XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO
VIII ENCUENTRO LATINOAME'RICANO DE GESTIÓN Y ECONOMÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
Do conhecimento à ação: práticas avançadas de gestão da produção
Londrina, Paraná, Brasil. 23 a 25 de Outubro de 2019

O PLANEJAMENTO DO CANTEIRO DE OBRAS COM AUXÍLIO DO BUILDING INFORMATION MODELLING: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

OLIMPIO, Luiz Carlos Magalhães (1); MOREIRA, Felipe Fernandes (2); BARROS NETO, José de Paula (3)

(1) Universidade Federal do Ceará, *(85) 9 86387670*, e-mail: olimpio@alu.ufc.br (2) Universidade Federal do Ceará, e-mail: felipef@gmail.com, (3) Universidade Federal do Ceará, e-mail: barrosneto@gercon.ufc.br

ABSTRACT

The construction final product is stationary, therefore, the activities, flows, processes and stocks occur within the project. This makes the construction site layout considerably complex and dynamic, requiring a high degree of managerial and technical body involvement. The construction site planning has become one of the key steps in ensuring the efficiency and effectiveness of projects, aiming to achieve cost, time, quality and safety goals. The strategies to achieve these goals involves the incorporation of construction site information, the time dimension during the project, the logistics, and the space optimization. To handle this amount of data the use of building information models is one of the right alternatives. The BIM allows to visualize and analyze the construction site before the production stage. Despite its potential contributions, this technology is still hardly used in this construction stage. Through a Systematic Literature Revision, this paper intends to consolidate results of recent developments of the use of BIM in construction site planning, determining the main contributions in its implementation, the possible future advances of this technology, and the difficulties found in these applications.

Keywords: *BIM; Construction; Site-Planning.*

1 INTRODUÇÃO

O espaço físico é um parâmetro importante na tomada de decisão acerca da aquisição, produção de pré-fabricados, na mobilização de espaço de construção e estocagem (TOMMELEIN; ZOUEIN, 1993), sendo um dos recursos que devem ser gerenciados, juntamente com materiais, equipamentos, mão-de-obra, tempo e dinheiro. O planejamento do canteiro inclui o planejamento do seu leiaute previamente ao início das atividades de execução, e que possui interação com outros processos do gerenciamento da construção – como planejamento do projeto, programação das atividades, e estimativa de custos (SADEGHPOUR; ANDAYESH, 2015). Este planejamento pode ser tratado como um problema de otimização com objetivo único, usualmente o custo, ou ainda de múltiplos objetivos, onde podem ser considerados parâmetros como tempo, locomoção, segurança, eficiência energética, controle de resíduos, e manejo de recursos ambientais (NING et al., 2016).

OLIMPIO, L. C. M.; MOREIRA, F. F.; BARROS NETO, J. P. O planejamento do canteiro de obras com auxílio do building information modelling: uma revisão sistemática da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/299

Neste âmbito, as etapas na modelagem do canteiro devem conter informações que permitam a organização do espaço, o gerenciamento das atividades no canteiro, e o projeto da produção operacional (TRANI; BOSSI; MINOTTI, 2013), apoiando escolhas de direção ao desempenho do projeto (TRANI et al., 2015). Na ausência de procedimentos corporativos ao planejamento do canteiro se costuma recorrer à experiência dos profissionais envolvidos no processo construtivo (EL ANSARY; SHALABY, 2014). Porém, diante da frequente complexidade do processo de projeto do canteiro, a adoção de modelos informatizados - *Building Information Modelling* (BIM) - é uma tendência na sua etapa de planejamento (SAMANEH; JAVIER, 2014).

