

# ESTRATÉGIAS PARA ENSINO DE ORÇAMENTAÇÃO COM ADOÇÃO DE BIM EM AMBIENTE ACADÊMICO

ARTIGO

Strategies to teach budgeting through BIM in the academic environment

Leticia Mattana<sup>1</sup>, Lisiane Ilha Librelotto<sup>1</sup>

**RESUMO:** Um dos grandes desafios das universidades é a introdução de inovações tecnológicas no processo de ensino-aprendizagem, instruindo alunos a compreender novas técnicas e ferramentas que poderão ser utilizadas na vida profissional. Este artigo descreve estratégias para uma disciplina de gestão do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através da prática pelo uso de ferramentas BIM (*Building Information Modelling*), que envolveram o planejamento de projetos e obras, principalmente a orçamentação. Trata-se da disciplina Tecnologia das Edificações IV (TEC IV), da 6ª fase do referido curso. O método foi aplicado nos semestres 2016/1 e 2017/1 e envolveu a simulação do processo produtivo de um jogo chamado LEAPCON Game e, posteriormente, o desenvolvimento de atividades práticas relacionadas ao levantamento de quantidades para orçamentação, usando BIM. Os resultados indicam que a colaboração entre os alunos e a qualidade da modelagem são essenciais para o sucesso do levantamento de quantitativos de modelos BIM, e que a inserção destas ferramentas em ambiente acadêmico é importante para auxiliar na preparação dos futuros profissionais para atuação no mercado.

**PALAVRAS-CHAVE:** BIM; Ensino; Arquitetura; Quantidades.

**ABSTRACT:** One of the great challenges at universities is the introduction of technological innovations in teaching and learning process, which instructs students to understand new techniques and tools that can be used in professional life. This article describes strategies for a discipline of management in the Architecture and Urbanism course of Federal University of Santa Catarina, which involves practices for the use of BIM (*Building Information Modelling*) tools, which involves planning of projects and buildings, mainly for budget. The discipline involved in the research is Technology of Buildings IV (TEC IV), of the 6th phase of the course. The method used was applied in semesters 2016/1 and 2017/1. Data collection included the preliminary application of a game called LEAPCON Game and later the development of practical activities related to quantities takeoff for budgeting using BIM. The results indicate that collaboration among students and the quality of modeling are essential for the success of the quantities for budgeting using BIM. Furthermore, the use of these tools in classroom collaborates to prepare students to act in the job market.

**KEYWORDS:** BIM; Teaching; Architecture; Quantities.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

## How to cite this article:

MATTANA, L.; LIBRELOTTO, L. I. Estratégias para ensino de orçamentação com adoção de BIM em ambiente acadêmico. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v.13, n.3, p.97-118, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v13i3.139505>

**Fonte de financiamento:**  
CAPES

**Conflito de interesse:**

Declara não haver

**Submetido em:** 07/10/2017

**Aceito em:** 04/08/2018



## INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta estratégias e ferramentas utilizadas em uma disciplina obrigatória da área de Tecnologia das Edificações, que é oferecida no sexto período do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Diferentes ferramentas de Modelagem da Informação da Construção, ou *Building Information Modelling* (BIM), foram utilizadas para a etapa de planejamento de projetos, incluindo a orçamentação de projetos (determinação do custo), o cronograma (estimativa do tempo) e estratégias de gerência (simulação da aplicação da filosofia *Lean Construction*) na produção de edificações. Nesta disciplina os estudantes foram orientados a extrair quantitativos de modelos BIM, orçar um projeto com software BIM 5D, utilizar aplicativo de celular para apoio às informações do projeto, além de participar de um jogo que permitiu reflexão sobre a execução de obras e construção enxuta.

Na UFSC, o ensino de BIM ainda é incipiente, tanto no curso de Arquitetura e Urbanismo, quanto no curso de Engenharia Civil, pois as disciplinas possuem ainda uma abordagem fragmentada. A experiência relatada neste artigo foi conduzida como um experimento, onde as aplicações são parte dos resultados de uma pesquisa de mestrado. O experimento foi essencial para incentivar a adoção de BIM no processo ensino-aprendizagem, possibilitou a troca de experiências entre grupos de pesquisas e entre alunos da graduação e da pós-graduação através da prática do estágio docente.

## CONCEITOS

### BIM

BIM é o acrônimo de *Building Information Modelling*, que na língua portuguesa foi traduzido para Modelagem da Informação da Construção. *National BIM Standard* (NBIMS, 2016) define BIM como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. Essa representação possui informações que podem ser compartilhadas por todo o ciclo de vida, auxiliando nas decisões do empreendimento. Além disso, BIM pode representar diversos conceitos, dependendo do contexto: (a) para um projeto, BIM representa gerenciamento da informação; (b) para os participantes do projeto, BIM é um processo interoperável, (c) para uma equipe de projetos, BIM representa integração e colaboração, por exemplo (NBIMS, 2016).

Santos, Antunes e Balbinot (2014) descrevem BIM como “um banco de dados unificado, onde quaisquer informações relacionadas ao edifício podem ser criadas ou extraídas”. Ao considerar o modelo BIM como um banco de dados, pode-se dizer em decorrência disto que este modelo necessita de gestão para estas informações e, portanto, BIM é também um sistema de gestão das várias informações que estão integradas no modelo (WONG & FAN, 2013).

BIM tem sido apontado como uma ferramenta de colaboração entre as equipes. Para Campestrini et al. (2015, p. 9) “Colaborar é contribuir com as melhores soluções para um objetivo compartilhado, obtendo-se o melhor de cada um dos profissionais envolvidos em um projeto”. Para esses autores, colaborar é diferente de cooperar, pois na cooperação a meta maior é atingida através da união de objetivos menores individuais, e na colaboração a meta maior é atingida pelo esforço conjunto e compartilhado entre todos os integrantes da equipe.

Além disso, no Guia da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) – Parte 1, são apontados os principais benefícios do uso de BIM, como a visualização 3D do que está sendo projetado, o ensaio da obra no computador, a extração automática de quantidades de um projeto e a possibilidade de realizar ensaios e análises virtuais (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2016). Existe a possibilidade de identificação

de interferências no modelo, a geração de documentação consistente e íntegra, a facilidade para controlar projetos de edificações mais complexas, o registro e o controle de diferentes versões do modelo na manutenção do empreendimento.

Sakamori (2015) menciona que um dos maiores benefícios do processo BIM é a visão do todo, ou seja, visão sistêmica do processo. Para Pinto (2016), as vantagens significativas de BIM são: antecipação da tomada de decisão projetual, maior integração entre os projetos e a execução, e facilidade de percepção de falhas e omissões. Porém, existem alguns entraves para a adoção de BIM pelo mercado. Melhado e Pinto (2015) descrevem algumas dificuldades encontradas ao trabalhar com BIM nas etapas de planejamento e orçamento de obras. Uma delas é a interoperabilidade.

O nível de informação do projeto também é destacado, pois em BIM há necessidade de inserção de informações consistentes para possibilitar um levantamento de quantidades eficiente para uso em orçamentação. Além dessas, os autores destacam a complexidade de ferramentas de orçamento (BIM 5D) e planejamento (BIM 4D) e a necessidade de treinamentos das equipes envolvidas no processo (MELHADO E PINTO, 2015). Stanley e Thurnell (2014) também destacam algumas barreiras para a implementação de BIM, como a falta de interoperabilidade entre ferramentas e a falta de protocolos e padronizações para codificar os elementos dos modelos BIM.

Sacks e Pickas (2013), referindo-se à adoção de BIM no mundo, relatam que muitos escritórios, organizações e instituições estão desenvolvendo serviços e processos usando BIM. Porém, no Brasil essa adoção ainda é muito incipiente, está em fases iniciais de implementação e são poucas as empresas de projetos, construção e universidades que adotam tais práticas (BARISON, 2015). Para Sacks e Pickas (2013), mais importante que os profissionais de engenharia e arquitetura usarem as ferramentas BIM, é que estes possam aplicá-lo nos processos de trabalho para atingir a real proposição do processo BIM.

### ***nD Modelling* – Informações multidisciplinares no contexto BIM**

Lee et al. (2005) afirmam que através de um projeto de pesquisa desenvolvido na Universidade de Salford surgiu o conceito do *nD Modelling*, que é uma extensão de informações multidisciplinares da modelagem BIM de uma edificação. Essa extensão parte da modelagem 3D e inclui outras dimensões para cada estágio do ciclo de vida das edificações. Como exemplo, formulou-se o Quadro 1 que apresenta a dimensão BIM 3D, e as demais dimensões, como as variáveis tempo – BIM 4D, custos – BIM 5D, operação da edificação – BIM 6D, sustentabilidade – BIM 7D e Segurança do trabalho – BIM 8D.

