



O ENSINO INTEGRADO E SIMULTÂNEO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E ESTRUTURA

MENEZES, Alexandre Monteiro de (1); VIANA, Maria de Lourdes Silva (2); PEREIRA JUNIOR, Mário Lúcio (3); PALHARES, Sérgio Ricardo (4)

(1) Universidade FUMEC, e-mail: amenezes@fumec.br; (2) Universidade FUMEC, e-mail: malu@fumec.br; (3) Universidade FUMEC, e-mail: mariopereira@fumec.br; Universidade FUMEC, e-mail: palhares@fumec.br

RESUMO

Esta pesquisa investigou o ensino de projeto de edificações nas escolas de arquitetura e engenharia civil em Belo Horizonte por meio de análise dos projetos pedagógicos e das matrizes curriculares. Buscou identificar experiências de ensino integrado e simultâneo de projeto de arquitetura e projeto de estruturas. Procurou verificar a adequação da formação acadêmica à prática profissional, no mercado da construção civil. Tal adequação baseou-se em estudos que apontam problemas no tradicional processo linear e tutorial de ensino e de prática de projeto de edificação, que são geralmente decorrentes de falhas na comunicação gráfica entre profissionais parceiros. O sistema BIM (*Building Information Modeling*) parece possibilitar o trabalho simultâneo de troca de informações entre profissionais parceiros no ensino e na prática de projeto de edificações. Há evidências que o uso do BIM permite a simulação de etapas da construção, antevendo as interferências entre projetos, antes da sua execução. Este artigo traz alguns resultados da investigação sobre o ensino integrado e simultâneo de arquitetura e estrutura, na prática de projetos de edificações, com o uso da tecnologia BIM, nas escolas de arquitetura e engenharia civil em Belo Horizonte. A hipótese é de que há uma inadequação entre a linearidade dos processos no ensino corrente e as demandas por maior integração e simultaneidade de projetos na prática profissional. A confirmação desta hipótese poderá subsidiar desdobramentos para futuras pesquisas, testando mudanças metodológicas de ensino de projeto de edificações. Esta pesquisa busca analisar a adequação (ou não) do sistema BIM ao ensino de projeto de edificações.

Palavras-chave: Tecnologia BIM; Ensino de Projeto; Arquitetura e Estrutura.

ABSTRACT

This research investigated the teaching of building design in architecture and civil engineering schools in Belo Horizonte through an analysis of pedagogical projects and course syllabi. It sought to identify experiences of integrated and simultaneous teaching of architectural and structural design, and moreover verify the adequacy of academic training to professional practice in the construction market. This adequacy was based on studies that pointed to problems in the traditional linear process and tutorial of teaching and practice of building design, which are usually due to failures in graphic communication between professional partners. The BIM (Building Information Modeling) system seems to allow the simultaneous exchange of relevant data and information between professional partners in the teaching and practice environments of building

design. There is evidence that the use of BIM allows the simulation of construction stages, anticipating the identification of interferences between projects, before their execution. This article brings some results of the research on the integrated and simultaneous teaching of architecture and structures in the practice of building projects, using BIM technology, in architecture and civil engineering schools in Belo Horizonte. The hypothesis is that there is an inadequacy between the linearity of processes in current teaching on one side and the demands for greater integration and simultaneity of projects in professional practice on another. The confirmation of this hypothesis may promote and support further unfolding and extensions for future research, thus testing methodological changes in the teaching of building design. This research seeks to analyze the adequacy (or not) of the BIM system to the teaching of building projects.

Keywords: BIM technology; Project Teaching; Architecture and Structure.

1. INTRODUÇÃO

Nos modelos profissionais de produção baseados em divisão de tarefas, os trabalhadores especializavam-se nas suas respectivas áreas de atuação, sem se preocuparem com as outras, ainda que a elas vinculadas. Desta forma, não havia pensamento de integração do conhecimento, tampouco da realização da tarefa em conjunto (BITTENCOURT, 2003). Entretanto, o desenvolvimento tecnológico e a globalização vieram reforçar a competição no mercado de trabalho, impondo a demanda por maior rapidez no processo de produção.

Em decorrência disto, as empresas começaram a investir no trabalho em equipe, deixando de lado a hierarquização que antes tomava conta de suas estruturas (PEREIRA; FREIRE; SEIXAS, 2002). Desta forma, o mercado de trabalho passou a procurar profissionais com capacidade de integração, aptos ao trabalho em equipe, com conhecimento e visão sistêmica de todo o processo de produção e desenvolvimento do projeto (BITTENCOURT, 2003).

Tradicionalmente temos acompanhado um processo de construção civil no qual o modelo de planejamento se apresenta sequenciado e fragmentado em todas as suas etapas de produção. O projeto de arquitetura, via de regra, é concebido preliminarmente, atendendo a pressupostos conceituais, condicionantes técnicos e ambientais, parâmetros legais e, numa etapa posterior, e de maneira subordinada, são desenvolvidos e compatibilizados os projetos complementares de engenharia, como estrutura, entre outros. Decisões técnicas tomadas isoladamente, posteriores às decisões arquitetônicas, podem gerar incongruências e incompatibilidades de informações, trazendo sérios prejuízos para o resultado das obras como retrabalho, desperdícios, atrasos, alto custo de produção e baixa qualidade (OKAMOTO, 2006).

Várias pesquisas têm sinalizado para estes problemas, reflexos deste processo linear de concepção e desenvolvimento de projetos, que induz a falhas na comunicação gráfica entre os profissionais parceiros (OKAMOTO, 2006; SANTOS, 2003; FABRÍCIO *et al.*, 1999; MENEZES *et al.*, 2008; MENEZES *et al.*, 2009), e decorre de uma metodologia de ensino e prática de projeto igualmente tutorial e linear. O entendimento deste processo é consagrado não somente na prática, mas também, em várias normas técnicas vigentes que consideram o projeto de arquitetura como o responsável pelas indicações a serem seguidas pelos projetos de estruturas e instalações (MELHADO, 1997).