A gestão da informação tem sido cada vez mais valorizada na indústria da construção (CASSANO; TRANI, 2017). A adoção do BIM no setor da arquitetura, engenharia e construção vem evoluindo de uma novidade tecnológica para uma parte integrante dos seus projetos, partindo da sua concepção, passando pela execução, e finalizando com a sua entrega (HARRIS; ALVES, 2016). Para obter sucesso nestes projetos se requer a solução efetiva de problemas que envolvam o canteiro de obras, que são influenciados por condições e fatores locais, pela viabilidade técnica, pelos custos, e prazos (ASTOUR; FRANZ, 2014). Neste âmbito, o BIM permite trazer às operações realizadas no canteiro informações confiáveis, rápidas e precisas (BARGSTÄDT, 2015), reduzindo a ocorrência de erros e favorecendo suas resoluções.

O desenvolvimento de novas práticas com BIM permitiu transformar o modo de projetar e gerenciar projetos, enquanto diversas funcionalidades são acrescentadas continuamente de maneira a atender as atuais demandas do mercado (BARGSTÄDT, 2015). Uma das principais aplicações da tecnologia são os cronogramas com o BIM 4D, que permitem coordenar e comunicar o trabalho planejado entre as equipes envolvidas. O modelo 3D oferece uma visualização adequada do espaço de trabalho, enquanto o planejamento 4D oferece uma compreensão simplificada de vários requisitos ao longo do ciclo de vida do projeto. Os recentes avanços permitem que a equipe do projeto pratique virtualmente procedimentos complexos, como planejamento, aquisição, posicionamento de equipamentos e instalações temporárias, e alocação de mão de obra (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017).

Buscando compreender as aplicações do BIM ao planejamento do canteiro de obra, se objetiva adotar o método de revisão sistemática da literatura (RSL), compreendendo as publicações mais recentes no tema, e elucidando aspectos como benefícios e requisitos das soluções propostas, corroborando com a consolidação desse conhecimento, e contribuindo na propagação desta tecnologia neste campo.

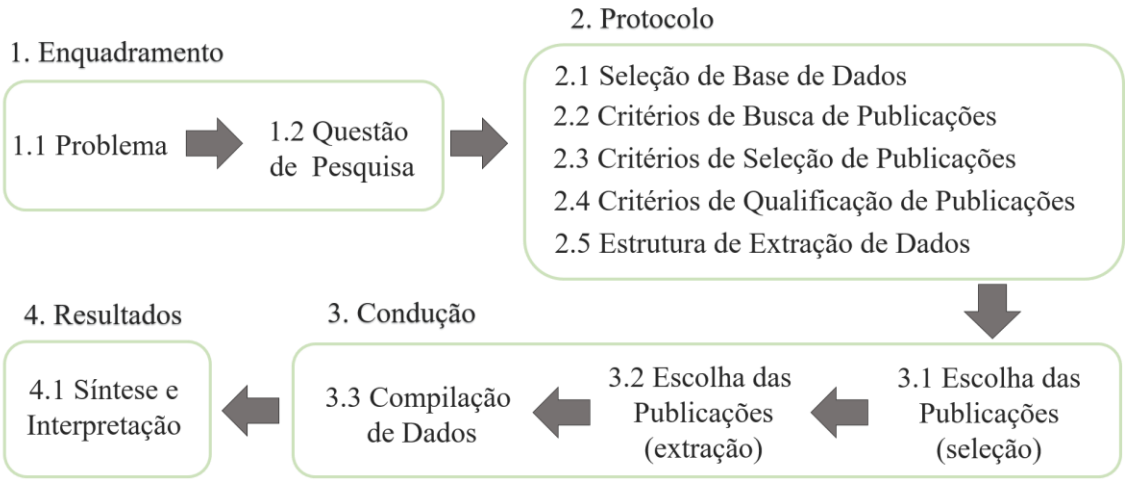
2 METODOLOGIA

As revisões sistemáticas da literatura são utilizadas para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de pesquisas relevantes acerca de um tópico, permitindo ainda identificar lacunas do conhecimento (MORANDI; CAMARGO, 2015). É sistemática pois é baseada em uma pergunta claramente formulada, identifica estudos relevantes, avalia sua qualidade e resume as evidências usando uma metodologia explícita (KHAN et al, 2003) eximindo tendências aos resultados e permitindo sua replicação. É esperado que sua síntese contribua na área de conhecimento do tópico estudado, atribuindo observações relevantes.