<b><i>nD Modelling</i></b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>
BIM 3D	Modelo BIM tridimensional e paramétrico, ou seja, que contém informações incorporadas neste modelo.	Baptista (2015)
BIM 4D	Associação do fator tempo e do planejamento de obras ao modelo BIM 3D	Fernandes (2014)
BIM 5D	Associação da estimativa de custos e orçamentação ao modelo BIM 3D.	Sakamori (2015)
BIM 6D	Controle e operação da edificação através do BIM, que é chamada de <i>facilities management</i> , ou seja, a gestão das facilidades, manutenção e operação da edificação.	Oliveira, Scheer e Tavares (2015)
BIM 7D	Avaliação da sustentabilidade, conforto e energia através do modelo BIM.	Kamardeen (2010)
BIM 8D	Segurança do trabalho e prevenção de acidentes	Kamardeen (2010)

**Quadro 1:** *nD Modelling*  
**Fonte:** Indicada

## **Lean Construction e BIM**

Arantes (2008) explica que a *Lean Construction* nasceu de uma adaptação do método chamado *Lean Production*, e é voltada para o setor de construção com o objetivo de melhorar a produtividade e eficiência nas atividades deste setor, inclusive a minimização dos desperdícios. A *Lean Production* engloba procedimentos para a indústria automobilística, é originada do Japão, e devido aos bons resultados deste método naquele setor foi proposta por Koskela (1992) a *Lean Construction* para adaptar o método à aplicação na construção civil. No Brasil, a *Lean Construction* também é conhecida como Construção Enxuta.

Junior, Cleto e Garrido (2014, pg. 6) explicam que é importante selecionar o controle de produção desejado para a construção enxuta de edificações. Conforme esses autores existem alguns conceitos importantes para definição do tema, dentre eles os sistemas empurrado e puxado de produção: "... em um sistema puxado, uma atividade produtiva é alcançada pela demanda das estações de trabalhos seguintes no fluxo, enquanto que num sistema empurrado, um plano de atividades define o que será realizado". Dentre os princípios da *Lean Construction*, destacam-se a redução de variabilidade, a redução do tempo de ciclo, a redução do número de passos ou partes, aumento da transparência do processo e da flexibilidade de saída, e no aumento do valor de produto conforme necessidades dos clientes (KOSKELA, 1992).

Sacks et al. (2010) afirmam que apesar do processo BIM e *Lean Construction* serem iniciativas diferentes, ambos tem impacto no setor da construção. Alguns autores complementam que existe uma sinergia entre esses dois conceitos, o qual pode ser explorado para melhorar o processo de construção das edificações (SACKS et al., 2010, JUNIOR, CLETO e GARRIDO, 2014). Para isso, foi desenvolvida uma matriz que aponta as interações existentes entre os princípios da *Lean Construction* e as funcionalidades do processo BIM, e Sacks et al. (2010) concluíram que as empresas que implementam *Lean Construction* deveriam considerar o uso de BIM para melhorar os resultados dos princípios da *Lean*. No mínimo, as quantidades extraídas do modelo BIM, a partir do planejamento, podem ser utilizadas para definição de locais e volumes de estocagem, previsão de lotes de compras e uso do *Kanban* (sistema de alerta para estoque mínimo), entre outras aplicações. A sequência da produção, definida nos cronogramas pode ser utilizada na definição do sistema puxado, sendo que os dados do planejamento podem ser utilizados em jogos para simular a aplicação do sistema enxuto na gerência da produção.

## **Orçamentação de projetos e obras**

Orçar um empreendimento significa a obtenção de um resultado que demonstra o custo/preço de determinado projeto ou obra. Existem vários tipos de orçamentos de acordo com a precisão do resultado, confiabilidade e definição das informações que alimentam a previsão do custo. Os principais tipos de orçamentos são: a) a estimativa de custos (que dá uma ideia aproximada do custo do empreendimento com base no Custo Unitário Básico da construção - CUB) ou outros dados paramétricos, b) o orçamento preliminar e c) o orçamento detalhado ou analítico (MATTOS, 2006), baseando-se em composições de custo dos serviços.

A estimativa de custos pode ser realizada nas etapas iniciais do processo de projeto e utiliza dados paramétricos como a metragem quadrada construída de determinado empreendimento. O orçamento preliminar necessita de maior definição de projeto, e é realizado com base em preços de insumos. O orçamento detalhado requer a especificação pormenorizada do projeto, necessitando de composições de custos específicas e ampla pesquisa de preço para chegar a um valor mais próximo da realidade (AVILA, LIBRELOTTO e LOPEZ, 2003).

Com o uso de BIM não é necessário aguardar até o final da fase de projeto

para estimar o custo de um determinado empreendimento. De acordo com Eastman et al. (2014) as estimativas prévias auxiliam a tomada de decisão do projetista e do proprietário do empreendimento, além de antecipar os problemas e permitir alterações projetuais para permanecer dentro das limitações impostas pelo orçamento, podendo ser utilizadas conforme os diversos níveis de detalhamento do projeto. O uso de BIM nas etapas de orçamentação já é realidade, e essas ferramentas podem auxiliar nestas questões relativas à antecipação de problemas e alterações projetuais que refletem nos resultados de custos dos empreendimentos.

Em etapas preliminares do processo de projeto, pode-se realizar um estudo de viabilidade, no qual é possível utilizar software BIM para auxiliar na tomada de decisão volumétrica do partido arquitetônico em concordância com os custos envolvidos. Um exemplo disso é apresentado na dissertação de Garcia (2014), na qual o custo envolvido para diversas formas (volumetrias) de uma determinada edificação é analisado.

Nas demais etapas do projeto, como o estudo preliminar, projeto básico e outros, pode-se usar ferramentas BIM para realizar estimativa do custo do empreendimento com o objetivo de auxiliar nas tomadas de decisões projetuais. As ferramentas BIM fornecem quantitativos que são adequados para a “produção de estimativas aproximadas de custos”, favorecendo principalmente o processo de projeto (EASTMAN et al., 2014, p. 217).

Para estimativas mais precisas, que envolvem a elaboração de orçamentos, é necessário um modelo completo e paramétrico, que contenha todas as informações necessárias para a extração das quantidades do modelo. Nestes casos os parâmetros adotados passam a ser a configuração/modelagem dos objetos e unidades de medição dos serviços. Alguns autores explicam que ainda não é possível extrair a estimativa completa das quantidades para o orçamento de uma edificação usando BIM, e que os dados não extraídos do modelo devem ser calculados ou estimados manualmente pelo profissional que estiver orçando o projeto. Exemplos que podem ser citados são: a) modelagem das armaduras, b) modelagem de fôrmas para estruturas de concreto, c) modelagem de estruturas temporárias como as escoras e outros itens (MATTANA, 2017; WITICOVSKI, 2011).

Sakamori (2015) afirma que a adoção de BIM 5D otimiza a extração das quantidades para levantamento de custos de edificações, e que pode minimizar erros humanos que acarretam problemas nos resultados, desde que exista um modelo BIM bem elaborado, preciso e de qualidade. Através de três estudos de casos, sendo que dois deles envolvem habitações de interesse social, o autor gerou o orçamento de cada empreendimento através de ferramentas BIM oriundas de um mesmo fornecedor. Após, este autor apresentou a sequência utilizada para a modelagem BIM até chegar ao proposto da pesquisa (do 3D ao 5D), que compreende a modelagem do projeto arquitetônico, do estrutural, das instalações, a extração de quantidades via modelo BIM, o levantamento de custos, a definição do planejamento das obras, a integração entre as variáveis tempo e custo (planejamento + orçamento) e, por fim, o orçamento propriamente dito.

Witcovski (2011) teve como objetivo entender a importância da qualidade da informação dos projetos BIM e sua relação com o ciclo de vida do projeto. Foram realizados seis estudos de casos múltiplos, divididos em 2 ciclos: Ciclo 1 e Ciclo 2. Os dois primeiros estudos de casos, pertencentes ao Ciclo 1 da pesquisa, foram o teste piloto sobre um caso na cidade de Curitiba e um estudo de caso em empresa de Goiânia que não aplica BIM. Os outros quatro estudos de caso, pertencentes ao Ciclo 2 da pesquisa, aconteceram em empresas do Estado de São Paulo que aplicam BIM. Com o desenvolvimento dos casos do Ciclo 2 a autora percebeu que existe uma melhora significativa na qualidade das informações contidas nos projetos, os quais são mais detalhados já em fases prévias do processo. Além disso, a autora relatou algumas dificuldades encontradas, em relação ao tempo e em investimentos com treinamentos, software e hardware e afirma, com base nos resultados da pesquisa, que existe uma melhora no planejamento e orçamento dos empreendimentos através da adoção de BIM.

Com o objetivo de comparar a estimativa de custos convencionais (com base em projetos bidimensionais) e as estimativas baseadas em modelagem BIM, Diniz (2013, p.135) desenvolveu uma pesquisa na qual afirma que as ferramentas BIM são mais precisas e que auxiliam positivamente no levantamento de informações para orçamentação, possibilitando a “visualização tridimensional da edificação (...) e a extração de toda a documentação bidimensional necessária do projeto (...)”. Além disso, a autora menciona que o uso de BIM para orçamentação reduz erros que poderiam existir no caso de levantamentos manuais.

Fenato (2017) realizou uma pesquisa onde utilizou a modelagem BIM para a elaboração de orçamentos operacionais<sup>1</sup>, com o objetivo de fazer a gestão de custos de empreendimentos. Nessa pesquisa, o autor desenvolveu métodos de modelagem BIM para elaborar o orçamento operacional através da ferramenta AUTODESK REVIT®. Foram realizados dois Estudos Empíricos que permitiram a elaboração de estratégias para extração de quantitativos de forma automática pelo AUTODESK REVIT®. Além disso, outra contribuição de Fenato (2017) foi a apresentação de diretrizes para auxiliar na tomada de decisão do tipo de modelagem das macro operações no AUTODESK REVIT®, para elaboração de orçamentos operacionais.

