

Mapeamento do fluxo de valor de processo de construção virtual baseado em BIM

Value stream mapping of a BIM based virtual construction process

João Bosco Pinheiro Dantas Filho
José de Paula Barros Neto
Bruno Maciel Angelim

Resumo

Este artigo relata um estudo de caso sobre o processo de construção virtual comprometido com a solução de interfaces de projetos e com a produção de um modelo 3D compatibilizado para a extração de quantitativos com confiabilidade. O propósito é estabelecer um quadro descritivo desse processo com a utilização de ferramentas de abordagens lean construction. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura, uma análise documental e entrevistas com participantes-chave sob a perspectiva de uma metodologia qualitativa. O estudo foi realizado a fim de abordar duas questões específicas: como funciona a interação da equipe de construção virtual e como se dá a distribuição do tempo das tarefas. Os resultados demonstram que as tarefas que demandam a maior quantidade de horas de trabalho são a modelagem de arquitetura, de instalações sanitárias e de instalações elétricas. A principal contribuição deste trabalho é fornecer o detalhamento de uma experiência de construção virtual, seus elementos e suas interações. Apresenta ainda dados de produtividade das tarefas desenvolvidas por uma equipe de construção virtual bem estabelecida.

Palavras-chave: Construção virtual. Mapeamento do fluxo de valor. BIM.

Abstract

This article reports on a case study about the virtual construction process committed to design interface solutions and the production of a coordinated 3D model to extract reliable quantitative data. The purpose is to establish a descriptive framework of this process using tools from Lean Construction approaches. Therefore, a literature review, documentary analysis and interviews with key participants were carried out from the perspective of a qualitative methodology. The study was conducted in order to address two specific issues: how the interaction of the virtual team works and; how the time distribution of the tasks occurs. The results show that the tasks that require the greatest amount of working hours are architecture modeling, as well as sanitary and electrical installations. The main contribution of this work is to provide the details of a virtual construction experience, its elements and interactions. It also presents productivity data of the tasks developed by a well-established virtual construction team.

Keywords: Virtual construction. Value stream mapping. BIM.

João Bosco Pinheiro Dantas
Filho
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Ceará
Fortaleza - CE - Brasil

José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará
Fortaleza - CE - Brasil

Bruno Maciel Angelim
FortBIM Engenharia
Fortaleza - CE - Brasil

Recebido em 15/04/16
Aceito em 11/01/17

Introdução

É notório o avanço da academia em pesquisas que abordam questões relacionadas aos usos e benefícios do building information model (BIM). Internacionalmente, pesquisadores estudam o BIM em várias abordagens e contribuem para a renovação da prática da arquitetura, da engenharia e da construção (AEC). Os seus componentes e os diferentes campos foram sistematizados (SUCCAR, 2009), e esse tema ganha força em várias áreas de atuação, tais como o impacto do BIM em projetos de construção (CAO *et al.*, 2015; POIRIER; STAUB-FRENCH; FORGUES, 2015) e o gerenciamento da qualidade (CHEN; LUO, 2014).

Muitos trabalhos exploram o BIM como a ferramenta para proporcionar os resultados esperados pela construção enxuta (OLOFSSON *et al.*, 2007; KHANZODE; FISCHER; REED, 2008; SACKS; KOSKELA, 2010; EASTMAN *et al.*, 2011), dos quais destacamos a aplicação de BIM no gerenciamento da construção (SACKS *et al.*, 2011) e no gerenciamento de projetos (KHAN; TZORTZOPOULOS, 2015). Poucos trabalhos foram realizados focando nas ineficiências dos processos BIM (MANDUJANO *et al.*, 2015). Observa-se aí a lacuna do conhecimento em estudar a aplicação dos princípios *lean* para melhorar os processos de execução de atividades baseadas em BIM.

Diferente do avanço da academia, observa-se que a prática do mercado nacional possui um baixo nível de maturidade BIM. Essa maturidade dentro das organizações se refere a uma série de estágios de mudanças radicais que precisam ser implementadas pelas partes interessadas gradualmente e consecutivamente (SUCCAR, 2009). Somado a isso, lideram o mercado de projetos empresas com tradição e competência em projetos, porém com baixo nível de maturidade BIM. Algumas empresas possuem pessoas com competências BIM. Mas se os demais participantes não desenvolvem também competências BIM isso limita o nível de maturidade ao estágio BIM 1, em que não há significativos intercâmbios baseados em modelos entre diferentes disciplinas (SUCCAR, 2009).

Os clientes empreendedores, incorporadores e construtores já compreenderam a vantagem competitiva que o BIM pode proporcionar em seus processos e demandam prestações de serviços BIM. Nesse contexto, pode ser observada a existência de empresas que se especializaram em determinados produtos e atuam em paralelo com processos de projetos tradicionais. Um exemplo disso é a existência de casos nos quais é realizada

a construção virtual baseada em BIM de todos os projetos para solução de interfaces. Isso tem ocorrido em uma etapa intermediária, situada ao final de processos de projeto desenvolvido por projetistas situados no estágio pré-BIM, pois ainda não mudaram os seus processos.

Surge nesse contexto produtos de mercado que são desenvolvidos por empresas de alto nível de competência BIM. Dentre eles podemos citar a compatibilização de projetos, a emissão de quantitativos, o planejamento e o controle da produção. Esses serviços não são novidade, mas são objeto de inovação quando desenvolvidos por empresas a partir de modelos 3D dos projetos baseados em BIM. Nos Estados Unidos o serviço pré-construção virtual, do inglês *virtual preconstruction*, propõe a reunião desses três serviços em um único fluxo.

A revisão de literatura apresenta o que pode ser feito e os benefícios do BIM, mas observa-se uma carência de trabalhos que descreve como é feito. Surge então uma questão de pesquisa: como se encontra estruturado o processo de construção virtual? Verifica-se aqui uma lacuna do conhecimento em que se faz necessária a descrição desses processos sob a interferência do BIM. Dessa forma, este trabalho possui uma importância prática que contribui para que empresas possam revisar seus processos.

Com a difusão dos benefícios e das potencialidades do BIM surgiram oportunidades em mercados que valorizam ferramentas e processos BIM e por meio das quais clientes estão exigindo-o como parte da entrega do projeto. Nesses mercados um novo conceito está em ascensão: trata-se do BIMwash (SUCCAR, 2011), termo que descreve a reivindicação, às vezes enganosa, da utilização ou fornecimento de serviços e produtos BIM. Esse é um problema para clientes que se envolvem com prestadores de serviços (arquitetos, engenheiros, consultores ou construtores) que, falsamente, posam como especialistas BIM e promovem uma visão errada da sua real capacidade ou competências ou habilidades BIM.

Dessa forma, faz-se necessária a caracterização dos fluxos de trabalho e processos BIM visando contribuir para o conhecimento de como se pode trabalhar baseado em BIM.

O objetivo deste trabalho é descrever um processo de construção virtual. O recorte temático é o estudo de um processo de construção virtual. Nesse contexto os projetos de arquitetura, estrutura e instalações já estão em nível pré-

executivo. Visando o objetivo geral, descrevem-se os processos e subprocessos, as entradas e os resultados, os fornecedores e os clientes, a relação com os participantes internos e externos, os tempos para o desenvolvimento das atividades e os pacotes de serviços que compõem a construção virtual.

Referencial teórico

Building Information Model (BIM)

O BIM é um campo em expansão de estudo que incorpora muitos domínios de conhecimento dentro da indústria de arquitetura, engenharia, construção e operações (SUCCAR, 2009). Estudar o BIM é o mesmo que estudar um conjunto de políticas, processos e tecnologias interagindo para gerar uma metodologia de gerenciamento de projeto de edificação em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício (PENTTILÄ, 2006).

Essa complexidade e versatilidade do tema demanda o esforço de pesquisadores das mais diversas áreas. Nacionalmente, podem ser observados estudos que associam esse tema a diferentes áreas de atuação da AECO.

