

O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?

BIM teaching in Brazil: where are we?

Regina Coeli Ruschel
Max Lira Veras Xavier de Andrade
Marcelo de Moraes

Resumo

A modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling – BIM) envolve um conjunto interrelacionado de políticas, processos e tecnologias para gerenciar a essência do projeto, construção e operação de edifícios no formato digital em todo o ciclo de vida da edificação. Entender BIM apenas como tecnologia é uma distorção advinda de uma simplificação extrema do paradigma. Dessa forma, a abordagem de BIM no ensino deve ir além da capacitação instrumental contida nas disciplinas de informática aplicada. Este artigo apresenta um diagnóstico de experiências brasileiras e internacionais de ensino de BIM, o que permite avaliar a abrangência dos esforços de ensino adotados até o presente no Brasil, neste contexto. Este diagnóstico se dá por meio de revisão bibliográfica sobre relatos de experiência de ensino de BIM, discussão em workshop e experimentação no ensino. Classificam-se as experiências avaliadas identificando-se os estágios de adoção de BIM e os níveis de competência por elas fomentados. Ao utilizar uma mesma classificação aplicada no estudo do cenário internacional para as experiências nacionais, foi possível balizar o nível de desenvolvimento do ensino de BIM no Brasil. Discute-se, à luz das experiências apresentadas, o quanto abrangente deve ser a formação em BIM e a quais estágios de adoção de BIM essas experiências de ensino conduzem. Modelos de inspiração que possam contribuir com o cenário brasileiro de adoção do BIM são apresentados, extraídos de boas experiências estrangeiras.

Palavras-chave: BIM. Ensino. Arquitetura. Engenharia Civil.

Abstract

Building Information Modeling involves a set of interrelated policies, processes and technologies to manage the essence of the building design-construction-operation and associated data in a digital format throughout its lifecycle. However, to understand BIM just as technology is a distortion resulting from an extreme simplification of this paradigm. Therefore, BIM education in engineering and architecture should go beyond the instrumental approach in applied computer classes. This paper presents a diagnosis of Brazilian and international BIM teaching experiences, which allows us to evaluate the extent of applied efforts. This diagnosis is done through a literature review of reports on BIM teaching experiences, workshop discussions and teaching experimentation. The classification of teaching experiments allows us to identify the stages of adoption of BIM and skill levels encouraged by them. By using the same characterization parameters for the Brazilian and international teaching experiences it was possible to benchmark educational efforts. We discuss how broad these teaching experiences are and which stage of BIM adoption they lead to. Models of inspiration that can contribute to the observed BIM Brazilian education scenario are presented, extracted from good examples of international experiences.

Keywords: BIM. Teaching. Architecture. Civil Engineering.

Regina Coeli Ruschel
Departamento de Arquitetura e
Construção, Faculdade de Engenharia
Civil, Arquitetura e Urbanismo
Universidade Estadual de Campinas
Av. Albert Einstein, 951, Cidade
Universitária
Campinas - SP - Brasil
Caixa-Postal 6021
CEP 13083-852
Tel.: (19) 3521-2051
E-mail: ruschel@fec.unicamp.br

**Max Lira Veras Xavier de
Andrade**
Departamento de Arquitetura e
Urbanismo, Centro de Tecnologia
Universidade Federal de Alagoas
Av. Lourival Melo Mota, s/n,
Tabuleiro dos Martins
Maceió - AL - Brasil
CEP 57072-970
Tel.: (82) 3214-1284
E-mail: maxandrade@uol.com.br

Marcelo de Moraes
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo
Universidade Estadual de Campinas
Av. Albert Einstein, 951, Cidade
Universitária
Campinas - SP - Brasil
Caixa-Postal 6021
CEP 13083-852
Tel.: (16) 3335-8732
E-mail: arqmmoraes@uol.com.br

Recebido em 22/01/10/13
Aceito em 08/04/13

Introdução

O termo *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, não é suficientemente capaz de traduzir o real significado que está por trás da sigla BIM. Para Penttilä (2006) BIM “[...] é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto e dados da construção ou empreendimento no formato digital em todo ciclo de vida do edifício [...]”. Succar (2009) acrescenta que esta metodologia advém de um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias.