A partir de todas as dificuldades e todos os problemas decorrentes deste modo de operar, onde a arquitetura resulta de um exercício conceutivo e os projetos complementares, como a estrutura, de um exercício verificativo, passou-se a pensar numa metodologia que integrasse todos os profissionais por meio de trabalho colaborativo e simultâneo, buscando ampliar a abrangência do binômio projeto-execução.

Surgem então, a partir da década de oitenta, os primeiros estudos sobre Engenharia Simultânea, inicialmente voltados à indústria e, posteriormente, adaptados ao setor de construção. De acordo com Okamoto (2006), inúmeras definições sobre o conceito de Engenharia Simultânea foram elaboradas por diversos autores que estudaram o assunto; porém, a melhor tradução de “*Concurrent Engineering*”, que é o termo original, seria Projeto Simultâneo.

Na medida em que o sistema BIM (*Building Information Modeling*) introduz uma nova maneira de inserção e manipulação das informações dos projetos parceiros, possibilitando inclusive um trabalho simultâneo de troca de informações entre profissionais, ele se apresenta como alternativa possível ao processo linear de projeto de edificações e sinaliza uma nova abordagem para o ensino e prática profissional.

A plataforma BIM vem sendo aplicada nas escolas de arquitetura e engenharia em nível mundial, mas pesquisas mostram que o Brasil ainda tem muito a avançar quando comparado ao quadro internacional (BARISON; SANTOS, 2011; RUSCHEL *et al.*; 2013; TAYLOR; LIU; HEIN, 2008). Acredita-se que a melhora deste quadro, no Brasil, depende de um maior empenho das escolas de arquitetura e engenharia em implementarem o sistema BIM no ensino, gerando experiências que possam ser compartilhadas (DELATORRE; MIOTTO; PEREIRA, 2015). Em função da percepção da importância do ensino de BIM nas universidades, é interessante buscar alternativas de inclusão nos currículos dos cursos de graduação (BARISON; SANTOS, 2015).

Há indícios de que o ensino dessa nova ferramenta está numa fase de teste e experimentação e, portanto, não possui nenhuma metodologia eficientemente comprovada, uma vez que parece que nenhum ciclo de ensino chegou a ser concluído. Sendo assim, muitas instituições enfrentam inúmeros obstáculos para a implantação da plataforma.

Este artigo traz alguns resultados da investigação sobre o ensino integrado e simultâneo de arquitetura e estrutura na prática de projetos de edificações, com o uso da tecnologia BIM, nas escolas de arquitetura e engenharia civil em Belo Horizonte. A hipótese investigada é de que há uma inadequação entre a linearidade dos processos no ensino corrente e as demandas por maior integração e simultaneidade de projetos na prática profissional. A confirmação desta hipótese poderá subsidiar desdobramentos para futuras pesquisas, testando mudanças metodológicas de ensino de projeto de edificações, à luz das teorias contemporâneas. As mudanças metodológicas de projeto propostas pela tecnologia BIM parecem responder adequadamente aos pressupostos contemporâneos de aprendizagem aplicados ao ensino de projeto de edificações, particularmente arquitetura e estrutura. Esta pesquisa busca analisar a adequação (ou não) do sistema BIM ao ensino de projeto de edificações. Alguns resultados das entrevistas com professores e profissionais da área de

arquitetura e engenharia civil, em Belo Horizonte/MG são apresentados e os dados encontrados apontam várias adequações e algumas inadequações.

2. O BIM NO ENSINO E NA PRÁTICA DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES

444

O ensino de projeto de arquitetura e estrutura é um tema que se desdobra em diversas fundamentações teóricas. Alguns autores apontam que os atuais modelos de ensino nas universidades não preparam os profissionais da construção civil para tratar de forma global o projeto do edifício, acrescentando que arquitetos atuam de modo conceutivo e valorizam aspectos estéticos e culturais, em detrimento da técnica e tecnologia construtiva, enquanto engenheiros atuam de modo verificativo e aprofundam na tecnologia, com clara parcialidade para sua especialidade de projeto e com visão sistêmica do mesmo (FABRICIO, 2002; NEIMAN; BERMUDEZ, 1997 *apud* KOWALTOWSKI *et al.*, 2000; GEUS *et al.*, 2007).

Geus *et al.* (2007) defendem a ideia de que, no modelo de ensino atual, os arquitetos e engenheiros são formados para trabalhar com os aspectos práticos e técnicos dos projetos. Tanto no ensino de arquitetura, quanto de engenharia civil, a abrangência da formação abarca diferentes ramos de atuação profissional, podendo levar a uma indesejável segmentação dos conhecimentos. Fabricio (2002) afirma que a formação em projeto de arquitetura e engenharia civil, em nível de graduação, é pouco dedicada aos aspectos de gestão do processo de projeto e às interfaces entre o projeto, obra e uso do edifício. Os autores também afirmam que as disciplinas de projeto são pouco focadas em atividades multidisciplinares. Consideram que o projeto é um processo coletivo que exige uma coordenação do conjunto de atividades desenvolvidas.

Segundo Florio (2007), após algumas experiências didáticas, foi detectada a dificuldade de se expressar em duas dimensões, em decorrência do desconhecimento técnico-construtivo. Os alunos não desenhavam corretamente porque não entendiam a sequência de execução na construção. No processo BIM, a visualização espacial é completa e o processo construtivo é essencial para a modelagem, facilitando o entendimento e aprendizagem do aluno. Fabricio (2002) enfatiza o efeito do projeto simultâneo, quando mostra que a formação prática dos profissionais de arquitetura e engenharia deve privilegiar a capacidade de integração e tratamento sistêmico dos problemas colocados, afirmando que “as decisões de projeto devem ser tomadas de forma multidisciplinar”.