Uma forma de atualização das quantidades extraídas de modelos BIM em outras ferramentas de orçamentação convencional é realizar manualmente, no caso de modelos de baixa complexidade, ou exportando essas informações em formatos de planilhas externas. Esta é uma das formas que Eastman et al. (2014, pg. 218) indicam para uso de BIM na etapa de orçamentação, através da exportação dos quantitativos dos elementos da edificação para uma planilha ou banco de dados externo, a exemplo do MS EXCEL®. Esses autores complementam mais duas formas de usar BIM na etapa de orçamentação, que seriam: a) conectar a ferramenta BIM ao software de orçamentação BIM através de integração entre as ferramentas e, b) usar ferramenta BIM específica para levantamento de quantitativos. (EASTMAN et al., 2014, pg. 218).

## Ensino de BIM

Em busca do uso de recursos tecnológicos e da introdução da inovação em sala de aula, atualmente algumas universidades têm utilizado BIM no processo ensino-aprendizagem em cursos de Arquitetura e de Engenharia. Na Universidade Technion, em Israel, houve alguns testes para introdução de BIM no currículo de cursos de tecnologia/engenharia em quatro disciplinas, dentre elas a disciplina “*Project Control*”, que possui a ementa voltada para gestão de obras. Nesta disciplina, os alunos utilizaram um software BIM para realização do 4D e 5D de um empreendimento, e perceberam a necessidade da experiência do projetista para inserção das informações em um modelo BIM com foco na utilização deste modelo ao longo do ciclo de vida do projeto (PICKAS, SACKS & HAZZAN, 2013).

Para Celani et al. (2017, p. 30), a adoção de novas tecnologias, a exemplo do processo BIM, no ensino de arquitetura brasileiro ocorre de forma pontual, isolada e “com foco no ensino do software”. Esses autores realizaram uma experimentação na busca pela integração do processo BIM no ensino de projeto, numa disciplina de projeto arquitetônico de edifícios altos, da Unicamp. Os alunos utilizaram modelagem paramétrica, análise de desempenho ambiental e estrutural, e fabricação digital de maquetes usando BIM na elaboração do projeto. Estes autores complementam que:

“Ao introduzirmos ferramentas de análise simplificadas aliadas a modelos paramétricos no ateliê de projeto, é possível gerar e avaliar rapidamente inúmeras alternativas. Isso resulta em projetos mais adequados, cuja configuração emerge, efetivamente, da resposta às condicionantes ambientais e às demandas estruturais.” (CELANI et al., 2017, pg. 30)

<sup>1</sup> Segundo Fenato (2017), o orçamento operacional apresenta os custos de forma segregada e de acordo com o desenvolvimento das operações, ao longo da produção do edifício, e é caracterizado por retratar o processo de produção de edifícios com fidelidade.

Em relação ao ensino, Barison (2015) afirma que a implementação de BIM nas escolas brasileiras ainda é muito limitada. Para essa autora é necessário capacitar os professores e técnicos de laboratório para trabalharem com BIM, promover projetos de pesquisa BIM, desenvolver parcerias com fornecedores do mercado e outros. Tratando da introdução de BIM em escolas de Engenharia e de Arquitetura, tal autora complementa que a etapa de levantamento de quantidades deveria ser realizada ainda nas disciplinas de ateliê de projeto, para permitir a estimativa de custos em etapas prévias do processo de projeto e auxiliar nas tomadas de decisão projetuais (BARISON, 2015, p. 200).

Segundo Pickas, Sacks e Hazzan (2013), a introdução de BIM no currículo deve ser contínua, e deve preparar os alunos gradualmente durante o curso. Os conhecimentos de ferramentas e conceitos BIM devem ocorrer antes dos alunos entrarem nos projetos finais de curso. Verificou-se também que BIM facilita o entendimento e aprendizado dos tópicos de engenharia pelos alunos, mas para isso, os professores e instrutores devem estar bem preparados para atuação em sala de aula usando BIM, e os computadores devem ser adequados para dar suporte à aplicação. O uso de projeto real na aplicação em sala de aula também foi mencionado como um ponto positivo, que motivou os alunos no entendimento e uso de BIM.

Checucci (2014) também descreve a necessidade de formar os docentes para trabalhar com BIM nas disciplinas dos currículos dos cursos de Engenharia Civil. Para esta autora a formação do aluno em BIM será mais sólida se o processo de ensino-aprendizagem ocorrer durante toda a formação do estudante, iniciando pelas disciplinas do núcleo básico no início do curso. Para as disciplinas da área de Expressão Gráfica, a autora afirma que são disciplinas geralmente introdutórias para o curso de Engenharia Civil e, por isso, será o início dos estudos envolvendo BIM, devendo nas disciplinas seguintes ampliar a discussão e desenvolvimento de habilidades sobre o tema.

Para Barison (2015), existem Níveis de Proficiência em BIM, ou NPBM, que devem ser analisados para o ensino de BIM das universidades, tais como: a) Nível Introdutório (Competências de Modelador BIM, ou seja, não precisa ter conhecimentos prévios do assunto), b) Nível Intermediário (Competência de Analista BIM, que já deve ter algum conhecimento na área) e c) Nível Avançado (Competência para Gerente BIM: tem conhecimento de ferramentas BIM, tecnologia da construção e experiência profissional). Com isso, é possível traçar estratégias de ensino que atendam as necessidades de cada fase de ensino na graduação, sendo o nível introdutório para os primeiros anos, e o nível avançado para os anos finais dos cursos de graduação ou para pós-graduação.

## MÉTODO

### Fundamentação Metodológica

Esta pesquisa utilizou uma abordagem quali-quantitativa baseada na pesquisa-ação, tendo por base dois casos de edificações de diferentes portes e usos, utilizados no processo de ensino-aprendizagem da disciplina Tecnologia das Edificações IV, em quatro turmas (duas por semestre) durante o estágio em docência de uma das autoras. A pesquisa-ação foi aplicada nessa disciplina do curso de Arquitetura e Urbanismo, durante dois semestres letivos como parte dos resultados de uma dissertação de mestrado (MATTANA, 2017). A pesquisa-ação utilizada é uma estratégia de pesquisa que envolve investigação empírica, baseada em experiências vividas, na qual o pesquisador desempenha “um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas” (THIOLLENT, 1986, p. 15). Desta forma, a pesquisa teve natureza aplicada dirigida à solução de problemas práticos através do uso de BIM para planejamento de edificações.

O Quadro 2 apresenta o resumo das principais características da pesquisa.

<b>CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA</b>			
<b>Natureza</b>	<b>Tratamento dos dados</b>	<b>Abrangência</b>	<b>Procedimento</b>
Aplicada	Qualitativo / Quantitativo	Estudo Exploratório	Estudo de caso

**Quadro 2:** Classificação da Pesquisa

**Fonte:** Das autoras

### Contextualização da disciplina

A disciplina Tecnologia das Edificações IV selecionada para este estudo é obrigatória para a sexta fase do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, e possui carga horária de 60 horas/aula. Tem como objetivo principal desenvolver o planejamento da obra, onde a abordagem utilizada entende o Plano como uma previsão futura que contempla desde a concepção da arquitetura e sua integração com todas as disciplinas de projeto e detalhamento técnico das soluções (ARQUITETURA E URBANISMO UFSC, 2017). Desta forma, após revisão dos projetos e memorial descritivo, elabora-se a previsão de custo e de tempo da edificação. Procede-se a discriminação e quantificações de materiais e serviços pelo uso de composições de custo com dados de consumo de materiais, equipamentos e produtividade.

O aluno deve compreender a construção de forma integrada, desenvolvendo planilhas orçamentárias onde se faz necessário o levantamento dos quantitativos e os custos unitários dos serviços. Estes dados preliminares são utilizados para definir o cronograma da obra, determinar o caminho crítico e sua duração pelo uso das redes *Program Evaluation and Review Technique e Critical Path Method*, mais conhecida como redes PERT/CPM. A disciplina é ofertada semestralmente, em caráter obrigatório, em duas turmas, período matutino e vespertino.

Antes do experimento descrito neste artigo, a disciplina utilizava projetos impressos, em “.pdf” ou “.dwg” (extensões para arquivos Adobe e Autocad) para a extração de quantidades tomadas como bases para a elaboração dos planos. O memorial da edificação era elaborado no MS WORD®, detalhado e analisado para comparar e descrever as lacunas de especificações do projeto. Os valores das quantidades eram transportados manualmente para planilhas orçamentárias de ferramentas como o MS EXCEL®, Pléo/Franarin®<sup>2</sup>, SOFTPLAN/SIENGE®<sup>3</sup>. Através da produtividade extraída das composições de custo, eram formuladas as precedências e confeccionadas as redes para o planejamento no software MS PROJECT®.

A seleção das estratégias empregadas no processo ensino-aprendizagem foi realizada a partir de uma ampla revisão bibliográfica. As bibliografias encontradas compreenderam dissertações, teses de doutorado e artigos científicos, datados de 1999 a 2016, além de outros materiais como Guias, Cadernos e Leis específicos do tema. As bases de dados utilizadas para a pesquisa foram: a) Portal Capes, b) Scopus, c) Springer, d) DSpace - MIT e outras bases de dados de universidades brasileiras e internacionais, nos temas: BIM, planejamento de obras e estratégias de ensino-aprendizagem. O resultado desta revisão encontra-se em Mattana (2017). O Quadro 3 apresenta uma síntese da etapa do método da pesquisa referente ao planejamento da disciplina onde foi aplicado o processo ensino-aprendizagem de forma a demonstrar as inovações introduzidas.