A abstração do desenho do edifício e a compatibilização manual de projetos, que outrora eram baseadas em uma representação bidimensional, dentro de um processo de trabalho associado ao uso de ferramentas ou sistemas CAD (*Computer Aided Design*), no contexto BIM são realizadas por modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações do edifício. Percebe-se, portanto, que a substituição da representação gráfica pela representação e simulação numéricas estabelece um novo horizonte para o ensino. Possibilita-se, com isso, a aproximação do aluno com os processos de projeto, processos usados no canteiro de obras, processos de operação e manutenção, o que passa a ser um conhecimento fundamental para a elaboração do modelo do edifício, no BIM. Nesse contexto, é inegável o salto na compreensão de todo o processo, fazendo com que se repense mais intensivamente na integração entre as disciplinas, abrindo-se novas possibilidades de atuação profissional no mercado da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Bynum, Issa e Olbina (2013) destacam que um dos motivos do aumento do uso de BIM na indústria de AECO é a possibilidade de gerar uma série de simulações que podem definir padrões para desenvolvimento de produto, sendo de grande valia no desenvolvimento de soluções sustentáveis.

Eastman (2008) afirma que vários proprietários estão exigindo práticas baseadas no BIM para o desenvolvimento dos novos projetos, com mudanças nos termos de contrato, de modo a favorecer essas práticas. Essas mudanças de postura exigem um novo tipo de profissional no mercado. E, para isso, as universidades têm um papel fundamental, não apenas na formação desses profissionais, mas, também, contribuindo com a formulação de posturas que valorizem novos processos de projeto e de construção do edifício.

Eastman et al. (2008, p. 145-146) propõem diretrizes para a implementação da Modelagem da Informação da Construção, indicando ser adequado iniciar-se por projetos pilotos ou desenvolver

“protótipos”. Em ambos os casos sugerem escolher objetivos claros de negócio, ou ênfases de desenvolvimento. Os autores também recomendam estabelecer metas de avaliação e ter uma participação ativa nos projetos pilotos. No desenvolvimento de projetos piloto, os autores recomendam refazer um projeto existente em um curto espaço de tempo, com uma equipe pequena e qualificada. A equipe pode envolver apenas membros internos da empresa ou incluir parceiros. Nesses casos, a meta é desenvolver competências essenciais para identificar e selecionar prestadores de serviço qualificados e montar equipes de cooperação. Ao se iniciar a adoção de BIM no desenvolvimento de um protótipo, a tarefa de projeto é desenvolvê-lo do zero. Eastman et al. (2008) aconselham que a equipe seja multidisciplinar e de pequeno porte, e que se tracem objetivos de negócios específicos. Como objetivos de negócio, ou ênfases de desenvolvimento, sugerem ainda: custos, cronograma, complexidade de infraestrutura ou desempenho. Das diretrizes para adoção de BIM proposta, observam-se duas orientações: adoção de forma gradual e desenvolvimento de competências. Esses dois aspectos serão utilizados no estudo aqui apresentado.

Succar (2009) afirma que a adoção completa do paradigma BIM na indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (Aeco) não ocorre de forma imediata. Há vários estágios de adoção de BIM, com a apropriação gradual da tecnologia e transformação dos processos correlacionados, levando até a adoção completa do BIM. As fases de desenvolvimento dos estágios de BIM começam lentamente e há diversos fatores que influenciam na sua ampla adoção. Como há uma ruptura de paradigma, faz-se necessária uma nova visão sobre os processos realizados até então. Sua completa apropriação passa por estágios de adoção que estão relacionados ao número de disciplinas envolvidas, quais fases do ciclo de vida da edificação são abordadas e os níveis de mudanças que ocorrem em termos de políticas adotadas, processos e tecnologia utilizados.

Segundo Barison e Santos (2010, 2011), a partir de 2003, o ensino de BIM começa a ser inserido internacionalmente nos cursos da AEC, porém essa prática se intensificou entre 2006 e 2009. Isso ocorreu como uma exigência do mercado de trabalho, que começou a buscar profissionais habilitados para desenvolver e gerenciar projetos segundo o conceito BIM. Os autores acreditam que o ensino de BIM deve estar relacionado com estratégias e abordagens ligadas ao nível de

competência que o aluno deve alcançar em relação à atividade que será exercida na prática profissional.

Este artigo, por meio relatos de experiências de ensino de BIM internacionais e nacionais, diagnostica a abrangência desses esforços. O procedimento utilizado para a realização do diagnóstico consistiu na escolha de conceitos estabelecidos de escala de maturidade na adoção de BIM e níveis de competência fomentados no ensino de BIM, na definição de uma amostra de estudo e no mapeamento da conceituação nas experiências de ensino contidas na amostra de estudo. O cenário encontrado motivou a escolha e a descrição de experiências internacionais de ensino BIM capazes de inspirar transformações por meio de exemplos de sucesso estabelecidos.