O BIM vem sendo implantado de modo gradual e de forma pouco efetiva nos cursos de arquitetura e engenharia civil e defende-se que o ensino de BIM é uma estratégia fundamental para o desenvolvimento tecnológico (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Verifica-se a ocorrência de muitas pesquisas que focam os benefícios para o processo de projeto: ajuda a detectar incongruências no planejamento (ALARCÓN, 2008); possibilita verificar visualmente as consequências das escolhas e definições de fabricação e de construção tomadas (CRESCHE; DEBS, 2014); permite a visualização de interferências espaciais pelo ato de construção virtual do produto a partir de informações precisas quanto às práticas de execução da empresa e ao tamanho das peças (MÜLLER; SAFFARO, 2011); potencializa a visualização do sistema construtivo de formas, possibilitando avaliações de construtibilidade, além de melhorar a comunicação do projeto (NEIVA NETO; RUSCHEL, 2015).

A modelagem de requisitos do cliente com suporte de ferramentas BIM facilita a disponibilização de requisitos aos projetistas (BALDAUF; FORMOSO; MIRON, 2013). O BIM disponibiliza ferramentas associadas ao conceito de desenho paramétrico que permitem um ambiente virtual no qual os conceitos da coordenação modular podem ser aplicados e compreendidos (ROMCY *et al.*,

2014). A modelagem BIM no projeto e planejamento de sistemas de produção na construção civil aumenta o entendimento das decisões entre os participantes e das inter-relações entre as decisões da gestão da produção, e permite a simulação de vários cenários alternativos de forma rápida (BIOTTO; FORMOSO; ISATTO, 2015; BRITO; ANDRADE; FERREIRA, 2015).

As empresas de projeto têm o BIM como uma nova demanda, pois ele está em evidência no mercado, mas parte delas insiste em uma postura passiva diante das demandas de mercado (PAULA; EMIKO; BURRATTINO, 2013). O desenvolvimento de pesquisas com foco em como realizar a prestação de serviço baseado na plataforma BIM pode contribuir para a mudança desse cenário.

A revisão de literatura nos permite concluir que o BIM é um impulsionador de mudanças radicais na prática, educação e pesquisa da AECO.

Construção virtual

Neste trabalho, o termo construção virtual refere-se ao termo originalmente em inglês: *virtual design and construction* (VDC). Entende-se VDC como uma metodologia que utiliza modelos baseados em computador multidisciplinares no setor da construção, que incluem o produto (edifício), a organização do projeto, a construção, as equipes de operação, os processos e os resultados econômicos (qualidade, custo, tempo) para apoiar os objetivos de integrar projeto, construção, operações e estratégias de negócios (FISCHER; KUNZ, 2004).

Segundo Mandujano *et al.* (2015) VDC é um processo estruturado, um conjunto de atividades mensuráveis concebidas para produzir uma saída específica. Ele está contido no âmbito do domínio de conhecimento BIM, este último de conteúdo mais abrangente.

Ferramentas de *lean construction*

A produção enxuta desenvolvida a partir do sistema Toyota de produção foi adaptada para a construção por Koskela, em 1992, que deu origem à construção enxuta, termo do inglês *lean construction*. Desde então ferramentas *lean* têm sido desenvolvidas e aplicadas com sucesso na indústria da construção em todo o mundo.

Tais ferramentas quando aplicadas podem gerar benefícios na medida em que melhoram a organização empresarial, o desempenho e a competitividade (O'CONNOR; SWAIN, 2013).

Para maximizar os ganhos possíveis em um projeto de construção, a filosofia *lean* deve ser aplicada por todas as partes a todas as fases, aspectos e atividades do ciclo do projeto de ponta a ponta. Podem ser agrupadas em dois tipos de ferramentas: de diagnóstico e de melhoria (O'CONNOR; SWAIN, 2013). As ferramentas de diagnóstico são compatíveis com a atividade de descrever e por isso foram adotadas neste trabalho como metodologia de coleta de dados, das quais destacamos a seguir: “Vá ver”, mapeamento do fluxo de valor, amostragem de atividade, análise de perda da produção, análise dos oito desperdícios, as sete ferramentas da qualidade, análise de restrições e *benchmarking* de qualidade.

Produtividade e construção virtual

Produtividade é um termo amplamente utilizado e nem sempre bem definido. Neste trabalho entende-se produtividade básica como uma medida do valor de saída relacionada com a quantidade de trabalho aplicado na produção e no processo.

Gestores de processos de construção virtual precisam de parâmetros de produtividade para planejar a prestação de serviço, calcular o quanto devem cobrar e estimar os custos do processo (HUANG; HSIEH, 2015). Dessa forma, são necessárias pesquisas que possam desenvolver e testar metodologias buscando levantar os indicadores de produtividade de processos de construção virtual de diferentes tipos de projetos.

Metodologia

Enquadramento metodológico

A pesquisa é do tipo descritiva e se enquadra em um paradigma epistemológico funcionalista. Isso porque a concepção do conhecimento que se pretende gerar depende de saber de que maneira os elementos que compõem a unidade de estudo se relacionam uns com os outros (FARIA, 2012). O objetivo da pesquisa está de acordo com o enquadramento epistemológico na medida em que se pretende determinar as relações funcionais entre os componentes da realidade estudada. Nesse contexto epistemológico não cabe a generalização clássica do paradigma das ciências naturais (MATTOS, 2006). Por meio desta pesquisa, puramente descritiva e sem qualquer tentativa de generalização, espera-se contribuir para o processo coletivo de acumulação de conhecimento conforme defendido na literatura (FLYVBJERG, 2006).

Neste trabalho o foco está no processo de construção virtual, sendo este o sujeito da pesquisa, que será analisado a partir de dados

gerados por metodologia qualitativa. Técnicas qualitativas reconhecem que os atores sociais produzem conhecimentos e práticas por meio das experiências sociais (VASCONCELOS; ARCOVERDE, 2007).

A estratégia de pesquisa é o estudo de caso, pois são colocadas questões do tipo “como” e “por quê”; e o foco se dá sobre fenômenos contemporâneos dentro de um contexto da vida real (YIN, 2001). Inicialmente se partiu da pergunta: “Como se encontra estruturado atualmente o processo de construção virtual?”

A revisão de literatura destacou os termos BIM e VDC e mapeamento do fluxo de valor. Foi realizado o levantamento de artigos nas seguintes bases de dados: a plataforma do *ResearchGate*; a plataforma *ScienceDirect*, anais de congresso do Grupo Internacional de Construção Enxuta (IGLC) e a revista *Ambiente Construído*.

A seleção do estudo de caso ocorreu mediante seleção orientada pela informação para maximizar a utilidade das informações que o caso poderia fornecer aos objetivos da pesquisa (TAKAHASHI, 2013). Foram estabelecidos previamente os requisitos de escolha do estudo de caso, que deveria ser uma empresa estabilizada no mercado com um portfólio especializado em construção virtual.

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas e solicitou-se a gravação para posterior transcrição e análise de conteúdo. Foram entrevistados profissionais desde o nível estratégico ao operacional, sendo que todos estavam envolvidos diretamente na realização das atividades do processo de construção virtual. Dessa forma, as fontes de evidências utilizadas neste estudo foram entrevistas semiestruturadas com os membros da empresa.

A análise dos dados focou o reconhecimento de padrões, em que se comparou um padrão empírico obtido por meio do estudo de caso com outro de base prognóstica obtido na revisão de literatura. Neste trabalho utilizou-se o diagrama do fluxo de trabalho BIM (BARISON, 2015) para analisar o processo de construção virtual e verificar quais etapas estavam sendo cumpridas ou estavam sendo realizadas de forma diferente. A análise de dados foi feita a partir da análise de conteúdo.

Delineamento da pesquisa

As etapas da pesquisa (Figura 1) foram desenvolvidas ao longo de dois anos. A etapa 1 foi realizada durante o primeiro ano quando após uma revisão de literatura sobre BIM os autores foram a campo a fim de realizar um diagnóstico do estado

de adoção do BIM em empresas de arquitetura, engenharia e construção. Este trabalho permitiu a obtenção de uma visão geral dos profissionais que atuam no mercado inseridos na plataforma BIM. Em seguida, realizou-se a delimitação do estudo de caso e a elaboração do protocolo de coleta.

