ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE OS USOS DO BIM E OS PRINCÍPIOS DO LEAN CONSTRUCTION EM UM ESTUDO DE CASO[1]

BORGES, R. M. S., Universidade Federal do Ceará, email: rodmsb@gmail.com; MOTA, P. P., Sippro, email: paula.mota@sippro.eng.br; MAIA, L. M., Universidade de Fortaleza, email:lucasmenezes79@gmail.com; BARROS NETO, J. P., Universidade Federal do Ceará, email:barrosneto@gercon.ufc.br

ABSTRACT

To start the project of a new building, it is first necessary to analyse its financial feasibility. Consideration should be given to design characteristics, resources availability and risks involved. To make construction planning activities more efficient, Lean Construction (LC) concept was developed, seeking to maximize product value and reduce losses. As for Building Information Modeling (BIM), it has made possible to design virtual models that simulate construction. But can BIM and LC interact together as facilitators of construction process, complementing each other, or should they be analysed independently? From this approach, through a case study method, this paper aims to identify BIM Uses by analysing practical examples, and verify if the benefits provided by BIM are related to the LC essence. The object of this study was a large real estate building located in Fortaleza, Brazil. As a result, it was verified that the BIM Uses is strongly related to some LC principles. Therefore, if well used, BIM can be characterized as a powerful planning tool, in a manner similar to LC, promoting anticipation in decision making and reducing waste.

***Keywords**: BIM Uses. Lean Construction. LC principles. Interaction. Case study.*

1 INTRODUÇÃO

A ineficiência de algumas atividades na construção civil ocasionadas por desperdícios de materiais ou pela execução de tarefas desnecessárias geram custos adicionais à obra (SENA; CARVALHO; SANTOS, 2010) e podem comprometer a viabilidade econômica de um investimento. É preciso então diminuir custos desnecessários, buscando identificar e eliminar as atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992).

Para dirimir as atividades supracitadas e auxiliar na eficiência do processo construtivo, o *Building Information Modeling* (BIM) permite a execução de atividades com melhor planejamento, conferindo maior transparência e eficiência na comunicação entre os agentes da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) (MOTA; BARROS NETO, 2012).

A interação entre o BIM e conceitos de construção enxuta, como o *Lean Construction* (LC) é justificada por objetivos e benefícios em comum, como na redução de desperdícios e de retrabalhos, e no aumento de produtividade (SACKS et al., 2010).

[1] BORGES, R. M. S. et al. Análise da interação entre os usos do BIM e os princípios do Lean Construction em um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

A partir disso, o presente artigo tem por objetivo analisar o relacionamento entre os usos do BIM e os princípios LC, ao observar aplicações BIM em um empreendimento comercial de grande porte em Fortaleza/CE.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Como o BIM pode interagir com o Lean Construction?

O LC surgiu com base no Movimento Toyota de Produção, que objetivava eliminar objetos desnecessários na produção e reduzir seus custos (MONDEN, 1983). Koskela (1992) apresentou diversos princípios (Figura 1) que sintetizam a essência LC, tendo como principais objetivos a maximização do valor do produto, a redução das perdas e a redução do tempo do ciclo da edificação(BALLARD et al., 2001).

Figura 1 – Princípios LC



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Já o BIM é caracterizado como um conjunto de tecnologias, processos e políticas (SUCCAR, 2009), permitindo aos profissionais da AEC projetar, construir e operar uma construção no espaço virtual (SUCCAR, 2017).

O BIM possibilita integrar processos, eliminando ineficiências e redundâncias (CAMPBELL, 2007). Ao integrar processos, o BIM se relaciona com o LC ao analisar o fluxo como um todo, de maneira sistemática, definindo clientes e suas necessidades e, reduzindo riscos de sub-otimização do fluxo (KOSKELA, 1992).

Percebe-se também que o BIM facilita a comunicação entre colaboradores ao permitir que os modelos 3D sejam mais acessíveis a todos os envolvidos e não apenas aos que estão habituados à simbologia dos projetos (KYMMELL,