<sup>2</sup> Site da ferramenta PLÉO (Planilha Eletrônica de Orçamentos): <http://www.franarin.com.br/PLEO.aspx>

<sup>3</sup> Site da ferramenta SIENGE: <https://www.sienge.com.br/>

<b>Objetivo geral:</b> Desenvolver o projeto executivo com detalhamentos, quantificações de materiais e serviços, custos, discriminação de materiais e serviços e planejamento da obra. O planejamento, a programação e o controle de construção devem contemplar três aspectos: tempo, recursos e custos.		
<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM</b>	<b>COMO (ESTRATÉGIAS/ATIVIDADES)</b>	<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>
1 - Ao final da disciplina o aluno deverá ser capaz de compreender de forma integrada as relações entre os diversos sistemas que formam a edificação: estrutural, água fria, água quente, esgoto, pluvial, cobertura, revestimentos de forros, paredes e pisos, pinturas e serviços complementares.	Modelagem da edificação em software BIM, descrição de famílias e blocos dos componentes construtivos, emprego de ferramentas de detecção de conflitos. Aulas expositivas, prática nos software e confecção de vídeos.	a) Projeto executivo (informações detalhadas sobre a execução dos serviços com especificações de materiais e quantidades). b) Entrega do memorial executivo no formato MS WORD® detalhado e atualizado conforme o projeto.
2 - Ao final da disciplina o aluno deverá ser capaz de desenvolver planilhas de quantitativos e orçamentos, fluxograma de obra, determinação do caminho crítico, cronogramas físico-financeiro e análise de desembolso.	Modelagem da edificação e extração de quantidades através de software BIM ou Importação do modelo para software 5D (VICO OFFICE®) para extração de quantidades e confecção do orçamento. Abordagem integradora de todas as disciplinas do projeto. Uso de jogos e simulações para o planejamento da edificação.	Previsão do custo: a) Elaboração do orçamento com quantidades e composições de custos unitários dos serviços; b) Obtenção de previsão de tempos de mão de obra e equipes de trabalho; c) Entrega individual ou em dupla de um orçamento executivo da edificação, no formato “.xls” ou “.vico”.
3 - Ao final da disciplina o aluno deverá ser capaz de construir e calcular redes PERT/CPM e elaborar o planejamento e controle de uma obra.	Uso do software VICO OFFICE®. Confecção da rede pelo modelo BIM exportado para o software. Jogo Leapcom Game utilizado para simulação do andamento da obra e aplicação dos princípios da filosofia <i>Lean Construction</i> .	Planejamento do tempo (duração): a) Elaboração do Cronograma e Gráfico de Gantt; b) Programação da obra; c) Aplicação da filosofia <i>Lean Construction</i> para previsão de estoques e sequenciamento dos serviços; d) Entrega individual ou em dupla do planejamento e controle da edificação na ferramenta MS PROJECT® ou VICO OFFICE®.

**Quadro 3:** Síntese da etapa do método da pesquisa referente ao planejamento da disciplina

**Fonte:** Das autoras

## Etapas da aplicação

As inovações no processo ensino-aprendizagem foram realizadas compreendendo os seguintes passos: a) seleção dos casos (projeto Habitação de Interesse Social Caixa Econômica Federal e Projeto do Centro de Referência em Assistência Social do Governo do Estado de Santa Catarina) respectivamente de baixa e de média complexidade; b) seleção das ferramentas BIM a empregar para obtenção dos resultados; c) determinação das estratégias para o processo de ensino-aprendizagem (exposição verbal, vídeos, prática no uso das ferramentas para a modelagem das edificações, prática de orçamentação e extração das quantidades); d) aplicação de questionários para verificação do grau de familiaridade inicial e final dos alunos com as estratégias empregadas<sup>4</sup>; e) resolução de exercícios e f) trabalho final com solução geral do plano da edificação.

A estratégia de ensino (ou de ensino-aprendizagem) em sala de aula foi adotada em quatro turmas da disciplina Tecnologia das Edificações IV, nos semestres 2016/1 (2 turmas – 30 alunos) e 2017/1 (2 turmas – 32 alunos). A ementa da disciplina compreende o estudo de “materiais, equipamentos, técnicas construtivas em instalações e acabamentos, discriminações, quantificações, custos, orçamentos e cronograma de obras” (ARQUITETURA E URBANISMO - UFSC, 2017).

Foram utilizados dois casos para desenvolvimento em cada um desses semestres, sendo que no semestre 2016/1 o caso estudado foi uma edificação da Caixa Econômica Federal para habitação de interesse popular (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2007), e no semestre 2017/1 a edificação estudada foi o Centro de Referência para Assistência Social (CRAS), do Governo do Estado de Santa Catarina (SANTACATARINA, 2014) – projeto pioneiro no Estado pelo uso de Modelagem BIM em obras públicas.

As aulas teóricas foram expositivas com uso de recursos audiovisuais (vídeos confeccionados para modelagem do edifício), aulas práticas no laboratório e trabalhos práticos. Ferramentas BIM específicas foram utilizadas para o desenvolvimento das aulas práticas. A avaliação foi realizada com duas provas, um trabalho final e exercícios práticos sobre os conteúdos ministrados, que são valorados na nota final do aluno.

No semestre 2016/1, as turmas participantes desta pesquisa utilizaram o AUTODESK REVIT 2015<sup>®</sup> para modelagem 3D da edificação proposta pelo Caderno de Projeto Caixa e extração de quantidades do modelo 3D, para uma edificação residencial de 42m<sup>2</sup> (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2007). Nesta etapa, os alunos desenvolveram habilidades de NP BIM Introdutório (Barison, 2015). O orçamento desta edificação foi posteriormente realizado pelos alunos usando o software PLÉO/Franarin<sup>®</sup>. As quantidades dos insumos foram manualmente inseridas no software de orçamento após serem extraídas do AUTODESK REVIT 2015<sup>®</sup>.

No semestre 2017/1, optou-se pelo uso de um modelo BIM disponibilizado pelo Governo do Estado de Santa Catarina para estudo, que refere-se à edificação do CRAS. O modelo foi desenvolvido no GRAPHISOFT ARCHICAD 20<sup>®</sup> pelo Laboratório de BIM do Governo. Uma das turmas participantes utilizou um software BIM 5D chamado VICO OFFICE<sup>®</sup> para orçamentação completa da edificação do CRAS. A outra turma usou o GRAPHISOFT ARCHICAD 20<sup>®</sup> para levantamento de quantidades do projeto e posterior orçamentação usando o MS EXCEL<sup>®</sup>. Neste caso, as quantidades foram manualmente transferidas do software de autoria BIM para o MS EXCEL<sup>®</sup>. Os alunos, nesta etapa, desenvolveram habilidades de NP BIM Intermediário (Barison, 2015), através da modelagem dos custos da edificação. A Figura 1 apresenta as principais etapas desta pesquisa.