Com isso, iniciou-se a etapa 2, quando se conduziu o estudo de caso piloto com objetivo exploratório em uma empresa com construção virtual no portfólio de serviços. O estudo de caso piloto possibilitou a análise crítica do protocolo de coleta de dados, que resultou na inclusão de novas técnicas padronizadas que permitissem a coleta de dados qualitativos que não foram coletados no primeiro estudo. Nesse momento foram inseridas na metodologia ferramentas de diagnóstico de processos promovidas pelo *lean construction*.

Na etapa 3 realizou-se o estudo de caso com nova empresa especializada em construção virtual, e, devido ao novo protocolo de coleta de dados, uma nova categoria de resultados foi gerada. Os resultados gerados pela análise qualitativa foram apresentados para os entrevistados visando obter a validação da perspectiva obtida pelos processos. Finalmente, na etapa 4 se realizou nova busca na literatura a fim de melhorar a análise dos dados e escrever o relatório final.

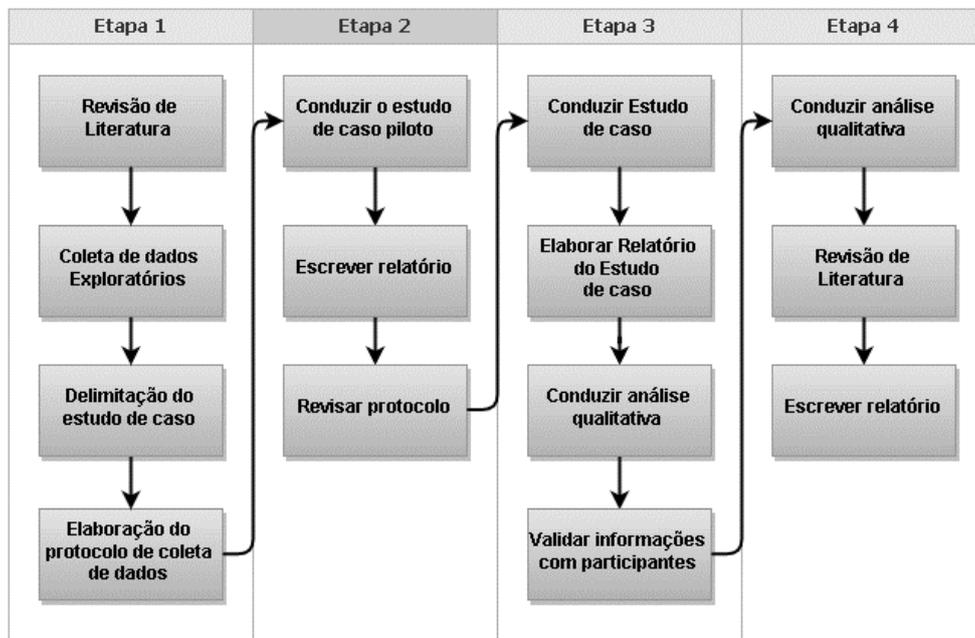
Técnicas utilizadas

Diante da complexidade temática do BIM é necessária a utilização pelo pesquisador das lentes e dos filtros BIM propostos por Succar (2009), tanto para dar destaque a certos aspectos da observação por meio do uso de lentes BIM quanto para remover aspectos que não se adequam aos critérios da pesquisa mediante uso de filtros.

Neste trabalho se adota uma “lente disciplinar de gerenciamento de processos” na medida em que se destacam papéis, procedimentos e tarefas. Adota-se ainda uma “lente microscópica de escopo” com a qual estreita o foco da pesquisa em detalhes, pois se descrevem os processos dentro de uma equipe de construção virtual.

Adotaram-se também algumas ferramentas promovidas pelo *lean construction* com enfoque no diagnóstico do processo. São elas: mapeamento do fluxo de valor (MFV); diagrama “fornecedor-entrada-processo-saída-cliente” (originalmente em inglês: SIPOC Map), Diagrama swim lane. Justifica-se o uso dessas técnicas padronizadas para a coleta de dados, pois esta pesquisa tem como objetivo primordial a descrição das características de determinado fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008).

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



MFV compreende o levantamento de todas as ações para trazer um produto tanto da matéria-prima aos braços do cliente quanto da concepção ao lançamento (ROTHER; SHOOK, 2003). Essa é uma técnica lean qualitativa usada para analisar e projetar o fluxo de materiais e informações necessárias para entregar um produto, serviço ou projeto para um consumidor. Além de proporcionar a visualização do fluxo e processos do início ao fim do desenvolvimento de um produto, o MFV concentra-se em analisar a variável tempo de cada processo.

Graças à sua versatilidade, o MFV pode ser aplicado a praticamente qualquer fluxo de valor. A revisão de literatura para essa técnica demonstrou sua aplicação em fluxos de hospitais (HENRIQUE et al., 2015), em empresa calçadista (LIMA *et al.*, 2016), em empresas de construção (BULHÕES; PICCHI; GRANJA, 2005; PASQUALINI; ZAWISLAK, 2005), em processo de projetos habitacionais (LEITE; NETO, 2013), em processos de usinagem (VENKATARAMAN *et al.*, 2014), em linha de montagem automatizada (AZIZI; MANOHARAN, 2015), em desenvolvimento de produtos de software (ALI; PETERSEN; DE FRANÇA, 2015).

O diagrama “fornecedor-entrada-processo-saída-cliente” (SIPOC Map) permite a descrição de cada processo, sua seqüência, suas entradas e saídas; seus fornecedores e clientes. Fornece por meio de um quadro a estruturação dos elementos constituintes de um processo, sintetizando a descrição e facilitando a compreensão. É um processo de caracterização mais detalhado para ajudar a projetar um processo “centrado no cliente” (O’CONNOR; SWAIN, 2013).

A aplicação do diagrama swim lane permite representar os processos com o uso de caixas. Por meio de diamantes representam-se pontos de decisão, enquanto setas são utilizadas para mostrar como funciona o fluxo de informações. Além disso, possibilita a visualização das trocas entre participantes.

Utilizou-se o diagrama do fluxo de trabalho BIM (BARISON, 2015; BARISON; SANTOS, 2016) para visualizar o fluxo de trabalho na interação da construção virtual com os demais projetistas.

Foi realizado nesta pesquisa o cálculo da produtividade de uma equipe BIM, baseado em uma recente pesquisa bastante promissora

(HUANG; HSIEH, 2015). Adaptamos a metodologia da pesquisa de referência, que tem um paradigma pragmático à nossa abordagem e coleta de dados qualitativos. A Figura 2 apresenta as diferenças metodológicas do cálculo da produtividade. Denominamos produtividade quantitativa aquela calculada mediante a fórmula proposta por Huang e Hsieh (2015), método por meio do qual se divide a área ponderada da edificação pelos tempos de registros já armazenados em software de planilhas de horários. Denominamos produtividade qualitativa aquela cuja fórmula foi preenchida com dados qualitativos oriundos de entrevista na qual foi informado o tempo de trabalho de cada processo mediante declaração do profissional da equipe de construção virtual. Esses termos adotados na denominação são meramente uma diferenciação entre a metodologia de referência e a utilizada neste trabalho, e não se remetem a conceitos ou teorias específicas.

Desenvolveu-se um estudo de caso em profundidade com a estruturação de dados qualitativos obtidos em entrevista, os quais foram: as áreas do acervo de construção virtual e o tempo de realização das tarefas baseado na declaração dos responsáveis. A produtividade resultante dessa estruturação possibilita a análise das relações funcionais entre os componentes da realidade estudada. Entende-se que dados de produtividade são resultados de uma aproximação realizada para possibilitar uma análise comparativa interna e descrever como funciona o processo de construção virtual.