A execução da RSL auxilia na contextualização e na contribuição do tema, colaborando em futuros estudos (MAZZOTI; GERWANDSZNAJDER, 2000). A complexidade da interpretação dos dados dependerá da capacidade interpretativa do pesquisador e na adequação das teorias disponíveis aos fenômenos observados (BRIZOLA; FANTIN,

2016). A abordagem da revisão sistemática adotada desta pesquisa foi proposta por Khan et al (2003), e apresenta as etapas de enquadramento da questão na identificação de um problema; no planejamento e identificação dos trabalhos relevantes a partir de um protocolo; na avaliação da qualidade dos estudos durante a condução; e na síntese das evidências e interpretação dos resultados. A Figura 1 ilustra as etapas da RSL adotadas neste estudo.

Figura 1: Etapas da Revisão Sistemática da Literatura adotada



Fonte: Autores

As palavras chaves utilizadas foram "BIM" AND "*construction site*" OR "canteiro" OR "sítio de construccíon" no resumo e título. Para compor a *string* de pesquisa também foram adotados filtros, como a amplitude temporal do estudo, correspondendo entre 2008 a 2018, áreas de conhecimento, abrangendo correlatos de engenharias, arquitetura e gerenciamento, e idioma, compreendendo publicações em inglês, português e espanhol. As bases de dados selecionadas para esta pesquisa foram àquelas mundialmente reconhecidas entre pesquisadores pela qualidade e quantidade de seu acervo, sendo elas *Web os Science, Engineering Village* e *Science Direct.* Foi realizada também uma pesquisa nos anais de um congresso que costuma trazer contribuições interessantes para o tema, o *International Group for Lean Construction* – IGLC. Para a estruturação e execução da RSL usou-se a ferramenta *Start* (LAPES, 2018).

O alinhamento a questão da pesquisa era o único critério para seleção dos artigos na etapa 3.1, enquanto na etapa 3.2 o grau dessa relação, a qualidade da metodologia e a contribuição dos resultados eram avaliados. Nesta etapa os artigos eram lidos em sua completude, enquanto na anterior era feita a leitura do resumo, e um *scanning* nos principais tópicos. A Figura 2 traz resultados preliminares da execução do protocolo.

Figura 2: Protocolo de Pesquisa e Resultados Parciais

Quais técnicas do BIM auxiliam no planejamento do canteiro de obra?	*IGLC*	*Web of Science*	*Science Direct*	*Engineering Village*
String: "BIM" AND "Construction Site" RESUMO e TÍTULO.	306 artigos			
Áreas de conhecimento: Engineering Management; Civil Engineering; Management; Interdisciplinary Engineering; Computational Engineering;				
Artigos	86	79	95	52
Outras Línguas		4		
Remoção de artigos duplicados	0	12	6	28
Seleção: (1ª triagem) envolvam canteiro de obra, BIM, planejamento	18	39	35	14
Seleção: (2ª triagem) contribuam planejamento operacionais	4	10	6	1
Total de Artigos após Seleção: 21				
Extração de dados 5 Categorias de Aplicações ; Benefícios ; Requisitos ; Complexidade				

Fonte: Autores

3 RESULTADOS

Dentre as publicações selecionadas para extração foram encontradas seis revistas e um anais de congresso encontradas no Quadro 1. Mostrando a relevância das revistas, a média do indicador SJR neste estudo é 0.98, não incluindo a revista HRBC, que não apresenta este indicador.

Quadro 1: Frequência de Revistas e Congresso

Periódicos	n	%
Automation in Construction	9	43%
Construction Management and Economics	1	5%
HBRC Journal	1	5%
Journal of Computing in Civil Engineering	1	5%
Journal of Engineering Design and Technology	1	5%
Procedia Engineering	4	19%
IGLC	4	19%

Fonte: Autores

Os tipos de estudo encontrados nas publicações são apresentados no Quadro 3. Devido ao perfil das revistas, sendo também a *Automation in Construction* a que mais contribuiu, a maioria dos estudos naturalmente compreendem a construção e validação de modelos. As publicações analisadas resultaram na identificação de aplicações que foram divididas em cinco categorias. A Figura 3 ilustra estas categorias com uma breve descrição e os respectivos trabalhos onde são encontradas essas aplicações.