A aplicação do BIM no ensino de projeto também gera correntes de pensamento contrárias. De acordo com Renée Cheng (2006), citado por Florio (2007), na medida em que o BIM não questiona os problemas existentes no processo de projeto, mas dá solução, gera uma mudança metodológica que coloca em risco os alunos. Poderiam perder o pensamento crítico uma vez que tecnicamente os problemas de interferência são automaticamente solucionados. Em contrapartida, Paul Seletsky (2006), em crítica a Cheng, alerta que o BIM permite a análise crítica dos dados de projeto, melhorando as condições de avaliação do mesmo por parte dos alunos.

Diversos autores acreditam que o sistema BIM conduzirá a uma nova operação para o processo de projeto e as equipes de projetos terão que ter uma integração muito diferente

das atuais. Deste modo, torna-se necessário verificar a adequação, ou não, da tecnologia BIM às teorias contemporâneas de aprendizagem aplicadas ao ensino de projeto de edificações, por meio da interdisciplinaridade. Segundo Checcucci *et al.* (2011), das publicações feitas por pesquisadores sobre o BIM, 24% se encaixam em uma categoria definida por eles como “descrições e análises sobre experiências de ensino utilizando o BIM”. Os autores afirmam ainda que a tecnologia BIM está, aos poucos, fazendo parte da preocupação no ensino da engenharia e arquitetura, e que é pequena a difusão de material sobre o tema, que possa ser acessado livremente, trazendo, assim, dificuldades ao desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa. Entretanto indicam que a maior concentração de pesquisadores encontra-se nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo que a maior concentração de artigos publicados sobre o BIM está em São Paulo.

Diante da nova tecnologia BIM, as empresas da construção civil vão passar por uma reestruturação na qual será necessário um outro tipo de raciocínio do processo de projeto, impondo integração entre suas diversas etapas. A implantação do sistema BIM será de forma gradual, mas também levará os escritórios a uma alteração do método convencional de trabalho. O sistema BIM tem como princípio, “auxiliar no processo de criação e gerenciamento de informações relacionadas à construção, de modo integrado, reutilizável e automatizado, gerando um modelo digital do edifício ao invés de uma série de desenhos” (LEE *et al.*, 2006).

O sistema BIM permite aos responsáveis pela construção a simulação de etapas da construção, antevendo as interferências entre projetos. Desta maneira, todos os agentes participam desse processo, simultaneamente, apresentando uma alternativa para um processo linear. A pesquisa desenvolvida por Menezes *et al.* (2010), que estuda a tecnologia BIM, destaca a importância da troca de experiência e o confronto das opiniões diversas nas áreas de ensino de Arquitetura, Engenharia e Informática. De acordo com Lee *et al.* (2006), este sistema oferece recursos que favorecem a representação e a visualização e que permitem a modificação dos elementos de forma direta e intuitiva. Eles garantem a centralização da informação e possibilitam que as atualizações sejam facilmente registradas. As modificações em uma parte do projeto propagam automaticamente atualizações em outras.

As vantagens do sistema BIM estão relacionadas com a melhor coordenação dos elementos construtivos e suas interferências, com a redução das horas de serviço, com o crescimento na produtividade, com a melhoria da qualidade dos desenhos e detalhamentos e com o controle centralizado do conteúdo e das versões dos documentos de projetos. Segundo Azuma *et al.* (2007), o BIM é uma tecnologia que surgiu em função das preocupações com o tempo e custo gastos na modelagem das informações do edifício. Para Birx (2006), o BIM é uma evolução no processo de projeto, pois permite novas possibilidades de visualização e processamento da informação.

Nascimento e Santos (2003) e Bazjanac (2004), citados por Souza *et al.* (2010), afirmam que alguns fatores vêm dificultando a implantação efetiva da tecnologia BIM nos escritórios. Destacam investimento alto em novos equipamentos, arquivos extras e necessidade de treinamentos dos profissionais, suporte técnico, falta de tempo, resistência à mudança, longo processo de aprendizagem, deficiência dos *softwares* e indisponibilidade de uma

versão de *software* gratuita para teste. Já Faria (2007) diz que, apesar das vantagens advindas do uso, o BIM entrou com força no mercado brasileiro apenas no segmento de projetos de arquitetura, na etapa inicial da modelagem da edificação. Geus *et al.* (2007) dizem que a solidificação da engenharia simultânea na construção exige a formação prévia da equipe de colaboradores e uma comunicação constante durante todo o ciclo de vida do projeto, o que não acontece nos modelos educacionais na arquitetura e engenharia.

O uso das tecnologias de informação permite a substituição da engenharia sequencial pela engenharia simultânea, o que reduz as deficiências do processo tradicional sequencial, como a falta de integração na troca de informações e seus consequentes retrabalhos. A associação dos sistemas colaborativos de projetos com a tecnologia da informação fornece uma ferramenta para solucionar problemas do setor da construção civil, como a fragmentação, a falta de comunicação e coordenação do trabalho desenvolvido entre projetistas, fornecedores, colaboradores e clientes. Ferreira (2007) ainda enfatiza que o projeto, além de ser caracterizado como uma forma organizada de informações compartilhadas, está presente em todas as etapas de execução da obra.