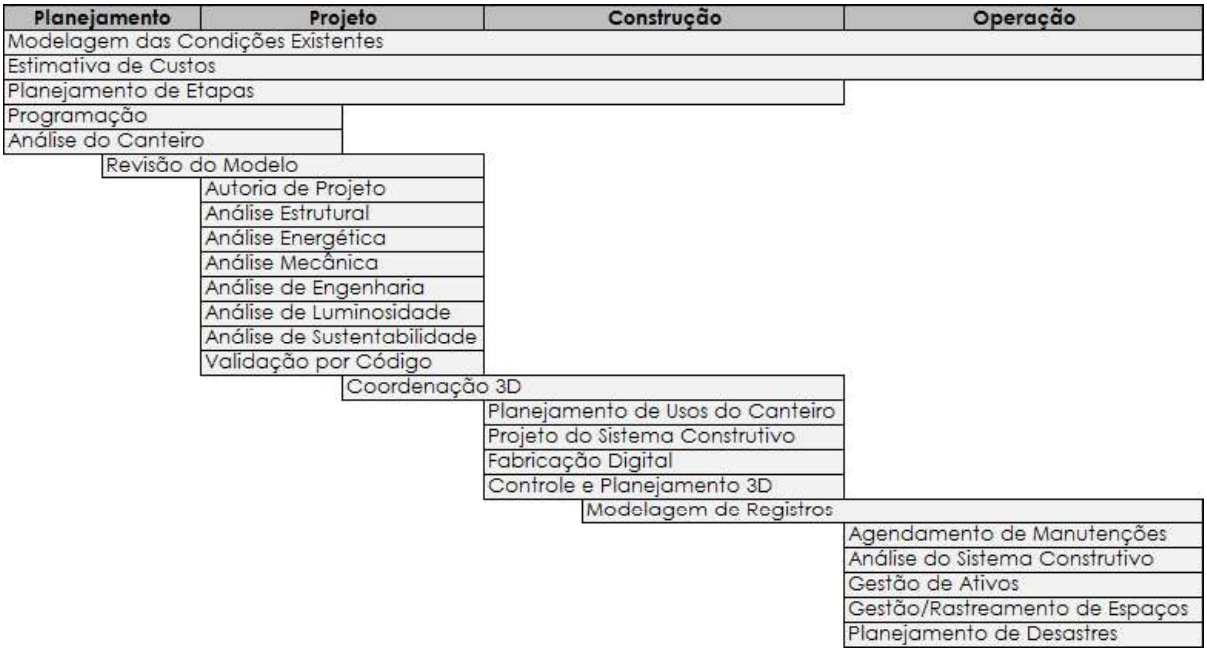
2008). Dessa forma, ao tornar o processo mais transparente, tal como objetiva a essência LC, verifica-se a diminuição da propensão ao erro (KOSKELA, 1992).

2.2 Os usos do BIM

Para que os benefícios do BIM sejam mais efetivos, ao iniciar o projeto de um novo empreendimento imobiliário, ainda durante a fase de concepção, é importante identificar os usos do BIM voltados às etapas de viabilização da obra, associando ao potencial de apoiar melhorias nas fases de projeto, construção, operação e manutenção de uma edificação (CIC, 2011).

No guia desenvolvido pelo CIC (2011) foram identificados 25 usos (Figura 2).

Figura 2 – Usos do BIM no ciclo de vida do edifício



Fonte: Adaptado de CIC (2011)

3 METODOLOGIA

O processo de pesquisa é apresentado na Figura 3 através de 5 etapas que analisam a aplicação dos usos do BIM no estudo de caso.

Figura 3 – Metodologia de pesquisa



Fonte: Os autores

Inicialmente, identificou-se os *stakeholders* (Etapa 1), ou seja, as empresas e os profissionais envolvidos nas diversas etapas da obra.

Para entender como o BIM foi utilizado no estudo de caso, foram analisados exemplos práticos (Etapa 2) de aplicação BIM, desde a concepção do empreendimento.

Após essa análise, todos os usos do BIM envolvidos no estudo de caso foram identificados (Etapa 3) desde a fase de planejamento até a fase de construção (etapa atual da obra), uma vez que os usos para a fase de operação ainda estão sendo definidos.

Após um melhor entendimento de cada uso, buscou-se analisar os benefícios (Etapa 4) que o BIM proporcionou à obra como um todo.

Por fim, foi verificado o relacionamento entre os usos do BIM e a essência LC (Etapa 5), de acordo com os princípios estabelecidos por Koskela (1992).

4 RESULTADOS DO BIM NO CICLO DE VIDA DO EMPREENDIMENTO

Nesta seção, serão comentados alguns usos envolvidos nas etapas de Planejamento, Projeto e Construção.

a) Planejamento

Na Estimativa de Custos, pôde-se analisar por meio de modelos BIM os quantitativos e os custos da obra, como: volume de terra escavado (Figura 4), quantidade de chumbadores e *inserts* metálicos utilizados, entre outros. Assim, mediante esses modelos, observou-se uma interação com o conceito LC, através da simplificação na elaboração de orçamentos, ao reduzir o número de etapas do fluxo de informação (KOSKELA, 1992) e eliminar algumas atividades que não agregavam valor (KOSKELA, 1992) ao processo de orçamento, como cálculos realizados manualmente ou em planilhas eletrônicas. Isso contribuiu para a realização de orçamentos mais rápidos e precisos.