Estágios de adoção de BIM e níveis de competência

São múltiplos os autores a apontar que a adoção completa do paradigma BIM não ocorre de imediato, mas, sim, ao longo de estágios de desenvolvimento, até sua completa adoção (TOBIN, 2008; JERNIGAN, 2007; SUCCAR, 2009). Neste estudo tomar-se-á como referência a definição de estágios de adoção de BIM proposta por Succar (2009). Este autor identifica, para cada estágio, fases do processo de projeto e disciplinas envolvidas, produtos esperados, caracterização do processo e consequentes níveis de mudanças em políticas, processos e tecnologias. Khosrowshahi e Arayici (2012) também adotam essa referência para diagnosticar níveis de maturidade de BIM da indústria da construção na Inglaterra.

Segundo Succar (2009), no primeiro estágio de adoção, a ênfase está na modelagem paramétrica. Esse estágio é caracterizado pela modelagem baseada em objetos e está relacionado ao uso de uma ferramenta BIM específica, como, por exemplo, as de autoria, que gera ou analisa modelos de informação (TOBIN, 2008). Geralmente envolve uma única disciplina de projeto no desenvolvimento do modelo 3D e fica-se restrito a uma fase específica do processo (projeto, construção ou operação). Apesar de o processo ser interativo, sequencial, a comunicação ainda acontece de forma assíncrona. Os produtos resultantes desse estágio de adoção de BIM são modelos 3D da geometria e documentação (desenhos, imagens, quantitativos de materiais e vários tipos de relatórios), extraídos a partir do modelo. Nesse estágio de adoção observam-se pequenas mudanças em políticas, médias mudanças em processos e grandes mudanças em tecnologia. Em virtude de a ênfase, nesse primeiro

estágio, estar essencialmente relacionada à aplicação de ferramentas de autoria BIM em projeto, pode decorrer a falsa impressão de que BIM se trata apenas de tecnologias, dada a necessidade de se apropriar dessa nova tecnologia e investir em recursos de renovação de infraestrutura e software.

No segundo estágio de adoção, a ênfase está no compartilhamento multidisciplinar do modelo entre uma ou duas fases do processo de projeto, envolvendo até duas disciplinas ou dois agentes diferentes, como, por exemplo, arquitetura e estrutura, ou gerenciamento de custos. Esse estágio é caracterizado pela colaboração baseada em modelos. O processo também é interativo e ainda assíncrono, mas com melhoria na interoperabilidade entre os agentes envolvidos. Os produtos resultantes desse estágio de adoção de BIM são modelos com quarta dimensão (tempo associado ao planejamento da obra) e quinta dimensão (modelo de previsão de custos), compatibilização do modelo por meio de *clash detection* (verificação de conflitos) e, conseqüentemente, melhoria das informações extraídas do modelo. A adoção do BIM neste estágio requer a implementação de coordenação nos processos de projeto, associado a uma mudança de cultura da empresa, objetivando a adoção de equipes de projeto coordenadas. Comparado ao estágio anterior, este requer a adoção de mudanças médias em políticas e processos, e pequenas mudanças em tecnologia.

No terceiro estágio de adoção de BIM, a ênfase está na criação compartilhada e colaborativa do modelo da edificação, em todo o processo do empreendimento, envolvendo as fases de concepção, construção e operação, e as múltiplas disciplinas da área da AEC. Este estágio é caracterizado pela integração em rede. O processo é simultâneo e recursivo, envolvendo análises complexas já nos estágios iniciais de concepção do projeto. Múltiplas disciplinas utilizam e modificam o mesmo modelo, por meio de um processo integrado e compartilhado, fazendo uso de repositório e sistemas de banco de dados. Este estágio de adoção do BIM requer mudanças drásticas nas políticas e processos das empresas e se apoia em mudanças significativas nas bases tecnológicas utilizadas pela empresa.

Para Succar (2009), o terceiro estágio de adoção de BIM implica a adoção de Entrega Integrada de Projeto ou *Integrated Project Delivery* (IPD). O IPD, segundo o American Institute of Architects (2007), é uma abordagem de desenvolvimento de projeto que agrega pessoas, sistemas, estruturas organizacionais e práticas num processo intensamente colaborativo. A ênfase está em

aproveitar múltiplos talentos, visando otimizar resultados, agregar valor para o proprietário, reduzir perdas e maximizar a eficiência no projeto, fabricação e construção. O IPD caracteriza-se pela colaboração eficiente entre proprietário, projetista e empreiteiro, começando já nos estágios iniciais do processo de projeto e continuando até a entrega final da edificação, o que requer uma mudança nos arranjos contratuais. Os princípios que regem o IPD envolvem respeito e confiança mútua, benefícios e recompensas (gratificações) mútuas, inovação na colaboração e tomada de decisão, envolvimento antecipado de participantes-chave, definição antecipada de metas, planejamento intenso, comunicação aberta, tecnologia apropriada e organização/liderança.