O sistema de informações de construção BIM procura modelar todos os assuntos relativos à edificação e padronizá-los, compartilhando todas as informações entre os agentes de maneira interativa e colaborativa. Com os programas BIM, os projetos são elaborados já em três dimensões, exigindo um esforço de abstração dos projetistas, acostumados a trabalhar com desenhos em duas dimensões. No longo prazo, porém, um dos grandes problemas da coordenação de projetos, relativos às interferências entre os sistemas, tende a desaparecer.

Holland, citado por Barison e Santos (2011), afirma que as muitas companhias em todo o mundo que estão desenvolvendo projetos utilizando a tecnologia BIM procuram por profissionais que realmente possam trabalhar em projetos BIM; e, com o intuito de atender a essa demanda, várias matérias estão sendo implantadas pelas escolas para expor os alunos a essas novas ferramentas. No entanto, Barison e Santos (2011) ressaltam que, além de novas, essas experiências acadêmicas se baseiam em pedagogias que ainda não foram consolidadas.

Segundo Kymell, citado por Barison e Santos (2011), é possível que os cursos que planejam introduzir a tecnologia BIM em seu currículo enfrentem obstáculos como as circunstâncias do ambiente acadêmico, dificuldades no aprendizado e/ou na utilização de ferramentas BIM e a não compreensão dos conceitos BIM.

Para Barison e Santos (2011), a colaboração é um dos conceitos fundamentais introduzidos pela tecnologia BIM e a integração de diferentes disciplinas é necessária para seu uso e ensino. Entretanto, tradicionalmente, as instituições não têm interação entre seus departamentos, além do fato que nem todas as instituições possuem mais de um curso na área de Arquitetura, Engenharia e Construção.

Segundo Maines (2001), existe uma aversão à ideia do domínio do processo total, na medida em que no complexo mundo atual torna-se impensável o entendimento de um homem com saber integral. Porém, essa percepção não significa um saber completo, mas um domínio da ligação entre o conhecimento, sua aplicação e a interdependência do trabalho de um profissional com o de outras pessoas.

Segundo Lana e Andery (2001), o isolamento entre as disciplinas acadêmicas perpetua a cultura da linearidade entre os estudantes. Portanto, para que os futuros profissionais percebam e entendam a cadeia produtiva de um projeto, parece ser necessária uma inter-relação entre disciplinas. Para que a mudança ocorra no mercado de trabalho, é preciso que ela seja discutida e operacionalizada no meio acadêmico.

De acordo com Menezes (2012), pelo fato da plataforma BIM permitir que trabalhos complexos sejam projetados em menor tempo, muitas licitações públicas começam a exigir o desenvolvimento de projetos dentro desse modelo. Tudo indica que as empresas e escritórios nacionais que não iniciarem o processo de implantação do *software* na sua rotina de trabalho, poderão perder mercado para as empresas estrangeiras. Desta forma, torna-se premente que os cursos de arquitetura e engenharia iniciem a implantação da plataforma BIM no ensino, de modo a formar profissionais qualificados. Para Checcucci (2014), a implantação torna-se mais fácil em cursos mais recentes, com matrizes curriculares mais flexíveis, em contraposição aos cursos mais consolidados, que demandam intervenções mais significativas para inserção da plataforma BIM.

De acordo com Ruschel *et al.* (2013), a integração do aluno com os processos de projeto se dá de uma maneira mais profunda e fluida, sendo indiscutível o avanço na compreensão de todo o processo produtivo, fazendo-se necessário repensar a inter-relação entre as disciplinas.

Segundo Checcucci (2014), devido a sua complexidade, a inserção do BIM deve considerar as particularidades e objetivos de cada instituição, havendo assim diversas formas de inserir a plataforma na estrutura curricular dos cursos. Dessa forma, para Barison e Santos (2015), algumas universidades preferem traçar um plano de como o BIM pode ser adotado antes mesmo de ser implantado. Assim, várias estratégias e etapas vêm sendo tomadas como diretrizes para uma aplicação bem-sucedida dessa tecnologia, que vão desde sugestões de profissionais da indústria em relação ao tema até à análise de currículos de cursos das universidades para a implantação de BIM e definição do nível de proficiência BIM da disciplina.

Segundo Ruschel *et al.* (2013), alguns autores defendem que a adoção da plataforma BIM se dê de maneira gradativa e não imediata, passando por etapas e estágios de aprimoramento até alcançar um nível completo de implementação. Dessa forma, Barison e Santos (2011) colocam que há vários níveis de ensino de BIM: introdutório, intermediário e avançado. O introdutório foca na modelagem e no ensino das ferramentas do BIM, o intermediário objetiva as técnicas mais avançadas para a modelagem 3D e o nível avançado foca nos estudos de caso e na interoperabilidade.

Por fim, considerando o ensino do BIM voltado para a relação entre os estudantes, Barison e Santos (2010) sugerem que a implementação dessa tecnologia nas faculdades deveria seguir uma ordem, assim descrita: a) foco nas habilidades individuais para elaborar e analisar o modelo em um período inicial de dois anos em disciplinas de Representação Gráfica Digital; b) foco no trabalho em equipe e na colaboração para solução de problemas complexos, trabalho este desenvolvido em Ateliê de Projeto e Tecnologia de Construção; c) no último ano, buscar colaboração entre escola-empresa na produção de projetos reais, nas disciplinas da área de Gestão da Construção.