Resultados e discussões

Descrição do estudo de caso

A equipe de construção virtual da empresa objeto deste estudo de caso é composta de quatro profissionais: dois engenheiros civis, sendo um coordenador e um especialista; e dois técnicos de edificações responsáveis pela modelagem dos projetos. A empresa possui sete anos de experiência em BIM e conta com o acervo de 440.000 m² de construção virtual (Tabela 1). Desse total, a quantidade de 258.649,20 m² se refere a treze empreendimentos residenciais multifamiliares. O porte desses empreendimentos varia de 11.000 m² a 33.000 m² e a área média ponderada das edificações equivale a 19.896 m².

Figura 2 - Comparação de metodologias de produtividade

$\text{Produtividade (P) Quantitativa} = \frac{\text{Área de trabalho Ponderada (A)}}{\text{Tempo de Trabalho (T)}}$	$\text{Produtividade (P) Qualitativa} = \frac{\text{Área de trabalho Ponderada (A)}}{\text{Tempo de Trabalho Declarado (T)}}$
--	---

Tabela 1 - Acervo de construção virtual de empreendimentos residenciais multifamiliar

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Área (m ²)	11.780,00	12.643,00	15.144,62	16.539,00	17.316,00	17.597,10	17.791,46	19.483,72	20.601,00	21.212,00	26.967,00	28.147,00	33.427,30

O contexto da realização da prestação de serviços se dá ao final do desenvolvimento dos projetos e antes de iniciar a execução das obras. O escopo do serviço é a compatibilização de projetos e a emissão dos quantitativos a partir dos modelos 3D. Destaca-se que esses dois itens de escopo são um único fluxo, pois os clientes empreendedores construtores objetivam a segurança no planejamento e controle da produção. Sem quantitativos levantados mediante um processo confiável, a atividade de gerenciamento e o planejamento de obras não têm confiabilidade. Somado a isso, as interferências, os erros e as omissões de projeto precisam ser vencidas para que sejam emitidos quantitativos confiáveis.

Quadro SIPOC

O processo inicial, denominado planejamento BIM, possui um papel importante do ponto de vista de garantir o fluxo contínuo das etapas seguintes. Nesse processo é verificado se todos os documentos necessários para a realização da modelagem dos projetos foram fornecidos completamente. Dessa forma, evita-se que a tarefa seguinte inicie sem ter todas as entradas, o que geraria desperdício no processo, fortemente combatido pela filosofia lean (KOSKELA, 2004). Nesse processo há uma importante tarefa para garantir a emissão 5D tão esperada pelo cliente final: criação do template de arquitetura. A análise do método construtivo e das premissas de quantitativo pelo especialista orienta a criação de diferentes tipos de alvenaria, revestimentos, acabamentos de piso, acabamentos de teto, portas, janelas, etc., ou seja, os componentes 3D que serão construídos na etapa de modelagem já possuirão os parâmetros (título, materiais, dimensões, espessura, descrição) de acordo com aqueles já

previstos pelos projetos e pela estrutura analítica do projeto (EAP).

Em seguida, inicia-se o processo de modelagem, que é composto de vários subprocessos de modelagem de cada disciplina de projeto. Verificou-se um importante sequenciamento desses subprocessos, inspirado no sequenciamento da construção real. Dessa forma, cada subprocesso de disciplina é cliente do subprocesso anterior e fornecedor do subprocesso sucessor. Nesse processo existe a tarefa por meio da qual se faz um tratamento nas bases fornecidas pelos projetistas em formato DWG. Isso porque se verifica que o projetista de cada disciplina rotaciona o projeto e uma escala diferente dos demais, sem uma padronização entre disciplinas. Durante a realização da modelagem já se faz registros de inconsistências de informações de projeto, tais como omissões e divergências. Tais registros vão ser analisados na etapa seguinte e poderão se tornar requisições de informação para os projetistas.

Após a conclusão da modelagem de todos os projetos inicia-se o processo denominado análise BIM. Inicialmente é realizada uma revisão dos modelos para atestar que foram construídos conforme os projetos. Nesse processo é criado um modelo 3D reunindo todos os modelos criados para cada disciplina. Em seguida, é realizada a análise de interferências, que podem gerar requisições de informações de vários tipos: omissão, correção, verificação, divergência, validação e modificação. Finalmente, é emitido um relatório de requisições de informação que servirá de referência para orientar os projetistas a encontrarem soluções e melhorarem seus projetos. O objetivo dessa etapa é evitar imprevistos durante a obra, onde surgem questões de projeto que

precisam ser resolvidas em um momento desfavorável, o que pode impossibilitar a solução ideal da questão.

Por fim, o último processo que visa atender os requisitos do cliente é denominado emissão 5D. Esse processo é realizado apenas após o esforço dos projetistas em revisar seus projetos e emissão de novas versões de projeto. Antecede também esse processo a correção dos modelos 3D das disciplinas adequando o modelo à nova versão de projeto. Nessa etapa serão extraídos do modelo os quantitativos de cada elemento construído em conformidade com os projetos, obviamente, mas o mais importante: em conformidade com a descrição do item definido pelas premissas de pagamento.

O Quadro 1 sintetiza os processos que compõem a construção virtual, bem como seus fornecedores e entradas, resultados e clientes.

Análise dos tempos de ciclo

Os tempos de ciclo foram obtidos mediante entrevistas realizadas com cada membro da empresa do estudo de caso. Os dados obtidos em entrevista são dados qualitativos e baseiam-se na experiência dos profissionais encarregados de realizar cada tarefa.

Os entrevistados responderam com segurança o tempo que necessitam em média para realizar cada tarefa quando questionados, durante a entrevista, com as perguntas: “Qual etapa do processo de construção virtual realiza?” e “Qual o tempo de ciclo?”. Registraram ainda que o tempo de ciclo informado pode variar em função da complexidade ou do tamanho da edificação. Essas informações estão de acordo com achados da literatura que defendem que fatores como tipo de edifício, quantidade de andares, complexidade dos desenhos, qualidade dos desenhos e método construtivo interferem na complexidade de usos do BIM (HUANG; HSIEH, 2015).

Quadro 1 -SIPOC

FORNECEDORES	ENTRADA	PROCESSO	RESULTADOS	CLIENTES
PROJETISTAS, CONSTRUTORA	PROJETOS DE ESTRUTURA, ARQUITETURA, INSTALAÇÕES, MÉTODO CONSTRUTIVO, PREMISSAS DE QUANTITATIVO	PLANEJAMENTO BIM	CHECAGEM DOS DOCUMENTOS DE PROJETO, CRIAÇÃO DE TEMPLATE DE ARQUITETURA	MODELADORES BIM
PLANEJAMENTO BIM	TEMPLATE E PROJETO DE ESTRUTURA, ARQUITETURA, INSTALAÇÕES SANITÁRIAS, COMBATE A INCÊNDIO, HIDRÁULICA, ELÉTRICA E COMUNICAÇÕES	MODELAGEM	MODELO BIM DE ESTRUTURA, ARQUITETURA, INSTALAÇÕES SANITÁRIAS, COMBATE A INCÊNDIO, HIDRÁULICA, ELÉTRICA E COMUNICAÇÕES	MODELADORES BIM, ANALISTA BIM, EMISSÃO 5D
MODELADORES BIM	PROJETO DE ESTRUTURA, ARQUITETURA, INSTALAÇÕES SANITÁRIAS, COMBATE A INCÊNDIO, HIDRÁULICA, ELÉTRICA E COMUNICAÇÕES E MODELOS	ANÁLISE BIM	REVISÃO DOS MODELOS, ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA	EMISSÃO 5D, PROJETISTAS, ESCRITÓRIO CENTRAL
ANALISTA BIM, MODELADORES	MODELOS CORRIGIDOS DE ESTRUTURA, ARQUITETURA, INSTALAÇÕES SANITÁRIAS, COMBATE A INCÊNDIO, HIDRÁULICA, ELÉTRICA E COMUNICAÇÕES	EMISSÃO 5D	EMISSÃO DOS QUANTITATIVOS EXTRAÍDOS DOS MODELOS	SALA TÉCNICA, ESCRITÓRIO CENTRAL

O entrevistado de nível estratégico validou as informações declaradas acerca dos tempos de ciclo em função da transparência e experiência da empresa na utilização de um software de gerenciamento de projetos on-line denominado “Runrun.it”. Esse software possibilita criação das tarefas, atribuição de tarefas a cada membro da empresa e contagem automática do tempo efetivamente trabalhado em cada tarefa sem a necessidade do preenchimento de planilhas de horas. A transparência e a experiência no uso do software de gerenciamento de projetos permitem que os membros da equipe, tanto do nível estratégico quanto do nível operacional, tenham acesso a um relatório de desempenho no qual é possível visualizar quanto tempo se investiu em cada tarefa.