Barison e Santos (2010) propõem estratégias de ensino e aprendizagem para se adquirirem níveis de competência em BIM. Tal classificação está relacionada ao nível de especialidade que o aluno deve possuir na prática profissional utilizando o BIM. Sendo assim, os autores classificam o nível de desenvolvimento dos cursos em relação à complexidade em que o conceito é abordado e, principalmente, se suas características essenciais, como a interoperabilidade, a colaboração, a comunicação e a multidisciplinaridade no desenvolvimento de projetos, são abordadas de fato. Dessa forma, esses autores classificam os cursos em três níveis distintos: introdutório, intermediário e avançado.

O nível introdutório (modelador/facilitador) pode ser ministrado em disciplinas de representação gráfica e tem como finalidade treinar o aluno em habilidades de modelagem, extração de quantitativos, alteração de modelos, criação de componentes e princípios básicos de comunicação e interoperabilidade. Sugerem-se aulas práticas de modelagem de um edifício simples e a conceituação de BIM (BARISON; SANTOS, 2011).

No nível intermediário (analista), o aluno já deve ter conhecimento de no mínimo uma ferramenta BIM e a disciplina deve ser ministrada em um ateliê de projeto integrado (projeto multidisciplinar) e com matérias de tecnologia das construções. A ideia é aumentar o conhecimento na modelagem e avançar na criação de modelos, focando técnicas de projeção que utilizem métodos generativos e fórmulas com regras paramétricas, o que exige conhecimento como *scripting* ou programação computacional. O foco também pode estar em análises ambientais considerando decisões de projeto que possam reduzir o custo ao longo do ciclo de vida do edifício. Para isso, os alunos devem trabalhar de forma colaborativa e em equipe, e devem envolver

disciplinas como arquitetura, instalações e estrutura. Os trabalhos são em grupo, e cabe a cada equipe desenvolver um projeto multidisciplinar completo, checar os conflitos, analisar o modelo, levantar os custos e principalmente criar rotinas de colaboração e integração entre as disciplinas (BARISON; SANTOS, 2011).

No nível avançado (gerente), o conteúdo deve abordar o gerenciamento da construção. Para isso, o aluno deve ter conhecimento sobre os principais tipos de ferramentas BIM, os materiais de construção, as tecnologias construtivas e o *modus operandi* da construção civil. O foco nessa fase está em instruir o aluno de como o BIM pode auxiliar as técnicas de gerenciamento da construção. Logo, nesse estágio, a adoção do BIM deve estar condizente com as práticas realizadas no mercado. Nesse nível, deve-se focar na formação de equipes multidisciplinares que trabalhem de maneira sincronizada e principalmente na utilização simultânea de ferramentas de gerenciamento integradas ao modelo de informação da construção, otimizando o gerenciamento da obra com simulações em 4D e 5D. Para que se obtenham bons resultados no nível avançado, Barison e Santos (2011) sugerem, apesar das dificuldades, a integração com projetos que estejam sendo desenvolvidos no mercado de trabalho, acompanhando, assim, o desenvolvimento do projeto desde a concepção, os conflitos e o gerenciamento da construção. Dessa forma, os autores acreditam que seja possível a integração direta dos alunos com o mercado de trabalho.

Procedimentos metodológicos

O ponto de partida desta investigação foi a participação de parte dos autores deste artigo no *Workshop of BIM Education* realizado em 2011 no Israel Institute of Technology (Technion), coordenado pelo Professor Rafael Sacks. Nesse *workshop* discutiram-se as experiências de ensino de BIM apresentadas no Quadro 1. Para o estudo aqui apresentado, posteriormente foram selecionadas as que tratavam de relato de experiência didática de ensino de BIM em arquitetura, engenharia ou construção. As experiências relatadas foram classificadas de acordo com os estágios de implementação do BIM e níveis de competência fomentados. Os critérios apresentados na Seção 2 e resumidos no Quadro 2. Com base nos estudos desses artigos foi possível compreender o estado da arte em ensino de BIM realizado em algumas das mais promissoras universidades internacionais.

