**. New York: Routledge, 2017.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121–139, dez. 2016.

OGUNBIYI, O.; GOULDING, J. S.; OLADAPO, A. An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. **Construction Innovation**, v. 14, n. 1, p. 88–107, 1 jan. 2014.

OLIVEIRA, T. DE. Amostragem não probabilística: adequação de situações para uso e limitações de amostras por conveniência, julgamento e quotas. **Administração on line**, v. 2, n. 3, p. 01–10, 2001.

OLOWA, T. O.; WITT, E.; LILL, I. **BIM for Construction Education: Initial Findings from a Literature Review**. 10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization. **Anais...** Emerald Publishing Limited, 2019.

PARREIRA, J. P. DE C. **Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Perfil de Construção)—[s.l.] Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 11, n. 29, p. 395–408, 12 jun. 2006.

PRIMAVERA BSS. **Construction | Construção Pública**PRIMAVERA BSS, 2020. Disponível em: <<https://pt.primaverabss.com/pt/software/solucoes-setoriais/construcao-civil/construction/>>. Acesso em: 21 ago. 2020

REKOLA, M.; KOJIMA, J.; MÄKELÄINEN, T. Towards Integrated Design and Delivery Solutions: Pinpointed Challenges of Process Change. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 6, n. 4, p. 264–278, 2010.

ROMNEY, A. K.; WELLER, S. C.; BATCHELDER, W. H. Culture as Consensus: A Theory of Culture and Informant Accuracy. **American Anthropologist**, v. 88, n. 2, p. 313–338, jun. 1986.

SACKS, R. et al. A Target Benchmark of the Impact of Three-Dimensional Parametric Modeling in Precast Construction. **PCI Journal**, v. 50, n. 4, p. 126–139, 1 jul. 2005.

SACKS, R. et al. **Analysis framework for the interaction between lean construction and building information modelling**. Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...** In: 17TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. National Pingtung University of Science and Technology, LCI-Taiwan and LCI-Asia, The Grand Hotel, Taipei, Taiwan: 15 jul. 2009. Disponível em: <<http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/9546/>>. Acesso em: 19 ago. 2020

SACKS, R. et al. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968–980, set. 2010.

SACKS, R. et al. Construction flow index: a metric of production flow quality in construction. **Construction Management and Economics**, v. 35, n. 1–2, p. 45–63, 1 fev. 2017.

SACKS, R. et al. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3rd Edition ed. Hoboken NJ: John Wiley & Sons, 2018.

SARHAN, J. et al. Barriers to implementing lean construction practices in the Kingdom of Saudi Arabia (KSA) construction industry. **Construction Innovation**, p. CI-04-2017–0033, 23 fev. 2018.

SCHERER, J. O. S. O.; RIBEIRO, J. L. D. Proposição de um modelo para análise dos fatores de risco em projetos de implantação da metodologia lean. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 3, p. 537–553, 2013.

SHANG, G.; SUI PHENG, L. Barriers to lean implementation in the construction industry in China. **Journal of Technology Management in China**, v. 9, n. 2, p. 155–173, 1 jan. 2014.

SILVA, E. N. DA; MELLO, L. C. B. DE B. Proposta de um sistema de gestão integrando os princípios da construção enxuta (Lean Construction) aos aspectos da gestão da qualidade, segurança, meio ambiente e saúde ocupacional, com o foco nas empresas de pequeno porte da construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 8, p. 79384–79414, 11 ago. 2021.

SINOH, S. S.; OTHMAN, F.; IBRAHIM, Z. Critical success factors for BIM implementation: a Malaysian case study. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 1 jan. 2020.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-BIM adoption: Conceptual structures. **Automation in Construction**, v. 57, p. 64–79, 2015.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology**. Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em:

<http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.

YIN, R. K. **Applications of Case Study Research**. 3rd ed. ed. United States of America: SAGE, 2011.