A Figura 3 apresenta a análise comparativa dos tempos necessários para realização de cada processo ou subprocesso. Observou-se que o tempo de modelagem informado estava associado à quantidade de apenas um modelador por disciplina. Dentre os processos de construção virtual, aquele que demanda mais tempo é o de modelagem. Observa-se que três subprocessos de modelagem demandam mais tempo que os demais: arquitetura, instalações sanitárias e instalações elétricas. Isso se dá porque de fato esses projetos detêm uma grande quantidade de informação, quando comparados aos demais.

A produtividade da equipe de construção virtual

Produtividade melhorada não significa necessariamente trabalhar mais duro, mas sim trabalhar mais esperto (PEKURI; HAAPASALO;

HERRALA, 2011). Para serem realizados estudos de melhoria o estabelecimento de uma linha de base é necessário.

A Figura 4 demonstra uma comparação entre as produtividades dos serviços existentes no estudo de caso calculadas a partir dos dados qualitativos coletados em entrevistas com a equipe de construção virtual. As maiores produtividades refletem projetos de disciplinas de projeto que contêm informações de menor complexidade, bem como menor quantidade de informação. São elas: estrutura, combate a incêndio e comunicações prediais. As disciplinas de menor produtividade são aqueles que contêm informações mais complexas e em maior quantidade. São elas: arquitetura, instalações sanitárias e elétricas.

Swim lane com participantes internos

A Figura 5 ilustra o fluxo de trabalho interno da empresa do estudo de caso. Pode ser visto cada processo, o sequenciamento, cada produto e o responsável pela realização. Esse fluxo é resultante das informações qualitativas obtidas pelas entrevistas com cada participante.

Obviamente, os participantes do processo de construção virtual precisam ter conhecimentos e competência para produzir serviços e produtos BIM. Porém, observa-se que algumas atividades, pela sua importância e responsabilidade técnica, demandam conhecimentos avançados de projetos e de construção civil. Essas atividades são realizadas pelos engenheiros civis da empresa e resultam diretamente no produto final esperado pelo cliente.

Figura 3 - Análise dos tempos de ciclo do processo de construção virtual

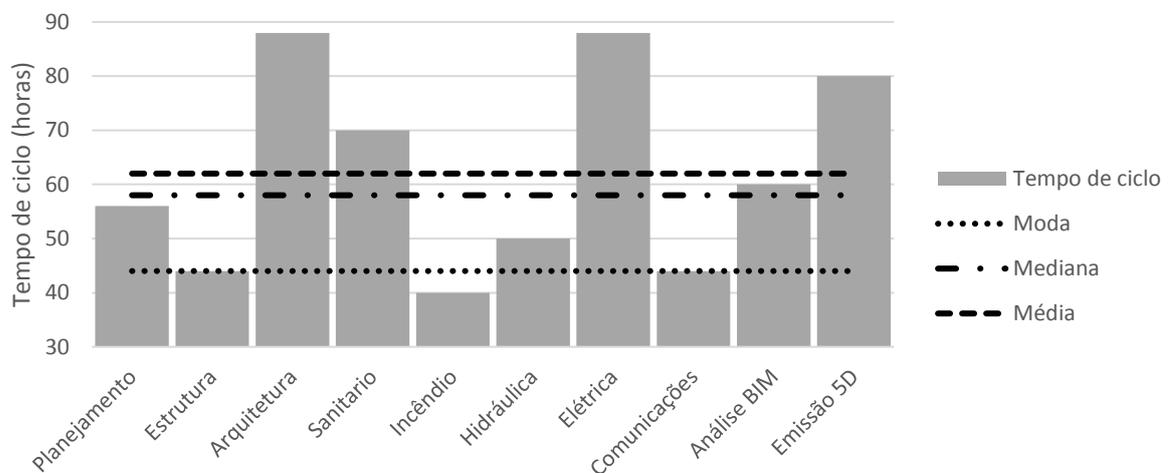


Figura 4 - Análise da produtividade das atividades do processo de construção virtual

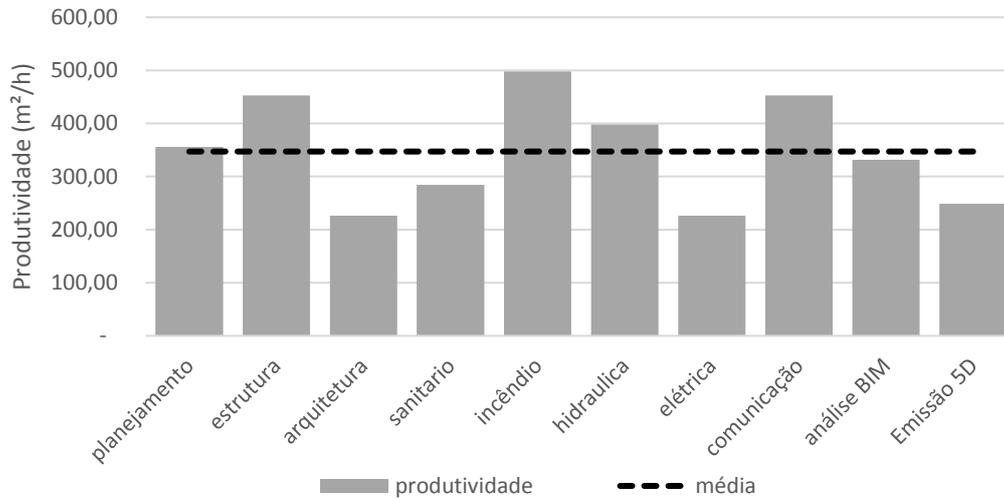
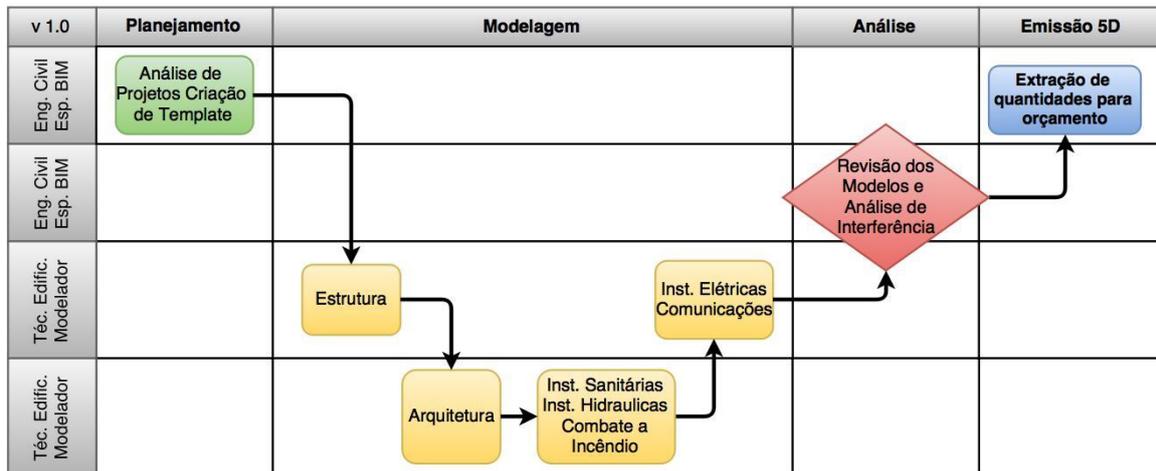


Figura 5 - Swim lane do processo de construção virtual



O processo de modelagem não pode ser considerado um produto final, nem tão importante quanto os processos seguintes, mas também não pode ser considerado como desperdício da construção virtual. Isso porque é um processo necessário para a realização da análise BIM e da emissão 5D. De fato, a modelagem requer um grande esforço de tempo e requer lidar com uma grande quantidade de informações de projeto. Realizam essa atividade técnicos de edificações que passaram pelo período de estágio durante a formação e foram efetivados na empresa.