Quadro 2: Frequência dos tipos de estudos

Tipos de Estudo	n
Framework	9
Validação de Modelo	9
Análise Qualitativa	6
Análise Quantitativa	5
Proposta de Modelo	5
Estudo de Caso	4
Relatório	1

Fonte: Autores

Foi observado que o tópico de segurança é um dos mais recorrentes para otimização do leiaute do canteiro, envolvendo a identificação de áreas que oferecem riscos aos trabalhadores (CHOE; LEITE, 2017; GANAH; JOHN, 2017), e na produção de planos de evacuação (MARZOUK; AL DAOOR, 2016). A simulação do uso de recursos no espaço é uma estratégia eficaz no planejamento do canteiro. Assim, se observa na literatura propostas de automatização de avaliação e seleção de gruas e maquinários pesados (QI et al., 2014; WANG et al., 2015). Já no âmbito do rastreamento de fluxos auxiliando na identificação e otimização do armazenamento e movimentações (KUMAR; CHENG, 2015), se verifica a utilização do BIM como plataforma de integração entre cronograma e requisitos de armazenamento de materiais ao longo do ciclo de vida do projeto. Similarmente, o KanBIM, sistema elaborado por Gurevich e Sacks (2014), permite a visualização e controle de fluxos na construção através da união de modelos BIM e de cronogramas previamente otimizados adotando o Last Planner®.

Figura 3: Principais aplicações de BIM no canteiro de obras

Apoio Visual	Uso do BIM no apoio a tomada de decisão, a partir da visualização de detalhes, e controle de operações, e a comunicação em campo e integrado ao escritório do canteiro	Vestermo et al (2016); Manuele e Trani (2017); Bortolini et al (2015)
Rastreamento de Fluxos	Uso do BIM 4D no apoio logístico do canteiro através de alimentação automatizada ou manual de informações que incluem a localização de pessoas, materiais e equipamentos, e a caracterização de espaços.	Marzouk e Abubakr (2016), Kumar, Cheng e Jack (2015), Kumar (2015), Gurevich e Sacks (2014),
Otimização de Leiaute	Abordagens sistematizadas, frameworks, modelos e simulações que otimizam o layout do canteiro buscando melhorias no aproveitamento de espaço, estoque, movimentação, e mais frequentemente segurança.	Ganah e Godfaurd (2017), Mohamed e Al Daoor (2016), Marco et al (2015), Kumar, Cheng e Jack (2015), Wang et al (2015), Said e El-Rayes (2014)
Integração a Ferramentas de Gerenciamento	O uso do BIM em conjunto com softwares e ferramentas que auxiliam no gerenciamento de obra em tempo real.	Bortolini et al (2015), Hans-Joachim (2015), Said e El-Rayes (2014),
Otimização de Leiaute	Modelos e frameworks automatizam a identificação e análise de restrições físicas. As aplicações mais avançadas integram programação para identificar choque de equipamentos, informando ao usuário do problema. eg. gruas;	Ganah e Godfaurd (2017), Choe e Leite (2017), Marzouk e Abubakr (2016), Marco et al (2015), Wang et al (2015), Wang, Zhang e Teizer (2015), Qi et al (2014), Zhang e Hu (2011)

Fonte: Autores

A adoção de conceitos *Lean* também são apontadas em conjunto com a tecnologia. Bortolini et al (2015) elaboram um sistema visual com simulações e conceitos *Lean* no leiaute e planejamento. O autor propôs placas com informações e instruções a partir do planejamento 4D em combinação com o LOB (*Level of Building*). As placas são disponibilizadas às equipes, e permitem a simulação de sequências de operações de montagem para investigar condições críticas. Vestermo et al. (2016) adota o BIM como apoio visual conferindo suporte operacional diretamente no canteiro de obras, seja com utilização de equipamentos digitais portáteis, ou com estações de trabalho (BIM-*stations*) acessadas por funcionários em campo.