Importante também destacar uma resistência por parte daqueles que já iniciaram o processo de aprendizagem utilizando o sistema CAD (*Computer Aided Design*). Conforme Delatorre e Pereira (2014), aprender novos comandos e ferramentas, em novo *software*, pode ser visto como uma espécie de “retrabalho”, gerando certo desinteresse. Outra problemática notada, citada por alguns grupos de pesquisa como Delatorre, Miotto e Pereira (2015) e Menezes (2012), é o risco da redução da potencialidade do BIM a um simples modelador 3D, desconsiderando-se a integração multidisciplinar no processo de projeto.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi feito um levantamento bibliográfico com o objetivo de identificar artigos científicos, teses ou dissertações relacionadas ao ensino de projeto simultâneo no Brasil. Assim, esse estudo iniciou com a seleção e classificação dos textos conforme o grau de convergência com a discussão do ensino de projeto simultâneo no Brasil. Também foram selecionados artigos relacionados com a questão da linearidade na forma do ensino e da prática de projeto de edificações, a importância da plataforma BIM no processo de transição do projeto linear de projeto para o simultâneo, incluindo a inserção nos currículos dos cursos de arquitetura e engenharia, com foco nas dificuldades e facilidades no processo de implantação e adaptação.

Com o objetivo de investigar a hipótese apresentada, foram identificadas e selecionadas, a princípio, instituições que ministram os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil no estado de Minas Gerais. Para isto, o sistema referencial usado na coleta dos dados dos cursos foi o e-MEC. Conforme o *site* oficial:

O e-MEC é um sistema eletrônico de acompanhamento dos processos que regulam a educação superior no Brasil. Todos os pedidos de credenciamento e reconhecimentos de instituições de educação superior e de autorização, renovação e reconhecimento de cursos, além dos processos de aditamento, que são modificações de processos, serão feitos pelo e-MEC (MEC, 2015).

Assim, por meio do e-MEC, foram encontradas e selecionadas as instituições de Minas Gerais que possuem os cursos citados. Em seguida, procuraram-se suas respectivas grades curriculares nas páginas indicadas pelo sistema. Como algumas não continham as informações desejadas, foi necessário enviar *e-mails* para os coordenadores ou para as instituições – quando não havia informações sobre os responsáveis –, solicitando o acesso às matrizes.

A partir dos dados coletados, foram feitos gráficos mostrando a quantidade de cursos de Engenharia Civil (Figura 1) e de Arquitetura e Urbanismo (Figura 2) presentes no estado de Minas Gerias, assim como o número de matrizes curriculares, destes cursos estudados, que foram encontradas.

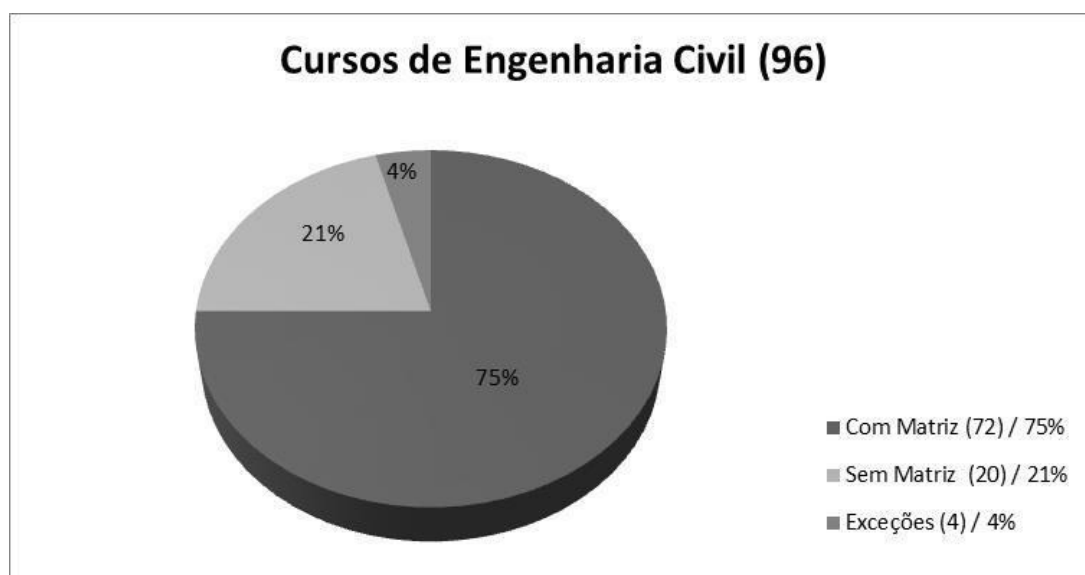
Os gráficos mostram que a maioria dos cursos estudados apresenta suas matrizes, sendo 75% dos cursos de Engenharia Civil e 66% dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Os resultados também indicam que 21% dos cursos de Engenharia Civil e 25% dos cursos de Arquitetura e Urbanismo não apresentam suas matrizes.

Aqueles casos considerados exceções correspondem às instituições encontradas no *site* do e-MEC que indicam que possuem os cursos, mas não foram encontradas informações

sobre esses cursos nos *sites* das instituições, sendo 4% no caso dos cursos de Engenharia Civil e 9% no caso dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Também foram consideradas exceções aquelas instituições que não tiveram seus endereços eletrônicos localizados ou estavam errados. A análise dos gráficos assegurou que a quantidade de matrizes encontradas foi suficiente para o desenvolvimento da pesquisa.

449

Figura 1 – Quantidade de cursos de Engenharia Civil em Minas Gerais



Fonte: Adaptado pelos autores.

Figura 2 – Quantidade de Cursos de Arquitetura e Urbanismo em Minas Gerais



Fonte: Adaptado pelos autores.

Em seguida, procuraram-se nas matrizes curriculares, por meio da análise dos títulos das disciplinas, aquelas que pudessem, a partir do projeto de arquitetura, ou projeto de estrutura, ou projeto de instalações, estarem vinculadas a experiências de projeto simultâneo.