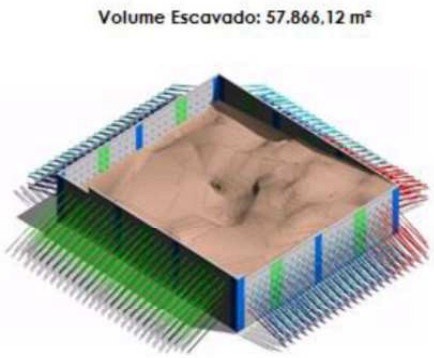
Figura 4 – Estimativa do volume de terra escavado

QUANTITATIVOS

Observações SIPPRO: Modelagem dos Subsolos dos setores 1, 2 e 3; Tabela com peças por pavimento.

SERVIÇO	DESCRIÇÃO
04	SUBSOLO 4, 3, 2, 1
04.02	SUPER-ESTRUTURA
04.02.01	SUPER-ESTRUTURA SUBSOLOS SETOR 1 E 2

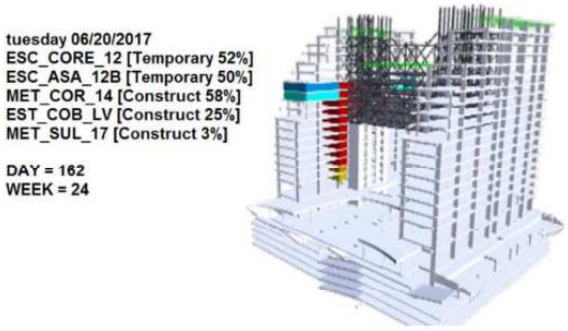
04.02.01.000001	Pilares 4SS			
Nome	Seção	Altura (m)	Volume (m³)	Nível de Topo
P101	40/150	3,06	1,84	4SS
P102	65/150	3,06	2,98	4SS
P103	65/150	3,06	2,98	4SS
P104	65/150	3,06	2,98	4SS
P105	65/150	3,06	2,98	4SS
P106	80/150	3,06	3,67	4SS
P107	80/150	3,06	3,67	4SS
P109	277/35	3,06	2,97	4SS
P110	277/35	3,06	2,97	4SS
P111	30/250	3,06	2,3	4SS



Fonte: SIPPRO (2017)

No Planejamento de Fases, foram criados modelos BIM 4D (modelos BIM com informação de tempo em seus objetos), os quais permitiram uma melhor compreensão do projeto, do cronograma de atividades das equipes e do plano de execução (Figura 5). Por ser uma poderosa ferramenta de visualização e de comunicação, percebeu-se uma interação com o conceito LC ao aumentar a transparência no processo (KOSKELA, 1992), reduzindo a propensão ao erro e tornando as atividades mais eficientes.

Figura 5 – Análise do modelo BIM 4D



Fonte: SIPPRO (2017)

b) Projeto

Em Revisões de Projeto, notou-se grande dinamismo dos profissionais envolvidos, entre projetistas, construtores e fabricantes, tornando a comunicação mais eficiente e beneficiando a coordenação dos projetos (Figura 6). Visualizou-se uma interação entre o BIM e o conceito LC ao utilizar o modelo BIM para analisar os projetos com maior transparência (KOSKELA, 1992) e propor benfeitorias, caracterizando-se, assim, como um processo de melhorias contínuas (KOSKELA, 1992).

Figura 6 – Reunião entre colaboradores no estudo de caso

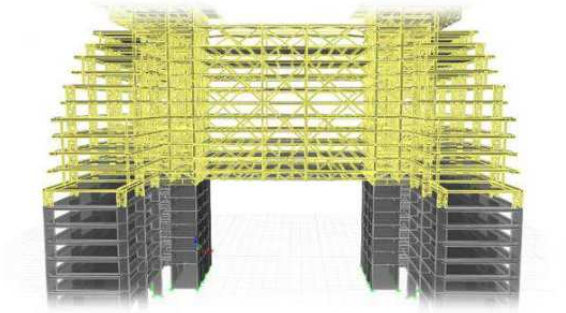


Fonte: SIPPRO (2017)

Em Análise de Engenharia (Figura 7), os projetistas perceberam uma maior automatização de simulações de engenharia através da padronização de processos em aplicações BIM, interagindo com o conceito LC ao proporcionar redução na variabilidade de ações (KOSKELA, 1992), evitando perdas desnecessárias de tempo. Observa-se um processo de melhorias contínuas (KOSKELA, 1992), onde ferramentas BIM recebem frequentemente

atualizações e se tornam cada vez mais capacitadas e ricas em informações, contribuindo para atender às necessidades dos projetistas.