Swim lane com participantes externos

A Figura 6 ilustra o fluxo de trabalho e suas interações externas. Pode ser vista a participação do contratante, a princípio fornecendo as informações iniciais. Observam-se os projetistas

na atividade de resolver seus projetos visando atender as requisições de informação emitidas pela construção virtual, e é apresentada uma versão das atividades de construção virtual ao longo de duas etapas, da forma como ocorrem de fato.

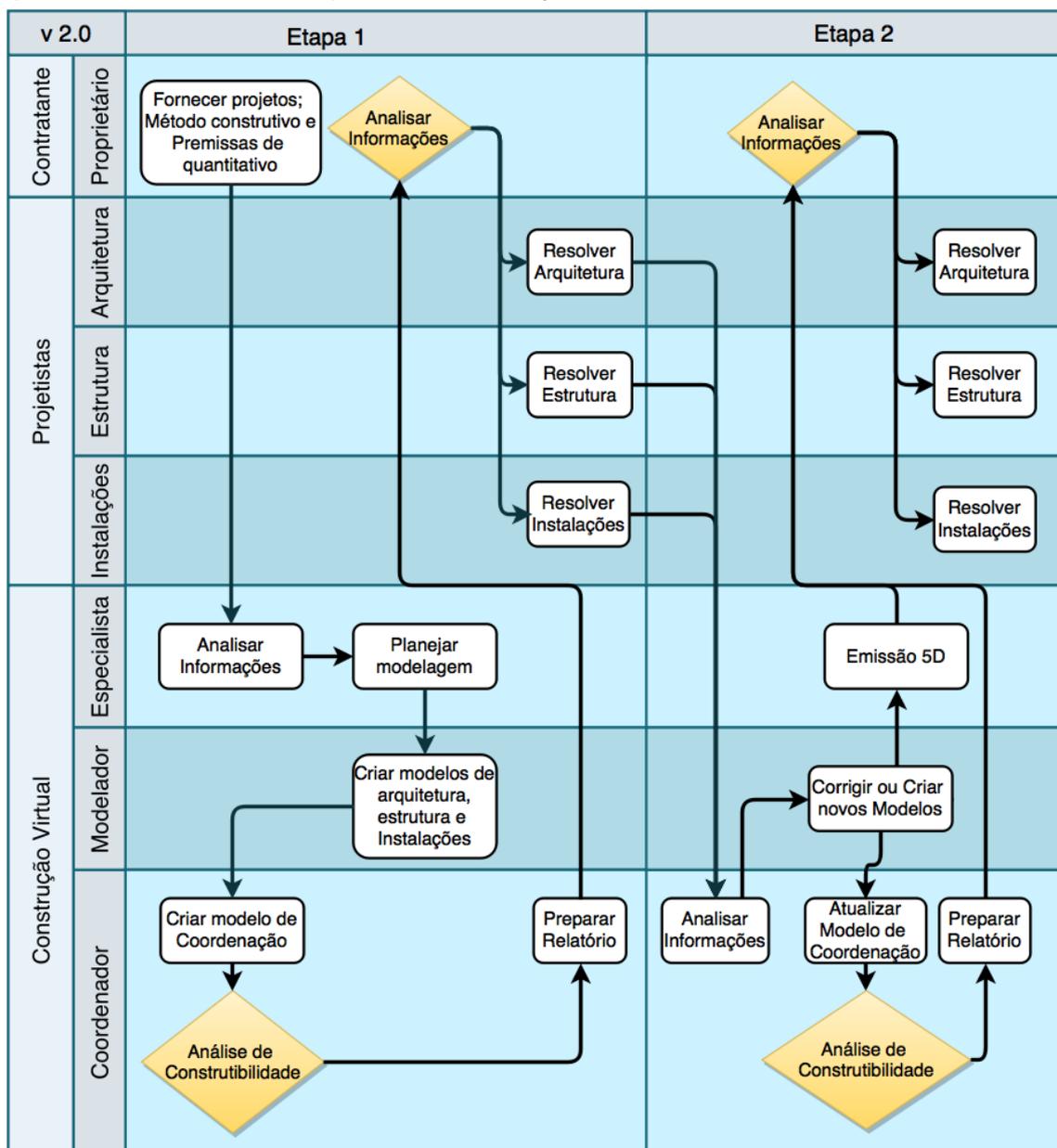
A etapa 1 produz um relatório de requisições de informação que não pode ser comparado ao relatório final de uma compatibilização de projetos tradicional. Isso porque, em primeiro lugar, a compatibilização de projetos tradicional não é capaz de visualizar algumas questões que só são possíveis por meio da construção virtual. Em segundo lugar, o relatório da construção virtual é um BIM. Trata-se de um modelo de navegação que pode ser acessado por todos os participantes por meio do software gratuito Autodesk Navisworks Freedom. Esse modelo, que permite a navegação pela equipe técnica do contratante e pelos projetistas, contém todas as requisições de

informação indicadas na atividade análise de construtibilidade.

Na etapa 2 ocorre a validação dos projetos modificados pelos projetistas visando resolver as requisições de informação recebidas. Nesse momento a contribuição da construção virtual vai além da compatibilização de projetos tradicional que termina com o relatório de interferências. Isso porque a equipe de construção virtual recebe os projetos corrigidos para implementar as modificações nos modelos que servirão de base para a emissão 5D. A equipe então analisa se a melhor opção é corrigir os modelos criados

anteriormente ou construir novos modelos. Os modelos atualizados em função da revisão dos projetos seguem para nova análise BIM, por meio dos quais se admite a ocorrência de um pequeno número de requisições de informação, desde que de baixa complexidade. Esses modelos seguem também para a emissão 5D, e serão entregues os quantitativos no formato desejado pelo contratante. Com esses produtos finais o contratante pode realizar estimativas de custo e planejamento 4D da produção baseados em modelos de projetos 3D com alto nível de compatibilização.

Figura 6 - *Swim lane* externo do processo de construção virtual



Mapeamento do fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor do processo de construção virtual de uma edificação residencial multifamiliar com aproximadamente 20.000 m² da área construída demanda um esforço de 670 horas de trabalho, o que representa 77,5 dias úteis de prazo de execução, e a média de tempo de cada processo é igual a 60 h (Figura 7).

O processo modelagem é aquele que possui o maior tempo de ciclo, chegando a representar 68% do total.

Devido à grande quantidade percentual do processo modelagem se faz necessária a visualização do mapa do fluxo de valor do processo de construção virtual com todos os subprocessos de modelagem (Figura 8). Nesta figura pode ser visualizada a modelagem de cada disciplina e seu sequenciamento: estrutura, arquitetura, instalações sanitárias, instalações de combate a incêndio, instalações hidráulicas, instalações elétricas e de comunicações. Destacam-se aí as atividades de tempos de ciclo maior que a média. São elas: modelagem de arquitetura instalações sanitárias e elétricas. Essas atividades podem ser consideradas as principais restrições do processo de construção virtual e devem ter atenção especial do coordenador de construção virtual, pois o tempo ganho ou perdido nesse processo repercute diretamente no tempo de toda a prestação de serviço.

Considerações finais

Este trabalho teve como objetivo descrever um processo de construção virtual. Para o desenvolvimento desta descrição optou-se pela utilização de ferramentas *lean*, que se mostraram aplicáveis a esse tipo de processo. A empresa investigada se mostrou adequada para os objetivos da pesquisa, considerando que possui *know-how* na construção virtual que foi objeto de análise deste trabalho.

O presente estudo caracterizou o processo de um escritório brasileiro de construção virtual que possui uma prestação de serviços diferenciada. Tal prestação pode abranger desde a compatibilização de projetos até a etapa de emissão de quantitativos baseados em modelos 3D, sem que o plano seja sabotado pelos erros de quantitativo ou inconsistências de projeto. Dessa forma, pode-se concluir que a investigação realizada contribui para a construção de um modelo de processo de construção virtual.