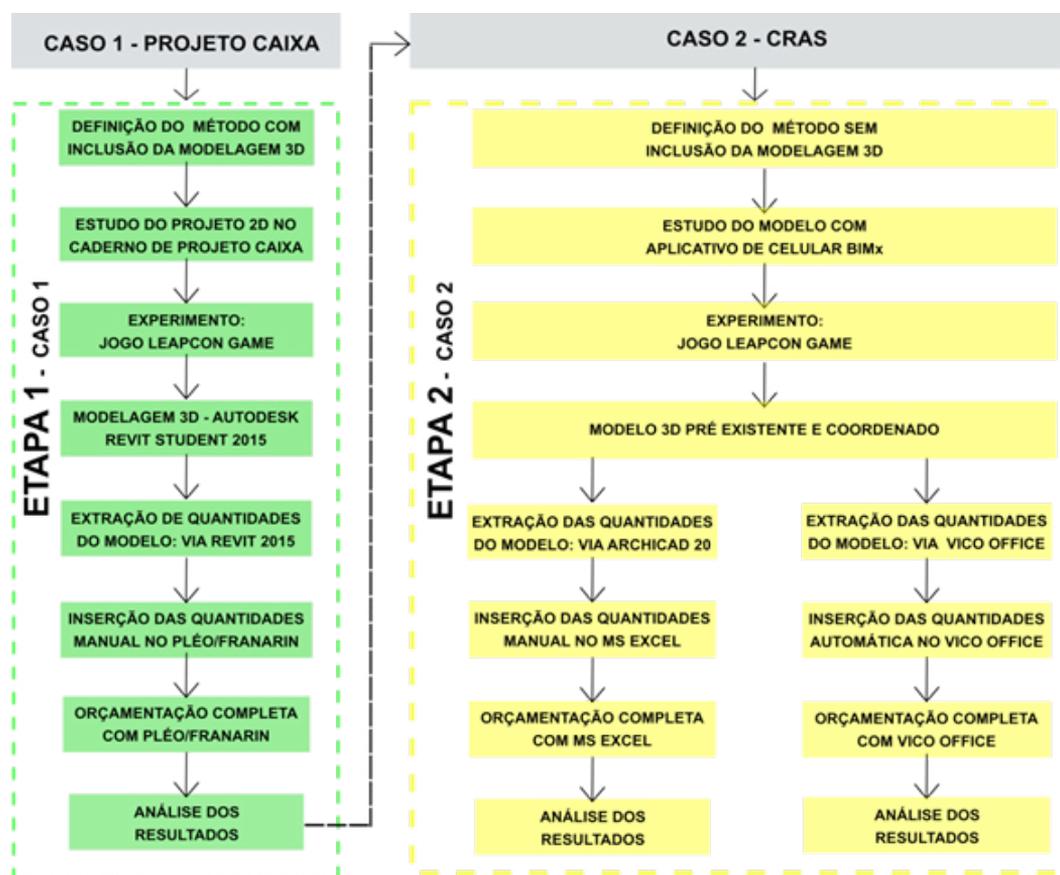


Figura 1: Etapas da pesquisa

Fonte: Das autoras

## Materiais

O estudo envolveu o uso de recursos bibliográficos e físicos tais como os projetos do Caderno de Projetos da Caixa (CAIXA ECONOMICA FEDERAL, 2007), os projetos do CRAS de autoria do Governo de Santa Catarina (SANTACATARINA, 2014), ferramentas de autoria BIM como o AUTODESK REVIT STUDENT 2015®, GRAPHISOFT ARCHICAD 20® versão estudante e VICO OFFICE 6.0®, o jogo Technion LEAPCON<sup>5</sup> Game (SACKS & GOLDIN, 2007), aplicativo BIMx® (GRAPHISOFT, 2017), computadores do Labmicro/UFSC e outros materiais, como o projetor e notebooks dos alunos, e outros software para orçamentação tais como o MS EXCEL® e o PLÊO/FRANARIN®. O Quadro 4 apresenta uma síntese das ferramentas utilizadas para esta pesquisa.

SOFTWARE	VERSÃO	FORNECEDOR	CLASSIFICAÇÃO BIM
REVIT 2015®	Student 2015	AUTODESK	BIM 3D
ARCHICAD 20®	Estudante – versão 20	GRAPHISOFT	BIM 3D
PLÊO®	4.0	FRANARIN	Não é BIM
VICO OFFICE®	Licença Acadêmica – versão 6.0	TRIMBLE	BIM 5D
MS EXCEL®	2010	MICROSOFT OFFICE	Não é BIM

Quadro 4: Ferramentas utilizadas

Fonte: Das autoras

5 LEAPCON significa *Lean Apartment Construction*

## PROCEDIMENTOS

### Aplicativo de celular “BIMx”

Uma das ferramentas utilizadas na disciplina foi o aplicativo de celular BIMx®, que permitiu a visualização interativa (via smartphone) dos modelos BIM da edificação do CRAS utilizado como caso para estudo. Neste aplicativo foram disponibilizados todos os modelos BIM do CRAS, como o arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e PCI (Preventivo Contra Incêndio), previamente modelados no GRAPHISOFT ARCHICAD 20® e enviados para o acervo do aplicativo BIMx®. Além disso, todos os projetos 2D do CRAS também foram disponibilizados neste acervo do aplicativo BIMx®, no formato “.pdf”. A Figura 2 mostra imagens do modelo 3D arquitetônico, estrutural, de projetos complementares e o PDF dentro do aplicativo BIMx.



**Figura 2:** Hiper-modelo CRAS  
- Governo do Estado de Santa  
Catarina

**Fonte:** GRAPHISOFT, 2017; Santa  
Catarina, 2014

### Technion Leapcon™ Management Simulation Game

Um jogo foi aplicado na disciplina para simular a construção de um edifício de 8 pavimentos, com 4 apartamentos por andar, e avaliar as relações entre *Lean Construction* e o processo BIM (Figura 3). Este jogo foi desenvolvido na Universidade de *Technion, Israel Institute of Technology*, pelo Assoc. Prof. Rafael Sacks, que enviou o jogo para a Universidade de Santa Catarina para aplicação em sala de aula (SACKS & GOLDIN, 2007). Maiores informações sobre o jogo podem ser encontradas no site do LEAPCON™ Game<sup>6</sup>. O objetivo deste jogo é finalizar a construção do edifício mencionado no menor tempo possível, atendendo ao limite máximo de tempo proposto para cada simulação. São atribuídos papéis para cada participante, que representam os gerentes de projetos, controlador de qualidade, grua ou elevador de carga, empreiteiros de diversas especialidades, supervisores, clientes, entre outros. O jogo ocorreu em duas etapas, que simulam o planejamento puxado (com adoção do modelo *Lean*) e o planejamento empurrado da obra (modelo tradicional de gestão).

<sup>6</sup> Site do LEAPCON Game: <http://sacks.net.technion.ac.il/research/lean-construction/technion-leapcon-management-simulation-game/>



**Figura 3:** Aplicação do LEAPCON Game na disciplina Tec IV/Arq/UFSC

**Fonte:** Acervo das autoras

Na primeira etapa, um plano de construção foi repassado aos 4 empreiteiros pelo gerente de projetos. A regra era que somente um empreiteiro poderia trabalhar no pavimento por vez, e o próximo empreiteiro deveria entrar somente quando o empreiteiro anterior finalizasse o trabalho. Esta restrição de trabalho exige que os empreiteiros programem a construção do edifício por andar, sequencialmente. Esta etapa teve duração de 11 minutos. Antes de iniciar a primeira etapa, os participantes treinaram a montagem dos apartamentos durante alguns minutos.

Após o primeiro minuto de jogo, começam a surgir alterações de projetos a cada 15 segundos, que foram repassadas à obra. Para os apartamentos que ainda não foram executados, foi fácil absorver as alterações do projeto. Para os apartamentos que já estavam em execução ou que já estavam prontos, o gestor de projetos organizou a logística e decidiu se os empreiteiros deveriam parar o serviço que estavam desenvolvendo em outros pavimentos para fazer as mudanças dos projetos recebidos. A empresa só recebe por pavimentos prontos, e o objetivo do proprietário é ganhar o máximo possível no tempo disponível. Após os 11 minutos o jogo é finalizado, prosseguiu-se com a verificação da qualidade dos apartamentos, e então o desempenho foi avaliado.

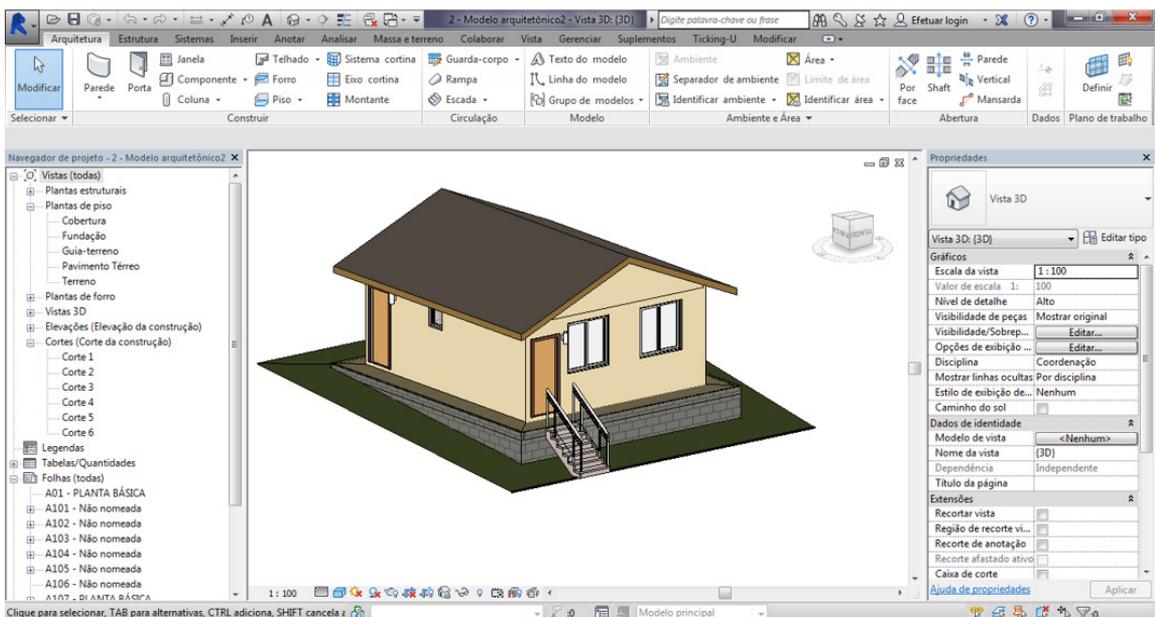
Na segunda etapa, o plano de construção foi alterado e a sequência de trabalho começou somente quando o projeto final do apartamento foi disponibilizado, após o primeiro minuto do jogo. Os empreiteiros puderam trabalhar simultaneamente no mesmo pavimento, e se transformaram em funcionários multitarefas com habilidade para completar um apartamento sem depender de outro empreiteiro. Após os 11 minutos da segunda etapa, o jogo foi finalizado. Nesta etapa, os apartamentos foram contabilizados, o gestor de qualidade realizou a verificação de cada apartamento e, por fim, o desempenho foi avaliado.