Figura 7 – Modelo estrutural da obra

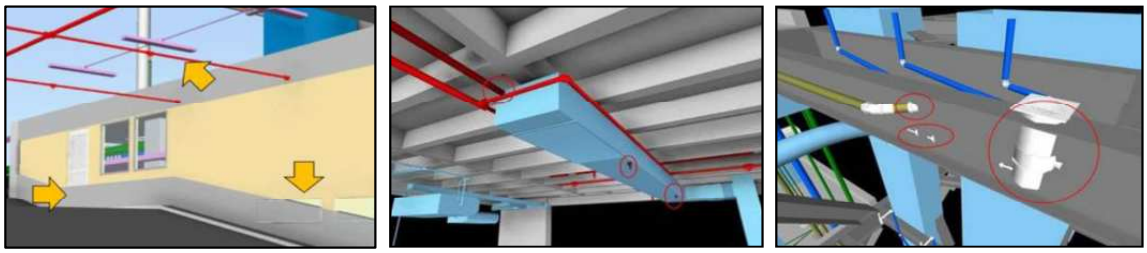


Fonte: RCM (2017)

c) Construção

Na Coordenação 3D, foram realizadas análises e revisões de modelos BIM, a fim de verificar a existência de conflitos espaciais. Diversos *clashes* (inconsistências) entre projetos foram detectados (Figura 8), tais como: dutos, lâmpadas, janelas e portas de acesso em locais inadequados; interferências entre sistemas de incêndio, climatização e elementos estruturais. Verificou-se o relacionamento com o conceito LC ao proporcionar modelos mais transparentes (KOSKELA, 1992) e interativos, evitando custos desnecessários e perdas de produtividade ocasionadas por atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992), como retrabalhos.

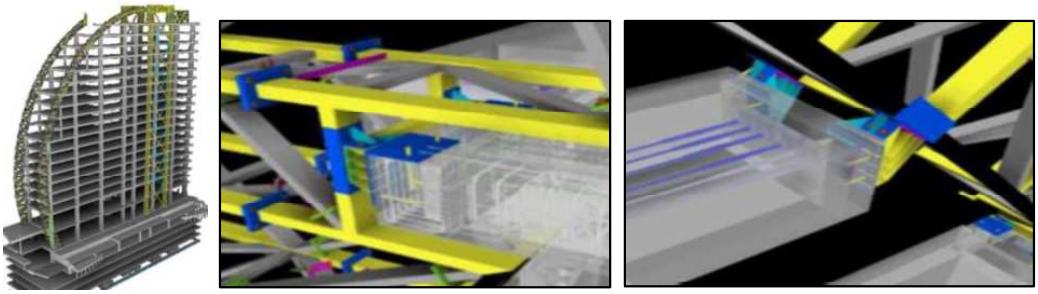
Figura 8 – Identificação de *clashes*



Fonte: SIPPRO (2017)

No Projeto do Sistema Construtivo, modelos BIM 3D foram desenvolvidos para analisar a construtibilidade de elementos complexos. Observou-se sua aplicação na execução de quatro arcos metálicos externos (Figura 9). Através dos modelos foi possível simplificar o processo de montagem dos arcos, e prever inconsistências que poderiam ocorrer no momento de unir os chumbadores dos arcos com as armaduras ativas e passivas das estruturas de concreto. Foi observada uma interação com o conceito LC ao permitir a simplificação das atividades (KOSKELA, 1992), a qual possibilitou a viabilidade financeira de um projeto complexo. Além disso, menos inconsistências foram detectadas na obra devido uma maior transparência no processo (KOSKELA, 1992).

Figura 9 – Análise de construtibilidade dos arcos metálicos



Fonte: SIPPRO (2017)

Na Fabricação Digital, um exemplo prático foi percebido no processo chamado "*mark up*" das vigas (Figura 10). Os projetistas, através da análise do modelo BIM, determinaram a posição correta onde aberturas, tanto circulares como retangulares, deveriam ser feitas nas vigas para a passagem dos dutos e tubulações de instalações. Em seguida, o projeto foi encaminhado à empresa fabricante de estruturas metálicas para que as aberturas fossem feitas na própria fábrica, sem custo adicional ao contratante.

Figura 10 – *Mark up* de vigas: modelo BIM (à esquerda) e obra (à direita)



Fonte: SIPPRO (2017)

Alguns dados obtidos pela empresa que realiza a montagem das estruturas metálicas no estudo de caso sugerem que para cada abertura circular, se feita na própria obra, custaria aproximadamente R$ 175,00, enquanto para cada abertura retangular, o investimento seria de R$ 300,00.