A pesquisa apresentou um novo modelo de processo de construção virtual para empresas especializadas em nichos de mercado que podem agregar valor aos projetos de arquitetura, estrutura e instalações, como também aumentar a confiabilidade de processos de gerenciamento da construção. Dessa forma, contribui-se com o mapeamento do processo de construção virtual, nomeando seus processos e subprocessos, entradas e saídas, fornecedores e clientes, juntamente com as relações de precedência entre os profissionais da construção virtual.

Figura 7 - Mapeamento do fluxo de valor do processo de construção virtual

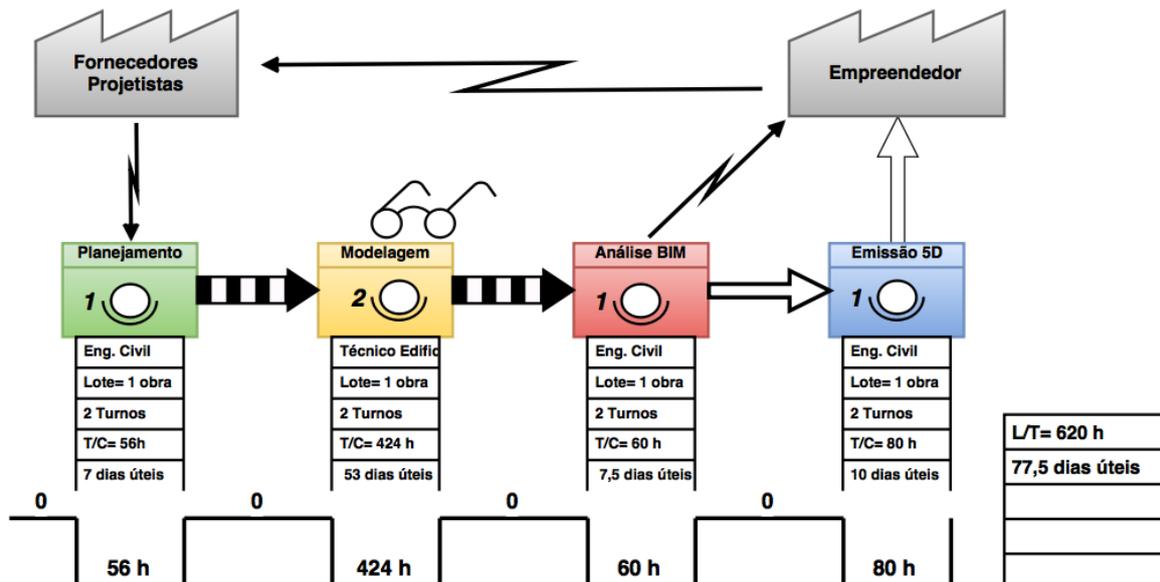
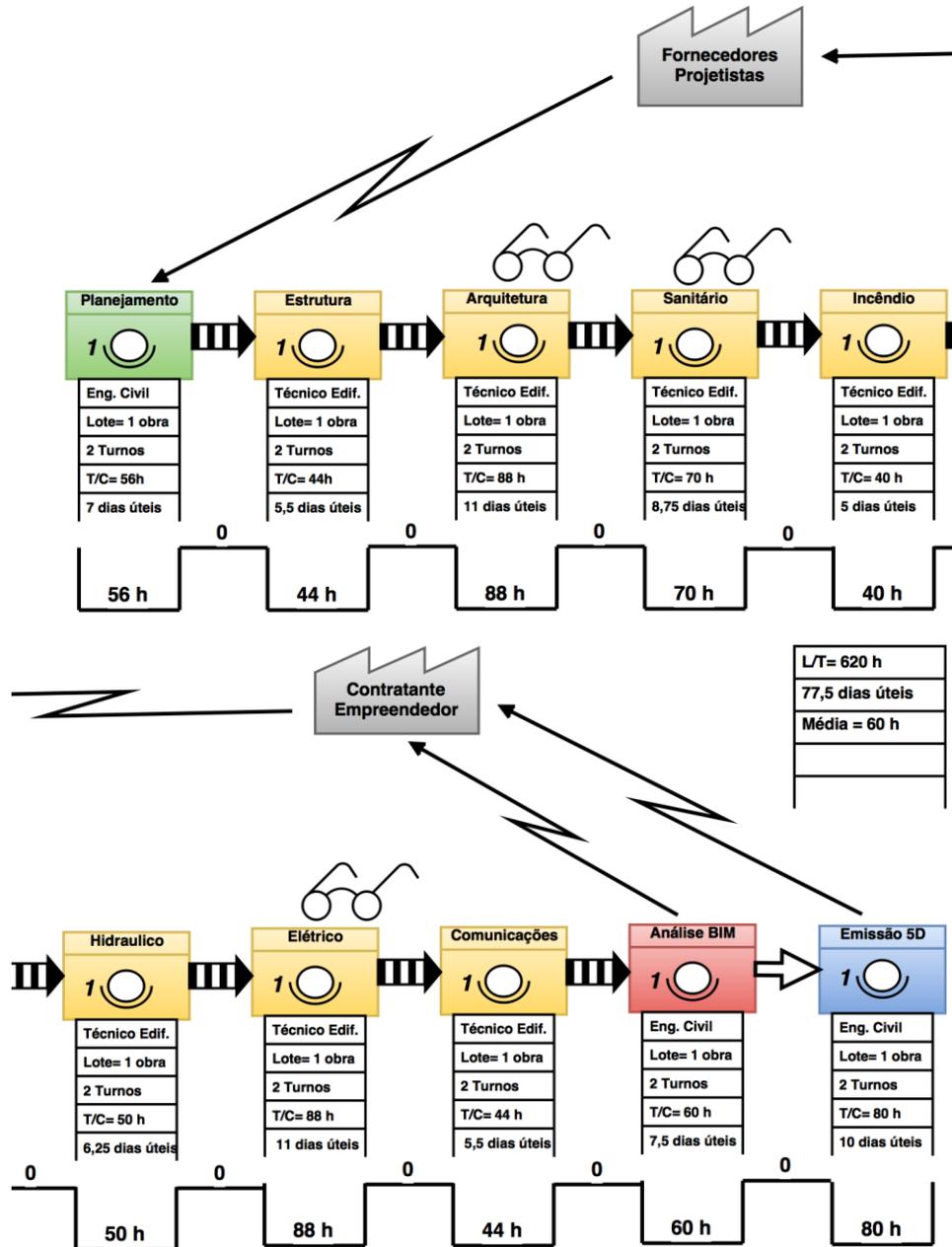


Figura 8 - Mapeamento do fluxo de valor do processo de construção virtual e subprocessos de modelagem



Os resultados demonstram que os processos de construção virtual descritos, planejamento, análise BIM e emissão 5D (emissão de quantitativos a partir do modelo BIM) demandam habilidades, responsabilidade técnica ou habilitação que só um profissional de nível superior pode ter.

Pode-se concluir também que a modelagem demanda conhecimentos de nível técnico. Ela representa uma grande parcela do tempo da construção virtual e é uma atividade necessária para atender os requisitos do cliente, mas não isoladamente. Isso porque está condicionada à realização de outros processos que ora definem os

requisitos de modelagem, ora utilizam o resultado da modelagem para realização das análises de compatibilização de projetos e emissão de quantitativos a partir do modelo.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se aplicar esta metodologia para caracterizar processos de construção virtual em outras equipes de construção virtual, ou em outras tipologias de edificações visando verificar como se comportam os parâmetros de cada atividade em diferentes contextos e complexidades de projetos.