A partir da seleção de algumas destas disciplinas, e com análise das matrizes curriculares, foram feitos contatos com os coordenadores dos cursos e solicitadas as respectivas ementas. A dificuldade de resposta conduziu a um ajuste metodológico, passando-se a adotar um questionário para coleta de dados, desta vez, direcionado às três Universidades de Belo Horizonte (Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Universidade FUMEC e Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas), e aplicado presencialmente junto aos coordenadores dos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil. Este novo foco priorizou as Universidades em relação aos Centros Universitários.

4. ANÁLISE DOS DADOS

As tabelas abaixo mostram a síntese dos resultados alcançados a partir do questionário presencial com os coordenadores dos cursos citados. A primeira tabela (Tabela 1) evidencia os resultados dos questionários aplicados aos coordenadores do Curso de Engenharia Civil e, a segunda tabela (Tabela 2), os resultados dos questionários aplicados aos coordenadores do Curso de Arquitetura e Urbanismo.

A seguir, são apresentados os resultados e análises dos questionários feitos aos coordenadores dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia Civil. O questionário foi aplicado aos coordenadores das universidades em Belo Horizonte que possuem cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, ou seja, FUMEC, PUC Minas e UFMG.

Tabela 1 – Questionário feito aos coordenadores dos cursos de Engenharia Civil

Perguntas		FUMEC		PUC		UFMG	
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
1. Existe alguma experiência atual de ensino de projeto simultâneo?	Arquitetura/Estrutura/Instalações		X		X		X
	Arquitetura/Estrutura		X		X		X
	Arquitetura/Instalações		X		X		X
	Estrutura/Instalações		X		X		X
	Outros		X		X		X
2. Existe INTENÇÃO de implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?		X		X		X	
3. Na sua opinião, é importante implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?		X		X		X	
4. Caso afirmativo, a iniciativa foi da instituição ou de professores?		Professor				Professor	
5. Caso afirmativo, gentileza detalhar o processo da implantação, dificuldades, resultados							

Fonte: Organizado pelos autores.

Tabela 2 – Questionário feito aos coordenadores dos cursos de Arquitetura e Urbanismo

Perguntas		FUMEC		PUC		UFMG	
		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
451	1. Existe alguma experiência atual de ensino de projeto simultâneo?		X	X			X
			X		X		X
			X		X		X
			X		X		X
		Outros		X		X	
	2. Existe INTENÇÃO de implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?	X		X		X	
	3. Na sua opinião, é importante implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?	X		X		X	
	4. Caso afirmativo, a iniciativa foi da instituição ou de professores?	Aluno		Professor		Professor	
	5. Caso afirmativo, gentileza detalhar o processo da implantação, dificuldades, resultados	Dificuldade de professor de projeto		Dificuldade de professor de projeto		Alto grau de dificuldade para operar o sistema	

Fonte: Organizado pelos autores.

As perguntas, feitas aos coordenadores dos cursos citados, foram:

1. Existe alguma iniciativa ATUAL de experiência de ensino de projeto simultâneo?
2. Existe INTENÇÃO de implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?
3. Em sua opinião, é importante implantar alguma experiência de ensino de projeto simultâneo?

Para a primeira pergunta, os resultados apresentados na tabela mostram que nenhum dos cursos estudados possui atualmente experiência de ensino em projeto simultâneo, excetuando a experiência do curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC Minas que, em seu Projeto Pedagógico, prevê – em algumas disciplinas de projeto – o ensino integrado de arquitetura, estruturas e instalações. As disciplinas previstas no Projeto Pedagógico são: projeto em alvenaria estrutural, projeto em estruturas em concreto armado, projeto de estruturas metálicas e de madeira, projeto de interiores e projeto executivo de edifícios.

Entretanto, segundo o coordenador do curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC Minas, não há uso sistemático de *softwares* específicos para auxílio à integração, como a tecnologia BIM. Além disso, as disciplinas atendem apenas estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo, indicando que não há integração com disciplinas de outros cursos. Assim, o professor da disciplina deve ter formação e/ou experiência que abranja as áreas envolvidas. Isto indica que o aluno desenvolve a habilidade de trabalhar os três projetos de forma

simultânea (arquitetura, estrutura e instalações), entretanto, não desenvolve necessariamente a habilidade de trabalhar simultaneamente com diversos profissionais de áreas diferentes.

Para a segunda pergunta, os resultados indicam que todos os cursos possuem a intenção de implantar alguma experiência de ensino simultâneo, na medida em que reconhecem a sua importância. Entretanto, cumpre destacar que até o momento não existem ações efetivas para sua implementação.

Percebeu-se que, no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade FUMEC, existe iniciativa pontual de alguns alunos que usam algum *software* BIM (por exemplo, o Revit®), mas apenas como instrumento de representação do projeto de arquitetura e não como experiência de projeto integrado. Nos demais cursos, a intenção tem origem em iniciativas individuais por parte de alguns professores. A análise dos dados encontrados deixa evidente que não foram identificadas iniciativas, por parte da instituição, em nenhum dos cursos estudados.

Segundo a análise dos dados levantados, todos os coordenadores dos cursos destacaram a importância da implantação de alguma experiência de ensino de projeto simultâneo, como mostram algumas das falas extraídas das entrevistas: “é lógico que sim”, “certamente configura uma relevante oportunidade de aprendizado”, “as disciplinas de projeto – como ateliê integrado – seria o local indicado”, “sim, é um desejo”, “olhando para o futuro...”, “desejamos criar um grupo de estudos”, “experimentar no TCC”, “experimentar em uma disciplina optativa piloto”.

Uma dificuldade apontada nas respostas dos coordenadores é que, geralmente, os professores de projeto – que não trabalham profissionalmente de forma simultânea – tendem a não priorizar o ensino de projeto simultâneo, perpetuando uma prática tradicional. Este fato parece ser de extrema importância, apontando para a necessidade de mais pesquisas na área.