## Ferramentas de autoria BIM

Ferramentas BIM, como o AUTODESK REVIT 2015® e o GRAPHISOFT ARCHICAD 20®, foram utilizadas para extração de quantidades de modelos BIM, para posterior orçamentação utilizando software como MICROSOFT EXCEL® e PLÉO/FANARIN®. Esta é uma opção de uso de BIM em disciplinas de orçamentação, pois o software BIM pode ser utilizado para a etapa de extração de quantidades do projeto e, neste caso, as demais etapas do processo de orçamentação ocorrem de forma convencional, usando software como o MS EXCEL®, por exemplo, para planilha orçamentária e cálculo de composições de custo.

Conforme mencionado por Eastman et al. (2014) o uso de ferramentas BIM para extração de quantidades do projeto é uma das formas de uso de BIM para disciplinas de orçamentação. As quantidades podem ser exportadas para uma planilha do MS EXCEL®, por exemplo, para continuidade do trabalho de orçamentação. AUTODESK REVIT 2015® e GRAPHISOFT ARCHICAD 20® são exemplos de software BIM que permitem a exportação de dados em planilhas do formato “.xls”, que abrem no MS EXCEL®. Outra forma de atualização das quantidades extraídas de modelos BIM em outras ferramentas de orçamentação convencional é realizar manualmente, no caso de modelos de baixa complexidade.

Na disciplina TEC IV foram utilizadas duas ferramentas BIM, o AUTODESK REVIT 2015® e o GRAPHISOFT ARCHICAD 20®, em diferentes semestres. O primeiro, utilizado em 2016/1 para as duas turmas e o segundo no semestre 2017/1 para uma das turmas deste estudo. Para o primeiro software, o AUTODESK REVIT 2015®, uma edificação de baixa complexidade foi modelada em sala de aula pelas duas turmas (Figura 4) para posterior extração de quantidades do modelo (Figura 5) e atualização manual das quantidades no software PLÉO/FANARIN®, que é um software para orçamentação convencional, ou seja, não trabalha em BIM (MATTANA, 2017).



**Figura 4:** Modelagem de uma edificação de baixa complexidade usando AUTODESK REVIT 2015®

**Fonte:** Mattana, 2017

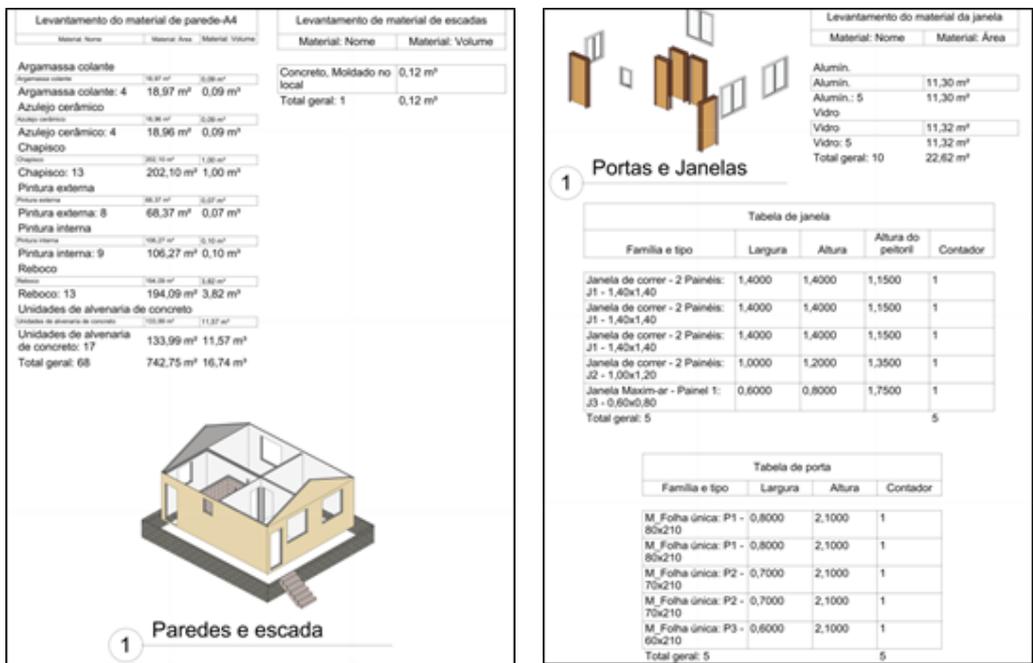
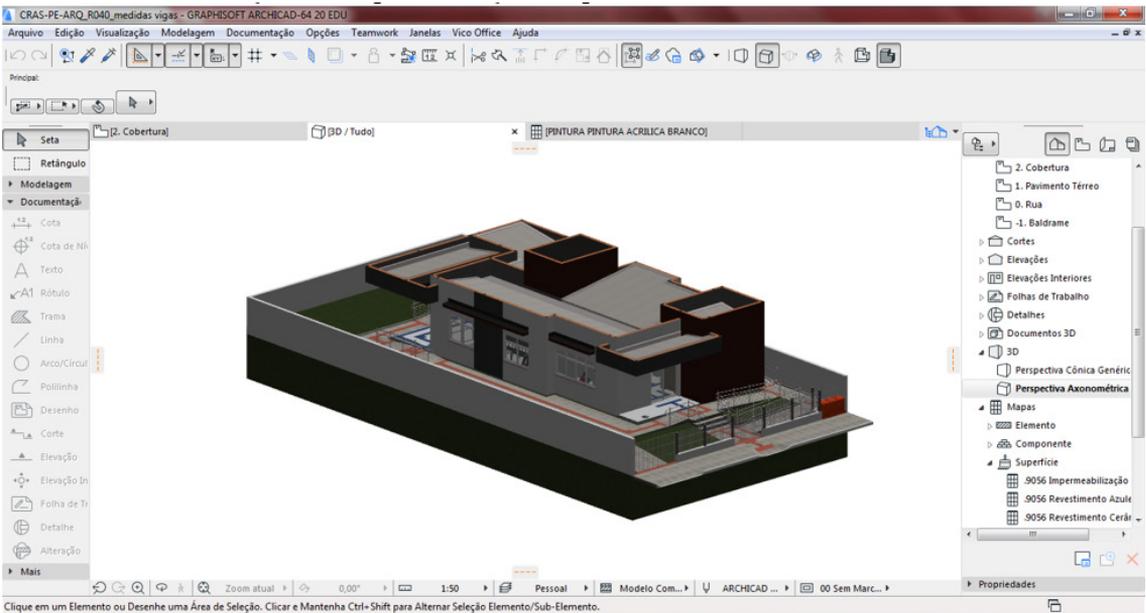


Figura 5: Tabelas de quantidades extraídas do modelo no software AUTODESK REVIT 2015®

Fonte: Das autoras

No semestre 2017/1 foi utilizado o software GRAPHISOFT ARCHICAD 20® versão estudante e o software VICO OFFICE® que será estudado na sequência, com o objetivo de extração de quantidades da edificação do CRAS – Figura 6.

Figura 6: Modelo de edificação usada para extração de quantidades via GRAPHISOFT ARCHICAD 20®



Neste caso, não houve modelagem em sala de aula, apenas a extração de quantidades que ocorreu de duas formas distintas: (1) A primeira turma de alunos extraíram as quantidades do modelo BIM através das tabelas, e estas foram atualizadas manualmente no MS EXCEL® para orçamentação convencional; e (2) no segundo caso, o modelo foi aberto pela outra turma com o VICO OFFICE® para orçamentação completa em BIM, que incluía a extração de quantidades, e será explicado no próximo tópico (MATTANA, 2017).

Os critérios de medição das composições unitárias escolhidas para orçamentação, segundo o banco de dados selecionado, devem ser respeitados na extração de quantidades dos modelos BIM. Tanto o GRAPHISOFT ARCHICAD 20® quanto o AUTODESK REVIT 2015® possuem ferramentas que permitem o uso de critérios: no GRAPHISOFT ARCHICAD 20® através das “Regras de cálculos” e no AUTODESK REVIT 2015® através dos parâmetros compartilhados. Isso significa que a quantidade extraída destas ferramentas BIM devem estar coerentes com todos os critérios de medição de serviço.

### Aplicativo BIM 5D

Um software BIM 5D, chamado VICO OFFICE®, foi utilizado para orçamentação completa de uma edificação utilizando BIM. Esta experiência compreendeu a execução do levantamento de quantidades, elaboração da discriminação orçamentária, integração das composições de custos na discriminação orçamentária, inserção das quantidades levantadas e dos preços. Como resultado obteve-se o orçamento executivo para a edificação do CRAS.

Isso foi possível porque o modelo BIM, desenvolvido no GRAPHISOFT ARCHICAD 20®, foi enviado diretamente para o software BIM 5D, possibilitando a integração do projeto/modelo BIM com o orçamento em BIM. Para Eastman et al. (2014), essa é uma das possibilidades de uso de BIM para orçamentação, na qual o modelo BIM é conectado diretamente no software de orçamentação BIM 5D via *plugin* instalado no software BIM GRAPHISOFT ARCHICAD 20®. O uso de uma ferramenta que permite a integração do modelo com o orçamento tem a grande vantagem de possibilitar a auditoria das quantidades extraídas que estão associadas ao modelo 3D, e de possibilitar a realização completa do orçamento dentro de uma mesma plataforma.