Referências

- ALARCÓN, L. F. Modelación Multidimensional: un Mecanismo de Mejora Para la Gestión de Proyectos de Construcción. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 7–19, 2008.
- ALI, N. B.; PETERSEN, K.; DE FRANÇA, B. B. N. Evaluation of Simulation-Assisted Value Stream Mapping for Software Product Development: two industrial cases. **Information and Software Technology**, v. 68, p. 45–61, 2015.
- AZIZI, A.; MANOHARAN, T. Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 153–158, feb. 2015.
- BALDAUF, J.; FORMOSO, C.; MIRON, L. Modelagem de Requisitos de Clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social Com o Uso de BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 177–195, jul./set. 2013.
- BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (Bim) no Currículo**: uma contribuição para a formação do projetista introdução de modelagem da informação da construção. São Paulo, 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O Papel do Arquiteto em Empreendimentos Desenvolvidos Com a Tecnologia BIM e as Habilidades Que Devem Ser Ensinadas na Universidade. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 11, n. 1, p. 103–120, 2016.
- BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. O Uso da Modelagem BIM 4D no Projeto e Gestão de Sistemas de Produção em Empreendimentos de Construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 65–77, abr./jun. 2015.
- BRITO, D. M. de; ANDRADE, E. de; FERREIRA, M. Avaliação de Estratégias Para Representação e Análise do Planejamento e Controle de Obras Utilizando Modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203–223, out./dez. 2015.
- BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Combining Value Stream and Process Levels Analysis for Continuous Flow Implementation in Construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney, 2005. **Anais...** Sydney, 2005.
- CAO, D. *et al.* Practices and Effectiveness of Building Information Modelling in Construction Projects in China. **Automation in Construction**, v. 49, Part A, p. 113–122, jan. 2015.
- CHEN, L.; LUO, H. A BIM-Based Construction Quality Management Model and Its Applications. **Automation in Construction**, v. 46, p. 64–73, 2014.
- CRESCE, L. de; DEBS, E. Diretrizes Para Processo de Projeto de Fachadas Com Painéis Pré-Fabricados de Concreto em Ambiente BIM. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 2, p. 41–60, abr./jun. 2014.
- EASTMAN, C. *et al.* **Bim Handbook**: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New York: John Wiley & Sons, 2011.
- FARIA, J. H. de. Dimensões da Matriz Epistemológica em Estudos em Administração: uma proposição. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 36., Rio de Janeiro, 2012. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2012.
- FISCHER, M.; KUNZ, J. The Scope and Role of Information Technology in Construction. **Proceedings-Japan Society of Civil Engineers**, v. 156, feb. 2004.
- FLYVBJERG, B. Five Misunderstandings About Case-Study Research. **Qualitative Inquiry**, v. 12, n. 2, p. 219–245, 2006.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HENRIQUE, D. B. *et al.* A New Value Stream Mapping Approach for Healthcare Environments. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 1, p. 1–25, jul. 2015.
- HUANG, C.-H.; HSIEH, S.-H. A Case Study on Assessing the Productivity of a BIM Team in a Construction Company. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION ENGINEERING AND PROJECT MANAGEMENT, 6., Busan, 2015. **Proceedings...** Busan, 2015.
- KHAN, S.; TZORTZOPOULOS, P. Improving Design Workflow with the Last Planner System: two action research studies. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Perth, 2015.

- KHANZODE, A.; FISCHER, M.; REED, D. Benefits and Lessons Learned of Implementing Building Virtual Design and Construction (VDC) technologies for coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Systems on a Large Healthcare Project. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 13, p. 324–342, 2008.
- KOSKELA, L. Making-Do: the eighth category of waste. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR 2004. CONSTRUCTION, 12., Helsingor, Denmark. **Proceedings...** Helsingor, 2004.
- LEITE, K. P.; NETO, J. de P. B. Value Stream in Housing Design. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., Fortaleza, 2013. **Proceedings...** Fortaleza, 2013.
- LIMA, D. F. S. de *et al.* Mapeamento do Fluxo de Valor e Simulação Para Implementação de Práticas Lean em Uma Empresa Calçadista. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 1, p. 366–392, 2016.
- MANDUJANO, M. G. *et al.* Virtual Design and Construction, and its Inefficiencies, From a Lean Construction Perspective. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth, 2015. **Proceedings...** Perth, 2015.
- MATTOS, P. Os Resultados de Minha Pesquisa Qualitativa Não Podem Ser Generalizados: pondo os pingos nos is dessa ressalva. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 30., Salvador, 2006. **Anais...** Salvador, 2006.
- MÜLLER, A. L.; SAFFARO, F. A. A Prototipagem Virtual Para o Detalhamento de Projetos na Construção Civil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 105–121, jan./mar. 2011.
- NEIVA NETO, R. da S.; RUSCHEL, R. C. BIM Aplicado ao Projeto de Fôrmas de Madeira em Estrutura de Concreto Armado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 183–201, out./dez. 2015.
- O’CONNOR, R.; SWAIN, B. **Implementing Lean in Construction: lean tools and techniques— an introduction.** London: CIRIA, 2013.
- OLOFSSON, T. *et al.* Project Environment and Process Design of Building Projects Supported by Virtual Design and Construction Methods. In: W78 CONFERENCE, 24., Maribor, 2007. **Proceedings...** Maribor, 2007.
- PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. A. Value Stream Mapping in Construction: a case study in a Brazilian construction company. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 13., Sydney, 2005. **Proceedings...** Sydney, 2005.
- PAULA, N. de; EMIKO, M.; BURRATTINO, S. Novas Demandas Para as Empresas de Projeto de Edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 137–159, jul./set. 2013.
- PEKURI, A.; HAAPASALO, H.; HERRALA, M. Productivity and Performance Management: managerial practices in the construction industry. **International Journal of Performance Measurement**, v. 1, p. 39–58, 2011.
- PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. **ITCON**, v. 11, p. 395–408, jan. 2006.
- POIRIER, E. A.; STAUB-FRENCH, S.; FORGUES, D. Measuring the Impact of BIM on Labor Productivity in a Small Specialty Contracting Enterprise Through Action-Research. **Automation in Construction**, v. 58, p. 74–84, 2015.
- ROMCY, N. M. e S. *et al.* Desenvolvimento de Aplicativo em Ambiente BIM, Segundo Princípios da Coordenação Modular. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 23–39, 2014.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda.** Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2003.
- RUSCHEL, R.; ANDRADE, M. de; MORAIS, M. De. O Ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151–165, abr./jun. 2013.
- SACKS, R. *et al.* Field Tests of the Kanbim Lean Management System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 19., Lima, 2011. **Proceedings...** Lima, 2011.
- SACKS, R.; KOSKELA, L. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p. 968–981, 2010.
- 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. **BIM ThinkSpace**: episode 16: understanding BIM Wash. 2011. Disponível em: <<http://www.bimthinkspace.com/2011/06/episode-16-understanding-bim-wash.html>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

TAKAHASHI, A. R. W. **Pesquisa Qualitativa em Administração**: fundamentos, métodos e usos no brasil. São Paulo: Atlas, 2013.

VASCONCELOS, A. L. F. de S.; ARCOVERDE, A. C. B. O Rigor Científico em Pesquisa, Quanto à Fidelidade e à Validade dos Resultados Obtidos: uma experiência da utilização da técnica qualitativa na prática avaliativa. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v. 6, n. 2, p. 1–16, 2007.

VENKATARAMAN, K. *et al.* Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process. **Procedia Materials Science**, v. 6, p. 1187–1196, 2014.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

João Bosco Pinheiro Dantas Filho

Campus Fortaleza | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará | Av. Treze de Maio, 2081, Benfica | Fortaleza - CE - Brasil | CEP 60040-531 | Tel.: (85) 3307-3666 | E-mail: arquibosco@gmail.com

José de Paula Barros Neto

Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Centro de Tecnologia | Universidade Federal do Ceará | Campus do Pici, s/n, Bloco 710, Pici | Fortaleza - CE - Brasil | CEP 60455-760 | Tel.: (85) 3366-9600 | E-mail: barrosneto@gercon.ufc.br

Bruno Maciel Angelim

FortBIM Engenharia | Av Treze de Maio, 1116, Sala 804, Fátima | Fortaleza - CE - Brasil | CEP 60040-530 | Tel.: (85) 99690-8589 | E-mail: bruno@fortbim.com.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro
Porto Alegre - RS - Brasil
CEP 90035-190
Telefone: +55 (51) 3308-4084
Fax: +55 (51) 3308-4054
www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido
E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br