Tabela 1 – Custo de aberturas nas vigas se realizados em campo

Aberturas	Preço (unit.)	Quantidade	Preço (total)
Abertura retangular	R$ 300,00	224	R$ 67.200,00
Abertura circular	R$ 175,00	2.028	R$ 354.900,00
Total	–	2.252	R$ 422.100,00

Fonte: Os autores

Analisando a Tabela 1, percebeu-se que a Fabricação Digital proporcionou uma economia de aproximadamente R$ 422.100,00, quando comparado ao procedimento se realizado na própria obra.

Finalmente, foi percebido que esse uso se relaciona a alguns princípios do LC: eliminação de atividades que não agregam valor à obra (medição, execução da abertura em campo, retrabalhos, etc), a qual poderia ocasionar

perdas de produtividade; simplificação; e padronização (redução da variabilidade) do processo de abertura, por meio da automatização quando realizada em fábrica, proporcionando maior precisão e segurança ao processo.

5 CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, concluiu-se que as aplicações práticas baseadas nos usos do BIM estão fortemente relacionadas à essência LC, pois foi observado esse relacionamento em todas as aplicações, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Relacionamento entre os usos do BIM e os princípios LC

	Usos do BIM identificados no estudo de caso						
	Planejamento		**Projeto**		**Construção**		
Princípios LC relacionados ao BIM no estudo de caso	Estimativa de Custos	Planeja-mento de Fases	Revisões de Projeto	Análise de Engenha-ria	Coorde-nação 3D	Projeto do Sistema Constru-tivo	Fabrica-ção Digital
1. Reduzir as atividades que não agregam valor	X				X		X
2. Reduzir a variabilidade				X			X
3. Simplificar através da redução do número de passos	X					X	X
4. Aumentar a transparência do processo		X	X		X	X	
5. Introduzir melhorias contínuas no processo			X	X			

Fonte: Os autores

O princípio LC que foi contabilizado com maior frequência tendo em vista a identificação dos usos na obra analisada foi o aumento da transparência no processo, aparecendo em 4 dos 7 exemplos práticos. Isso demonstra que aplicações BIM proporcionam melhorias no processo de compreensão de projetos, tornando as informações mais claras para os profissionais envolvidos na obra, contribuindo para reduzir as perdas de produtividade, através da eliminação de inconsistências. Além disso, notou-se que o BIM proporciona vantagens econômicas, que podem compensar o seu investimento, conforme percebido no uso "Fabricação Digital", onde foi visualizada uma economia de R$ 422.100,00 no processo de *mark ups*. Dentre suas inúmeras outras vantagens, percebidas ao longo do estudo dos usos, como a maior

dinamicidade entre profissionais da AEC, e o melhor controle de coordenação de projetos, percebe-se que o BIM funciona como uma poderosa ferramenta de planejamento, de forma semelhante ao LC.

REFERÊNCIAS

BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. Production system design in construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Anais...** Singapore: IGLC, 2001. p. 1-15.

CAMPBELL, D. A. Building Information Modeling: the Web3D application for AEC. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D WEB TECHNOLOGY, 20., 2007, New York. **Anais...** New York: Web3D, 2007. p. 173-176.

CIC - COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM. **BIM Project Execution Planning Guide.** Version 2.1. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2011. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 10 fev. 2018.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report n. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford: Stanford University, 1992. 16 p.

KYMMELL, W. **Building Information Modeling:** planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations. 1st ed. New York: McGraw-Hill Publishing, 2008. 6 p.

MONDEN, Y. **Toyota Production System:** practical approach to production management. 1st ed. Norcross: Industrial Engineering Management Press Publishing, 1983. 247 p.

MOTA, P. P.; BARROS NETO, J. P. Processo de implantação do BIM em uma construtora de pequeno porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2012. p. 3751-3759.

RCM Engenharia. Acervo de figuras da Empresa. Fortaleza, 2017.

SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. A.; OWEN, R. Interaction of Lean and Building Information Modeling in construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, VA, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SENA, P. L. S.; CARVALHO, P. M.; SANTOS, D. G. Perdas na construção civil: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2010.

SIPPRO Soluções de Planejamento da Produção. Acervo de figuras da Empresa. Fortaleza, 2017.

SUCCAR, B. Building Information Modelling (BIM). **BIM Dictionary**. Australia, 2017. Disponível em: <http://bimdictionary.com/building-information-modelling>. Acesso em: 16 mar. 2018.

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.