No software BIM 5D foram realizadas as seguintes atividades: a) levantamento de quantidades do modelo (Figura 7), b) elaboração da discriminação orçamentária, c) inserção de preços e d) cálculos para orçamentação. A geração dos arquivos com o orçamento completo também foi realizada dentro deste software de forma rápida, com uso de *templates* prontos elaborados e disponibilizados pelos fornecedores do software.

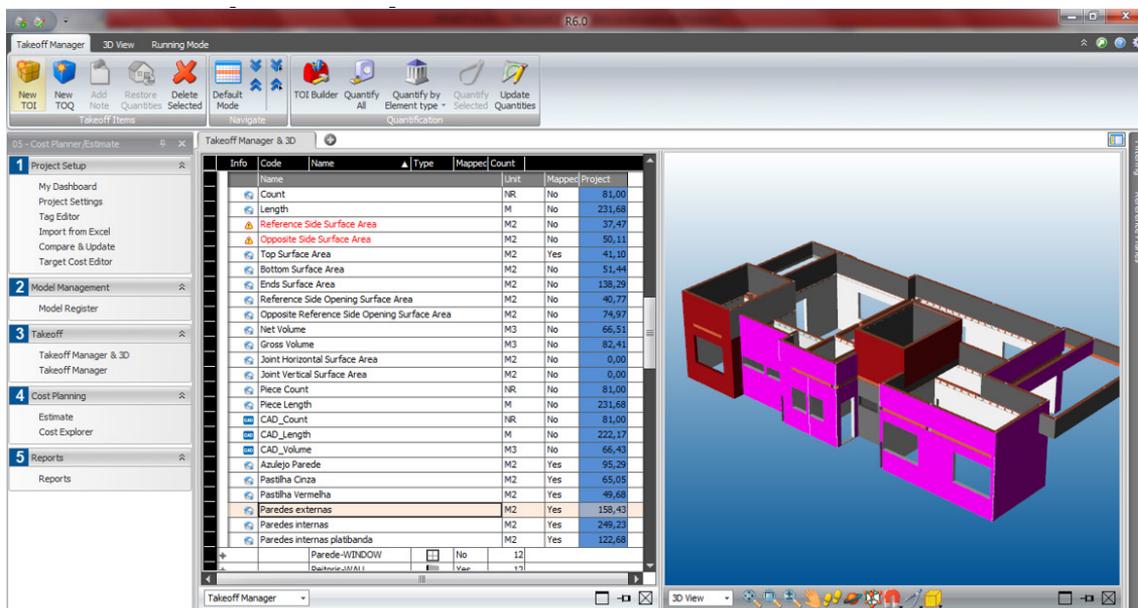


Figura 7: Extração de quantidades de paredes do CRAS utilizando software BIM 5D

Fonte: Mattana, 2017

O software BIM 5D utilizado permite a elaboração de fórmulas para obter os valores desejados, que devem estar de acordo com as proposições dos critérios de medição das composições escolhidas para uso. Deve-se atentar para os ajustes de unidades de medidas das quantidades extraídas do software, com as unidades das composições escolhidas para orçamentação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Aplicativo de celular “BIMx”

O uso deste aplicativo foi útil, pois todos os alunos conseguiram transferir os projetos e modelos BIM para seus celulares/smartphones e navegar no projeto desde o primeiro dia de aula, conhecendo o caso que seria estudado na disciplina. Foi possível a análise preliminar do projeto através do próprio modelo BIM escolhido para estudo através dos celulares dos alunos, facilitando o acesso à informação. Este aplicativo permite a execução de cortes sobre o 3D, os quais facilitam o entendimento de detalhes construtivos e foi utilizado via versão gratuita, com algumas restrições de funcionalidades, tais como o levantamento de medidas sobre o modelo 3D e o projeto 2D. Desta forma, esta estratégia facilitou bastante a compreensão da tecnologia construtiva associada a forma da edificação e locais de aplicação.

### Technion Leapcon™ Management Simulation Game

O jogo *Leapcon Game* foi utilizado neste estudo para introdução de conceitos BIM e *Lean Construction* em sala de aula e possibilidade de reflexões e debates sobre processos projetuais e construtivos após cada etapa do jogo. Os debates realizados seguiram às recomendações do Caderno do Jogo, que continha questionário para reflexão e debate do grupo após cada etapa. As sugestões para melhorias nas práticas adotadas em cada etapa eram feitas pelos alunos para uso nas próximas etapas da simulação. Essas percepções foram importantes para a compreensão sobre os trabalhos em equipe, colaborativos, com planejamento e organização das etapas. Com isso, os

alunos perceberam que o uso de BIM e princípios de *Lean Construction* podem trazer bons resultados para um empreendimento.

### Ferramentas de autoria BIM

Percebeu-se que em relação à extração de quantidades dos modelos BIM, a precisão da informação obtida depende diretamente da qualidade do modelo, do nível de detalhamento das informações e da checagem de conflitos, através da compatibilização de projetos. No caso da experiência que incluiu a modelagem da edificação do Projeto da Caixa, percebe-se que o Nível de Proficiência (introdutório, intermediário ou avançado) de cada aluno é um fator que influencia nos resultados do orçamento com base na extração de quantidades do modelo.

No caso da segunda experiência com a edificação do CRAS, que não incluiu a modelagem da edificação em ambiente acadêmico, a diferença das quantidades extraídas do modelo foi mínima e desprezível, uma vez que o modelo era o mesmo para todas as equipes. A importância do levantamento de quantidades está relacionada com o resultado do orçamento final, pois erros nestas quantidades acarretam erros ou equívocos no orçamento da edificação. A modelagem automatizou o cálculo das quantidades e, a visualização tridimensional facilitou a interpretação da medição, visto que nesta etapa do curso o acadêmico ainda possui dificuldade de entender o emprego dos materiais e técnicas construtivas nas edificações.

Outra constatação foi em relação às composições unitárias selecionadas para montagem da discriminação orçamentária, mais precisamente em relação aos critérios de medição de cada uma destas composições. Os valores das quantidades obtidos pelas ferramentas BIM devem estar de acordo com os critérios de medição das composições unitárias adotadas no orçamento, ou seja, é necessária experiência e atenção do orçamentista para adotar valores coerentes entre as quantidades obtidas das ferramentas BIM e os critérios de medição adotados.

De um modo geral, a familiaridade com uso do processo BIM era mínima no início do experimento (nível introdutório de proficiência em BIM), havendo a interpretação de que a modelagem do projeto arquitetônico por si só já configurava uma aplicação BIM, sem considerar o processo como um todo: inicia pela modelagem 3D e este mesmo modelo segue para o ciclo de vida da edificação. Tal percepção se alterou ao final do curso<sup>7</sup>.

### Aplicativo BIM 5D

A percepção dos professores sobre as duas experiências resulta na importância da qualidade da modelagem 3D para a garantia do sucesso das etapas sequenciais do ciclo de vida da edificação, como por exemplo, na etapa do orçamento BIM através de um aplicativo BIM 5D. Um modelo com qualidade e informações consistentes, e que passou pelo processo de auditoria e checagem de conflitos (usando software BIM específicos para isso, como por exemplo, o TEKLA BIM SIGHT®), poderá trazer benefícios para todos os envolvidos nas etapas posteriores à modelagem. Portanto, a checagem de conflitos é essencial e deve ser realizada antes do modelo seguir para outras análises, como o planejamento e o orçamento da obra, as análises energéticas e sustentáveis da edificação e a modelagem da manutenção e operação da edificação, por exemplo.

Uma das vantagens do uso da ferramenta BIM 5D VICO OFFICE® foi a possibilidade de auditoria das quantidades extraídas por este software, uma vez que estas estavam diretamente interligadas ao modelo BIM com possibilidade de auditoria no próprio modelo através da abertura da vista 3D (Figura 7). Outra facilidade desta ferramenta foi a criação de fórmulas internas, dentro desta mesma plataforma, que permitiram o cálculo de algumas quantidades com ajustes de unidades de medida conforme a composição adotada (a exemplo dos rufos, no qual a quantidade extraída

7

Informações sobre a pesquisa realizada com os alunos podem ser encontradas na dissertação de Mattana (2017)

do modelo era em m<sup>2</sup> e a composição era em metros) e elaboração de novas quantidades específicas a partir de valores levantados do modelo (por exemplo no caso de revestimentos de parede com pastilhas cerâmicas). A geração dos relatórios finais também foi simplificada, pois o software disponibiliza vários *templates* prontos para geração de documentação, e permite a exportação em várias extensões, como o “.vico”, “.pdf” e “.xls”. Além disso, a atualização das quantidades dentro desta ferramenta é automaticamente atualizada nos relatórios finais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa é resultado da integração entre o ensino da graduação em Arquitetura e Urbanismo e a pesquisa, através do curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Santa Catarina, através da experiência do estágio em docência. A disciplina foi conduzida como um experimento integrante de dissertação de mestrado. Conclui-se que o ensino de Arquitetura e Urbanismo pode incluir ferramentas BIM em seu currículo, preferencialmente em etapas preliminares às disciplinas de gestão, ou seja, em ateliê de projeto ou em outras disciplinas dos primeiros anos do curso. A preparação do aluno/professor e familiarização com BIM é essencial para otimizar a aplicação da fase de orçamentação ou planejamento de obras (no mínimo conhecimento no nível de proficiência intermediário, proposta por Barison, 2015).