5. CONSIDERAÇÕES

A revisão da literatura evidenciou algumas adequações e inadequações do sistema BIM ao ensino de projeto de edificações. Alguns autores apontaram alguns hábitos na utilização do *software*, herdados de uma tecnologia anterior, que acabam trazendo uma utilização que não opera na lógica do sistema, caracterizando equívocos e subutilização do potencial oferecido. Estes hábitos apresentam-se como reflexo do ensino e da prática tradicionais, operando as etapas separadamente (2D e 3D), em contraposição a uma lógica do sistema que propõe informações simultâneas.

O sistema BIM se apresenta como alternativa, sinalizando uma nova abordagem para o ensino e prática profissionais na medida em que introduz uma nova maneira de manipulação das informações dos projetos parceiros, possibilitando trabalho simultâneo entre os profissionais envolvidos no processo de construção civil. O programa permite avaliação e tomadas de decisões em todas as etapas de concepção e desenvolvimento do projeto, revelando coerência com um pressuposto do ensino que preconiza práticas de projeto simultâneas. Além disto, ao evidenciar a necessidade de entender tanto projeto de

arquitetura, quanto complementares, inclusive estrutura, etapas simultâneas, reforça o caráter conceutivo e não verificativo de cada uma destas disciplinas.

Desde as primeiras tomadas de decisão, na fase de projeto, o sistema BIM possibilita integração interdisciplinar, em que todos os agentes tomam decisões compartilhadas simultaneamente, aproximando o pensamento da realidade construtiva. Revela, neste sentido, adequação ao processo de ensino e treinamento profissional na medida em que promove e estimula um diálogo entre o estagiário/aluno e o arquiteto/profissional, e fortalece a postura crítica do aluno. Este entendimento é compartilhado por Florio (2007), quando afirma que a aplicação do BIM dentro das Faculdades de Arquitetura e Engenharia permite detalhar e visualizar a integração entre os elementos construtivos e as suas relações espaciais, analisar a sequência de atividades necessárias para a construção do edifício, compreender a importância de um projeto colaborativo, envolver-se mais com a tectônica a partir da melhor comunicação das intenções projetuais em três dimensões e entender melhor a sequência das operações que são realizadas pelos diversos profissionais no canteiro de obras.

O presente trabalho também possibilitou, a partir do embasamento teórico, análise de como as universidades de Belo Horizonte abordam o ensino do projeto simultâneo nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. Investigou o ensino de projeto de edificações nesses cursos de graduação por meio de análise das matrizes curriculares. Identificou uma inadequação da formação acadêmica com relação às novas exigências da prática profissional, no mercado da construção de edifícios, relativas ao trabalho colaborativo, interdisciplinar e simultâneo.

Torna-se importante o incentivo, por parte das instituições, à interdisciplinaridade e ao trabalho colaborativo e simultâneo, tanto dentro do mesmo curso como também entre os cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil, tornando a formação profissional mais abrangente e alinhada com as novas habilidades exigidas pelo mercado de trabalho atual e futuro. Assim, a hipótese inicial da pesquisa de que o projeto simultâneo ainda não é abordado em Belo Horizonte, ou que existe em uma quantidade mínima e pouco desenvolvida, sendo muitas vezes iniciativa isolada de apenas um professor e não da instituição, foi confirmada, apontando assim uma deficiência e defasagem do ensino superior na Construção Civil.

Mostrou-se consensual, entre os coordenadores dos cursos estudados em Belo Horizonte, que a implantação de alguma experiência de ensino de projeto simultâneo é importante para o processo de aprendizagem dos alunos, representando sempre uma intenção de implantação de alguma experiência de ensino integrado, sem a devida transformação, entretanto, em ações efetivas para sua implementação. Contudo, também é comum aos cursos estudados a falta de iniciativa das instituições e de alinhamento dos projetos pedagógicos nesse sentido. Uma dificuldade comum apontada refere-se ao ensino de projeto seguindo as práticas de projeto tradicionais e lineares. Essa prática é perpetuada pelos professores sem a devida atenção às novas demandas do mercado profissional, apontadas inclusive nos próprios eventos científicos da área, que reúnem também professores, caracterizando uma contradição. Ao mesmo tempo, os modelos de ensino e

aprendizagem em uso seguem reforçando a tradição disciplinar, desconsiderando muitas vezes as teorias contemporâneas de ensino e aprendizagem e seus intrínsecos conceitos como inter e transdisciplinaridade.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Universidade FUMEC e à FUNADESP pelo apoio financeiro e logístico.

REFERÊNCIAS

- AZUMA, F.; FREITAS, M.; MACHADO, C.; SCHEER, S.; SCHIMID, A. Inovação tecnológica: técnicas e ferramentas aplicadas ao projeto de edificações. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 7, n. 3. nov. 2007. Disponível em: <<https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/70/70>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Estratégias de ensino BIM: uma visão geral das abordagens atuais. In: International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, 2010, Nottingham. **Proceedings of the International Conference**. Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 577.
- BARISON, M. B., SANTOS, E. T. Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. In: V TIC, Salvador, 2011, Bahia, 10p. Disponível em: <http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/TIC2011a.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Percepções de professores quanto à introdução de BIM no currículo. **Anais do VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, Recife, 2015. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/percepes-de-professores-quanto-introduo-de-bim-no-curruculo-20560>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- BAZJANAC, V. **Virtual Building Environments (VBE)** - applying information modeling to buildings. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, 2004.
- BIRX, G. W. **Getting started with Building Information Modeling**. The American Institute of Architects – Best Practices, 2006. Disponível em: <http://www.aia.org/bestpratctices_index>. Acessado em: 25 mai. 2009.
- BITTENCOURT, R. M. A função do projeto nos cursos de engenharia: um discurso ou uma necessidade? **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT545.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- CHECCUCCI, E. S., PEREIRA, A. P. C., AMORIM, A. L. A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil. In: TIC 2011 - ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011. p. 1-20.
- CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; DE AMORIM, A. L.. Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Ensino da Arquitetura. **Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. Buenos Aires, 2014. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/modelagem-da-informao-da-construo-bim-no-ensino-de-arquitetura-14144>>. Acesso em: 21 jun. 2017.
- CHENG, R. Questioning the Role of BIM in Architectural education. **AEBytes Viewpoint #26**, July 6, 2006. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/index.php/tqs-news/consulta/58-artigos/737->

processos-de-projeto-sistemas-cad-e-modelagem-de-produto-para-edificacoes>. Acesso em: 21 jun. 2017.