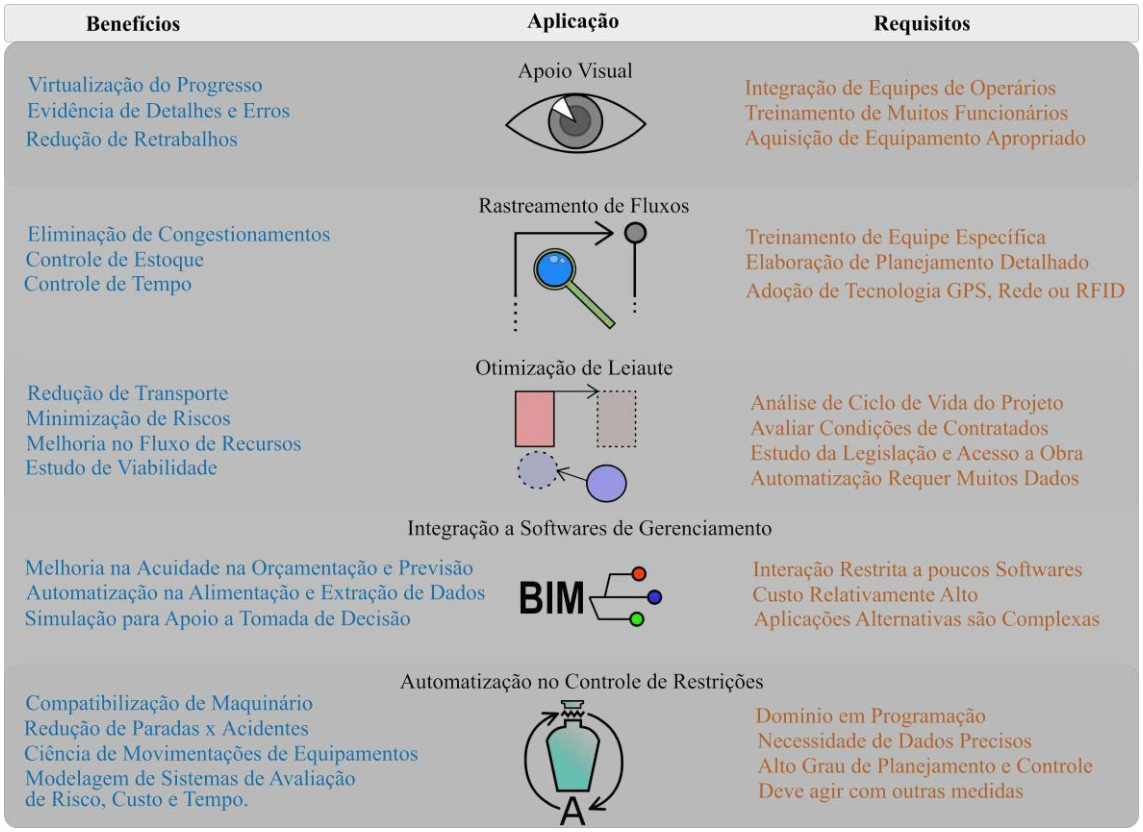
Como proposta mais abrangente do uso do BIM, se verifica a concepção e programação de sistemas que capacitem o planejamento e controle do canteiro, incluindo aspectos logísticos e espaciais, cronogramas, recursos financeiros e estoques (SAID; EL-RAYES, 2014). Para isto, estes autores propõem um sistema para otimização

implementado via Microsoft Visual Studio vinculado ao Microsoft Project e ao Autodesk Revit, elaborando iterações por algoritmos genéticos.