O uso de uma ferramenta que permite a integração do modelo completo da edificação com o orçamento tem a grande vantagem de possibilitar a auditoria das quantidades extraídas que estão associadas ao modelo 3D, e de possibilitar a realização completa do orçamento dentro de uma mesma plataforma. Outra constatação é que a qualidade da modelagem é de grande importância para a sequência do processo usando BIM. Com um modelo sem qualidade, os resultados da etapa de orçamentação podem ficar comprometidos. Além disso, a adoção de BIM nas universidades possibilita a capacitação destes alunos para futura atuação no mercado de trabalho.

A precisão das quantidades geradas por ferramentas BIM está relacionada com o resultado do orçamento final, e depende das atividades que antecedem à orçamentação, tais como: (1) a qualidade do modelo, (2) o nível de detalhamento das informações do modelo, (3) a forma como o modelo foi desenvolvido, (4) a experiência do orçamentista e (5) a facilidade ou dificuldade de auditoria da quantidade obtida no modelo (MATTANA, 2017).

Nem todas as quantidades foram extraídas do modelo BIM<sup>8</sup>, e isso deve-se à falta de informação ou omissão de determinados elementos na modelagem, como as armaduras, o canteiro de obras e itens da movimentação de terra, quantidades essas ligeiramente associadas ao nível de detalhamento desse modelo; e à dificuldade de apresentar esses elementos na modelagem, como os serviços iniciais de topografia, sondagem, projetos, e administração da obra. Para Mattana (2017), aproximadamente 50% das quantidades discriminadas nas estruturas analíticas de projetos (EAP) para os orçamentos realizados foram levantadas com o auxílio dos modelos BIM, e as demais foram calculadas manualmente ou utilizaram o modelo parcialmente como base para medição e cálculo manual das quantidades.

A universidade tem um papel de grande importância para o aprendizado de BIM visando futura inserção desses alunos como profissionais no mercado de trabalho. A introdução de BIM em sala de aula pode contribuir para ensinar ao aluno a importância da compatibilização de projetos das diferentes disciplinas, através da visualização tridimensional das interferências existentes e, a importância de evitar outros problemas projetuais, como os relacionados à qualidade do modelo, nível de detalhamento, forma de modelagem da informação e orçamentação através de ferramentas BIM. No entendimento destas autoras, apesar dos grandes desafios impostos devido à introdução do processo BIM nas academias e no mercado de trabalho

8 Informações sobre a pesquisa realizada com os alunos podem ser encontradas na dissertação de Mattana (2017)

(atualização docente, mudança de paradigmas associados à métodos de orçamentação, projeto colaborativo entre disciplinas...), este concretiza-se como um cenário em expansão, fazendo-se necessária a inserção destes processos no ensino brasileiro. Sobretudo, resta a compreensão de que os problemas usuais da construção continuam os mesmos, mas a tecnologia vem associada a uma promessa de agilidade e integração, ainda difíceis de perceber em aplicações práticas. O objetivo deste artigo é de apresentar ferramentas e estratégias utilizadas em sala de aula e os resultados do processo de ensino-aprendizagem serão objeto de trabalho futuro.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao LaBIM, Laboratório de BIM do Governo do Estado de Santa Catarina, pelo apoio durante a implementação das estratégias de ensino em sala de aula, e pela disponibilidade do modelo BIM. As autoras também agradecem ao Professor Associado da *Technion University*, Rafael Sacks, por fornecer o jogo LEAPCON™ Game utilizado em sala de aula. Além disso, as autoras agradecem a todos os alunos participantes deste projeto, por aceitarem participar deste desafio! Por fim, uma das autoras agradece à CAPES pela bolsa de mestrado.

## REFERÊNCIAS

- ARQUITETURA E URBANISMO - UFSC. **Disciplinas do curso**. 2017. Disponível em: <<http://www.arq.ufsc.br/gradDisciplinas.php>>.
- ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean Construction - Filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado). Porto, 2008.
- AVILA, Antonio Victorino; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras - Construção civil**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina: 67 p. 2003.
- BAPTISTA, A. R. R. T. G. **Utilização de ferramentas BIM no planejamento de trabalhos de construção - estudo de caso**. 2015. 83p. (Dissertação de mestrado). Faculdade de engenharia - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.
- BARISON, M. B. **Introdução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) no currículo - uma contribuição para a formação do projetista**. 2015. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAMPESTRINI, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Camara; MENDES JUNIOR, Ricardo; SCHEER, Sérgio; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM**. Curitiba: 2015.
- CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Cadernos Caixa - Projeto Padrão casas populares 42 m²**. Vitória, 2007. Disponível em: <<https://abenc-ba.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Modelo-Padr%C3%A3o-de-Casa.pdf>>.
- CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUCAO. **Implantação do BIM para construtoras e incorporadoras - Parte 1 - Fundamentos BIM (Building Information Modeling)**. Brasília: 120p. p. 2016.
- CHECCUCCI, Érica. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto**. 2014. 235 (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- CELANI, G.; MONTEIRO, A. M. G.; FRANCO, J. M. S.; CALIXTO, V. Integração de tecnologias CAD/CAE/CAM no ateliê de arquitetura: Uma aplicação no projeto de edifícios altos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos. v.12 n.1 p29-52 Jan/Abr 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i1.99222>
- DINIZ, M. D. C. M. **Modelagem da informação da construção estudo de caso - Inspeção da receita federal em Jaguarão/RS**. 2013. 262 (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; SACKS Rafael; LISTON; Kathleen. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 ISBN 978-85-8260-117-4.

- FENATO, T. M. **Método de modelagem BIM, com o emprego do REVIT®, para a extração de quantitativos para orçamentos com abordagem operacional.** 2017. (Dissertação). Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. Londrina, 2017.
- FERNANDES, C. A. P. **Interoperabilidade em sistemas de informação.** 2014. 130p. (Mestrado). Universidade do Minho, Azurém, Portugal.
- GARCIA, D. D. S. **Arquitetura performativa: a utilização do Dprofiler para elaboração da forma arquitetônica.** 2014. 240p. (Mestrado). Arquitetura e Urb., Universidade de Brasília, Brasília.
- GRAPHISOFT. BIMx. 2017. Disponível em: <<http://bimx.archicad.com/en/#compare-apps>> Acesso em 28/05/2017
- JUNIOR, Ricardo Mendes; CLETO, Marcelo Gechee; GARRIDO, Marlon Camara. Levantamento de estudos das interações entre Building Information Modeling (BIM) e Construção Enxuta. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2014.
- KAMARDEEN, I. **8D BIM Modelling tool for accident prevention through design.** Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference, 2010.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, CA: EUA, Center for Integrated Facility Engineering Stanford University (Technical Report No 72). 1992.
- LEE, A; WU, S; MARSHALLPONTING, A. J.; AOUAD, G.; COOPER, R.; TAH, J. H. M.; ABBOTT, C.; BARRETT, P. S. **nD Modelling Roadmap - A Vision for nD-Enabled Construction:** University of Salford 2005. Disponível em: <<http://nd-modelling.scpm.salford.ac.uk>>.
- MATTANA, L. **Contribuição para o ensino de orçamentação com uso de BIM no levantamento de quantitativos.** 2017. 279p. Dissertação (Mestrado). Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Pini, 2006.ISBN 85-7266-176-x.
- MELHADO, S.; PINTO, A. C. **Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos.** SIBRAGEC - ELAGEC 2015. São Carlos/SP: 511-518 p. 2015.
- NBIMS. National BIM Standard - United States. Washington, 2016. Disponível em: <<https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>>. Acesso em: 29-09-2017.
- OLIVEIRA, E. D.; SCHEER, S.; TAVARES, S. F. **Avaliação de impactos ambientais pré-operacionais em projetos de edificações e a modelagem da informação da construção.** TIC2015, 2015.
- PICKAS, E; SACKS, R.; HAZZAN, O. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. II: Procedures and Implementation Case Study. **Journal of Construction Engineering and Management.** 2013.v.139; issue 11.
- PINTO, A. C. B. C. **Propostas técnicas para obras de edificações: estudos de caso.** 2016. 124p. (Mestrado). Programa de pós graduação em engenharia civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SACKS, R., AND GOLDIN, M., (2007). 'Lean Management Model for Construction of High-rise Apartment Buildings', **ASCE Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 133 No. 5 pp. 374-384.
- SACKS, R.; PICKAS, E. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. **Journal of Construction Engineering and Management.** 2013.v.139; issue 11.
- SACKS, Rafael; KOSKELA, Lauri; DAVE, Bhargav A.; OWEN, Robert. Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management.** 2010
- SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) - Processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** 2015. 180 (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em engenharia de construção civil - PPGCEC, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SANTA CATARINA. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM.** Santa Catarina: Governo do Estado de Santa Catarina. 2014.
- SANTOS, A. D. P. L.; ANTUNES, C. E.; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre

o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamericn Journal of Industrial Engineering**, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

STANLEY, R.; THURNELL, D. The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zeland. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 14, p. 105-117, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2a edição. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1986.

WITICOVSKI, L. **Levantamento de quantitativos em projeto: uma análise comparativa do fluxo de informações entre as representações em 2D e o modelo de informações da construção (BIM)**. 2011. 200p. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WONG, K.-D.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. **Facilities**, v. 31, n. 3/4, p. 138-157, 2013.

**Leticia Mattana**  
leticia.mattana@ufsc.br

**Lisiane Ilha Librelotto**