DELATORRE, V.; PEREIRA, A. T. C. BIM no currículo de arquitetura: visões e reflexões para uma implementação. **Anais do XVIII Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**. Montevidéo, 2014. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/bim-no-curriculo-de-arquitetura-vises-e-reflexes-para-uma-implementao-14292>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

DELATORRE, V.; PEREIRA, A. T. C; MIOTTO, J. BIM: Relatos de aplicação no ensino de arquitetura. **Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital**. Florianópolis, 2015. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/bim-relatos-de-aplicao-no-ensino-de-arquitetura-22295>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

FABRICIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo do fluxo de projetos: cooperação seqüencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Escola Politécnica de Pernambuco; ANTAC, 1999.

FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FARIA, R. Construção Integrada. **REVISTA TÉCNICA**, São Paulo, ed. 127, p.46-51, out. 2007.

FERREIRA, S. L.. **Da Engenharia Simultânea ao Modelo de Informações de Construção (BIM):** contribuição das ferramentas ao processo de projeto produção e vice-versa. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-44.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

FLORIO, W. Contribuição do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2007. 10 p.

GEUS, L. M.; GRANDE, I. S.; GEUS, A. C. L.. Inovações na Construção Civil – Uso de Tecnologia da Informação no Desenvolvimento de Projetos. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 3., 2007, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2007. 9 p.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. *et al* . **O processo criativo: relacionando a teoria à prática no ensino do projeto arquitetônico**. Campinas: Universidade Estadual de Campina; Editora Faculdade de Engenharia Civil, 2000.

LANA, M. P. C. V.; ANDERY, P. R. P. Integração projeto-produção: um novo paradigma cultural. In: I Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Carlos, 2001. Disponível em: <http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/INTEGRAO_PROJETO-PRODUCAO_NOVO_PARADIGMA.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2017.

LEE, G. *et al*. Specifying parametric building project behavior (BOB) for a building information modeling system. **Automation in Construction**, n. 15, p.758-776, 2006.

MAINES, A. Interdisciplinaridade e o Ensino de Engenharia. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://198.136.59.239/~abengeorg/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/FCU010.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

MEC. e-MEC, O que é. Disponível em: <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 23 set. 2015.

MELHADO, S. B. O processo de projeto no contexto da busca de competitividade. In: Seminário Internacional - Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios, São Paulo, 1997. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1997.

MENEZES, A. M.; PALHARES, S. R.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; VIANA, M. L. S. Comunicação Gráfica entre profissionais parceiros no projeto de edifícios na era digital. In: COBENGE XXXVI congresso Brasileiro

de Educação em Engenharia, 2008, São Paulo. **Anais do XXXVI congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**. São Paulo, 2008.

MENEZES, A. M.; VIANA, M. L. S.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; PALHARES, S. R. Procedimentos para a qualidade na comunicação gráfica digital entre profissionais parceiros no projeto de edificações. In: VIII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - XIX Simpósio Nacional de Geometria descritiva e Desenho Técnico, 2009, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2009.

MENEZES, A. M.; VIANA, M. L. S.; PEREIRA JUNIOR, M. L.; PALHARES, S. R. A adequação (ou não) dos aplicativos BIM às teorias contemporâneas de ensino de projeto de edificações. In: XIV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de gráfica Digital - SIGRADI 2010, 2010, Bogotá. **Anais do SIGRADI 2010**. Bogotá: Ediciones Uniandes, 2010. p. 55-57.

MENEZES, G. L. B. B. BIM: um novo paradigma na academia e no mundo do trabalho. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, 2012. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3272/2186>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.

NEIMAN, B.; BERMUDEZ, J. Between digital and analog civilizations: the spatial manipulation media workshop. In: ACADIA 97: Representation and Design, Cincinnati, Ohio, 1997. **Proceedings...** Ohio, 1997. p. 131-138.

OKAMOTO, P. S. **Teoria e prática da coordenação de projetos de edificações residenciais na cidade de São Paulo**. 2006. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

SELETSKY, P. Questioning the Role of BIM in Architectural education: A Counter-Viewpoint. **AECbytes Viewpoint #27**, August 31, 2006.

PEREIRA, M. A. A.; FREIRE, J. E.; SEIXAS, J. A. Utilização da aprendizagem cooperativa no ensino de engenharia. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR111_0214.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2017.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, 2013.

SANTOS, L. A. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUZA, L.; AMORIM, S.; LYRIO, A. Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, 415, 2010. Disponível em: <www.arquitetura.eesc.usp.br/jornal/index.php/gestaodeprojetos/article/view/100/130>. Acesso em: 14 nov. 2010.

TAYLOR, J. M.; LIU, J.; HEIN, M. F. Integration of building information modeling into an ACCE accredited construction management curriculum. In: 44th associated school of construction annual international conference, 2008, Auburn. **Proceedings...** Auburn: ASC, 2008. Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2008/paper/CEUE246002008.pdf>>. Acesso em: fev. 2016.