O uso de softwares e equipamentos que automatizam a coleta de informação e construção de simulações e modelos com BIM, permitindo avaliar variáveis do canteiro, estão entre aplicações mais complexas encontradas na literatura. Observa-se que para isto se tornar prático é necessário conectar os programas convencionais de engenharia à esta tecnologia. Isto normalmente não é uma tarefa fácil, havendo a necessidade de domínio em programação, como realizado nas publicações apresentadas. Assim, há a necessidade de soluções que permitam a melhor interconectividade entre a plataforma destes programas.

A Figura 4 apresenta os benefícios e requisitos das aplicações classificadas nesta pesquisa. Estas aplicações foram organizadas de acordo com a complexidade prática, assim o BIM como Apoio Visual é a aplicação mais fácil de implementar. Estas informações foram coletadas e sintetizadas das publicações identificadas na Figura 3.

Figura 4: Benefícios e Requisitos das Aplicações



Fonte: Autores

4 CONCLUSÃO

O planejamento do canteiro de obras se tornou uma das etapas fundamentais na busca pela eficiência em projetos de construção, buscando atingir metas de custo, tempo, qualidade e segurança. As estratégias incorporam uma série de informações, envolvendo a modelagem do espaço físico do canteiro, a dimensão temporal, os objetivos

planejados, a logística, e a otimização do espaço. Para lidar com esta quantidade de dados o uso de modelos informatizados é uma das alternativas acertadas.

Foram observadas iniciativas que compreendem a implementação de conceitos gerenciais, como o Lean, atuando de forma prática na redução de movimentações e na melhoria dos processos operacionais. Como apoio visual a tecnologia também desempenha papel fundamental no incentivo a colaboração entre as equipes de planejamento e no processo logístico (BORTOLINI et al, 2015), sendo especialmente benéfico aos gerentes de projetos (BRYDE; BROQUETAS; VOLM, 2013).

Os resultados mais significativos compreendem a proposta de modelos e *frameworks* que buscam criar uma interface para gerir informações pertinentes ao canteiro de obras e seu planejamento. Neste âmbito se observou a inclusão de dados que envolvem além do estoque, logística, e cronograma, propostas que buscam agregar normativas internas e externas (CHOE; LEITE, 2017). Outras tecnologias também são vinculadas aos modelos, como scanners 3d, fotometria e sensores infravermelho para levantamento espacial e checagem (WANG; ZHANG; TEIZER, 2015). Neste aspecto, se observa que o BIM vem agregando técnicas gerenciais e tecnologias rapidamente, no entanto ainda se busca consolidar metodologias práticas e mensurar seus requisitos e benefícios.

REFERÊNCIAS

ASTOUR, H.; FRANZ, V. BIM-and Simulation-based Site Layout Planning. In: The Sixth Annual International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. Proceedings… Orlando, Florida. ASCE. p. 455–462, 2014.

BARGSTÄDT, H. J. Challenges of BIM for construction site operations. **Procedia Engineering**, v. 117, n. 1, p. 52–59, 2015.

BORTOLINI, R.; SHIGAKI, J. S.-I.; FORMOSO, C. T. Site Logistics Planning and Control Using 4d Modeling: A Study in a Lean Car Factory Building Site. In: 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Proceedings… Perth, Australia. IGLC. v. 55, n. 51, p. 361–370, 2015.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da Literatura e Revisão Sistemática da Literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos**, v. 3, n. 2, p. 23–39, 2016.

BRYDE, D.; BROQUETAS, M.; VOLM, J. M. The project benefits of building information modelling (BIM). **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 7, p. 971–980, 2013.

CASSANO, M.; TRANI, M. L. LOD Standardization for Construction Site Elements. **Procedia Engineering**, v. 196, n. June, p. 1057–1064, 2017.

CHENG, J. C. P.; KUMAR, S. A BIM-based framework for material logistics planning. In: 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Proceedings… Perth, Australia. IGLC. 2015.

CHOE, S.; LEITE, F. Construction safety planning: Site-specific temporal and spatial information integration. **Automation in Construction**, 2017.

EL ANSARY, A. M.; SHALABY, M. F. Evolutionary optimization technique for site layout planning. **Sustainable Cities and Society**, v. 11, p. 48–55, 2014.

GANAH, A. A.; JOHN, G. A. BIM and project planning integration for on-site safety induction. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 15, n. 3, p. 341–354, 2017.

GHAFFARIANHOSEINI, A. A.; TOOKEY, J.; GHAFFARIANHOSEINI, A. A.; NAISMITH, N.; AZHAR, S.; EFIMOVA, O.; RAAHEMIFAR, K. Building Information Modelling (BIM)

uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, n. October 2015, p. 1046–1053, 2017.

GUREVICH, U.; SACKS, R. Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works. **Automation in Construction**, v. 37, p. 81–87, 2014.

HARRIS, B. N.; ALVES, T. C. L. Building Information Modeling: a Report From the Field. In: 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, **Proceedings...** Boston, MA. IGLC. p. 13–22, 2016.

HU, Z.; ZHANG, J. BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 155–166, 2011.

KUMAR, S. S.; CHENG, J. C. P. A BIM-based automated site layout planning framework for congested construction sites. **Automation in Construction**, v. 59, p. 24–37, 2015.

LAPES, Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software. StArt - State of the Art through Systematic Review. Disponível em: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool. Acessado em: 29/09/2018.

MARZOUK, M.; ABUBAKR, A. Decision support for tower crane selection with building information models and genetic algorithms. **Automation in Construction**, v. 61, n. 1, p. 1–15, 2016.

MARZOUK, M.; AL DAOOR, I. Simulation of labor evacuation: The case of housing construction projects. **HBRC Journal**, p. 1–9, 2016.

MAZZOTI, A. J., GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas Ciências Naturais e Sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. Pioneira, São Paulo, 2000.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R., "Revisão sistemática da literatura", In **Design science research:** método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia, Bookman, Porto Alegre. 2015.

NING, X.; DING, L. Y.; LUO, H. B.; QI, S. J. A multi-attribute model for construction site layout using intuitionistic fuzzy logic. **Automation in Construction**, v. 72, p. 380–387, 2016.

QI, J.; ISSA, R. R. A.; OLBINA, S.; HINZE, J. Use of Building Information Modeling in Design to Prevent Construction Worker Falls. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 28, n. 5, p. A4014008, 2014.

SADEGHPOUR, F.; ANDAYESH, M. The constructs of site layout modeling : an overview. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 42, n. August 2014, p. 199–212, 2015.

SAID, H.; EL-RAYES, K. Automated multi-objective construction logistics optimization system. **Automation in Construction**, v. 43, p. 110–122, 2014.

SAMANEH, Z.; JAVIER, I. Current Trends in Construction Site Layout Planning. In: Construction Research Congress 2014, Atlanta, Georgia. **Proceedings...** Atlanta, Georgia: abr. 2014.

TOMMELEIN, I. D.; ZOUEIN, P. P. Interactive Dynamic Layout Planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1993.

TRANI, M.; BOSSI, B.; MINOTTI, M. Construction Site Design: A systematic Approach. In: Creative Construction Conference 2013, Budapest, Hungary. **Proceedings...** Budapest, Hungary: 2013.

TRANI, M. L.; CASSANO, M.; TODARO, D.; BOSSI, B. BIM Level of Detail for Construction Site Design. **Procedia Engineering**, v. 123, p. 581–589, 2015.

VESTERMO, A.; MURVOLD, V.; SVALESTUEN, F.; LOHNE, J.; LÆDRE, O. BIM-stations: What it is and how it can be used to implement lean principles. In: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, **Proceedings…** IGLC. n. 33, p. 33–42, 2016.

WANG, J.; ZHANG, S.; TEIZER, J. Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling. **Automation in Construction**, v. 49, p. 250–261, 2015.

WANG, J.; ZHANG, X.; SHOU, W.; WANG, X.; XU, B.; KIM, M. J.; WU, P. A BIM-based approach for automated tower crane layout planning. **Automation in Construction**, v. 59, p. 168–178, 2015.