A partir da compreensão de experiências de ensino internacionais, classificadas segundo os protocolos indicados, selecionaram-se iniciativas correspondentes brasileiras. Tomou-se como levantamento de partida os casos de ensino de BIM nacionais apontados por Checcucci, Pereira e Amorim (2011), que realizaram um estudo demonstrando a difusão das tecnologias BIM no Brasil. Entretanto, numa leitura mais detalhada dos casos apontados, verificou-se que apenas cinco descreviam experiências práticas de ensino BIM. Além destas, foram adicionadas as experiências didáticas brasileiras realizadas por Serra, Ruschel e Andrade (2011) e por Ruschel *et al.* (2010), as quais representaram experimentos de ensino com a participação dos autores deste artigo.

Considera-se que as experiências de ensino que levam ao desenvolvimento do primeiro estágio de adoção do BIM e fomentam a competência em nível introdutório representam a formação básica em BIM. Caso as instituições de ensino limitem-se somente à formação profissional básica em BIM, acredita-se correr o risco do erro reducionista da difusão desse conceito. Advoga-se, portanto, que o desenvolvimento do ensino BIM visando a sua implementação tanto no segundo quanto no terceiro estágio de adoção, acrescido da ampliação das competências fomentadas para além do modelador BIM (abrangendo o analista e o gestor), apresenta-se como estratégia mais adequada de consolidação do ensino BIM no Brasil. É dentro desse ideário que este artigo se desenvolve.

Referências	Instituição	Caracterização
CE 570 Building Information Modeling for Collaborative Construction Management (3 units) 2011 Spring Semester Class Syllabus (BECERIK-GERBER, 2013)	University of Southern California	Programa de disciplina
(BECERIK-GERBER; KU; JAZIZADEH, 2012)	Virginia Tech/ University of Southern California	Relato de experiência de ensino de BIM
BIM Courses of Georgia Tech: Building Information Modeling: Case Studies [COA8901 CE] (EASTMAN, 2013)	Georgia Tech - EUA	Programa de disciplina
(CLEVINGER <i>et al.</i> , 2010)	Colorado State University	Relato de experiência de ensino de BIM
(FAZENDA; KIVINIEMI, 2011)	University of Salford	Abordagem de implementação
(GORDON; AZAMBUJA; WERNER, 2009)	Southern Illinois University Edwardsville	Relato de experiência de ensino de BIM
(PETERSON <i>et al.</i> , 2011)	Twente University & Stanford University	Relato de experiência de ensino de BIM
(SABONGI, 2009)	Minnesota State University	Levantamento de implementações de ensino de BIM na graduação nos EUA
(SACKS; BARAK, 2010)	Technion	Relato de experiência de ensino de BIM
(SALAZAR; MOKBEL; ABOULEZZ, 2006)	Worcester Polytechnic Institute	Relato reduzido de experiência de ensino de BIM
(RUSCHEL <i>et al.</i> , 2008)	Universidade Estadual de Campinas	Relato de experiência em projeto colaborativo com CAD
(WONG; WONG; NADEEM, 2011)	PolyU University	Relato de experiência de ensino de BIM

Quadro 1 - Referências discutidas no Workshop of BIM Education realizado em 2011 no Israel Institute of Technology

Nível de competência	Parâmetros de classificação	Estágio de adoção de BIM	Parâmetros de classificação		
			Modelo de informação	Fases do ciclo de vida (projeto, construção, operação)	Produtos gerados na experiência didática
Introdutório	Habilita modelador	Primeiro	Modelagem e produtividade	Uma fase	Modelagem paramétrica, quantitativos, documentação
Intermediário	Habilita analista	Segundo	Integração de modelos e uso aplicado dos modelos de informação	Duas fases	Simulações (dimensionamento, ambientais, 4D, 5D...), compatibilização e planejamento (caminhos críticos, linha de balanço)
Avançado	Habilita gerente	Terceiro	Desenvolvimento compartilhado e holístico do modelo de informação	Três fases	Introdução a IPD. Colaboração envolvendo múltiplos agentes. Criação compartilhada

Quadro 2 - Parâmetros de classificação das experiências didáticas de ensino de BIM

Experiências internacionais de ensino BIM

O Quadro 3 sintetiza o cenário internacional do ensino de BIM avaliado neste estudo, a partir dos critérios propostos na Seção 2. Na primeira coluna são apresentadas as universidades em que foram realizadas as experiências e as referências bibliográficas. Em seguida, essas experiências são classificadas de acordo com o nível de competência e estágios de adoção. As experiências são apresentadas no quadro ordenando-as segundo o nível de competência atingido: das introdutórias às avançadas.

Um primeiro aspecto que se pode observar no Quadro 3 é que, com exceção do caso da Universidade Technion (disciplina aplicada no primeiro ano do curso de Engenharia Civil), todas as demais experiências avaliadas estão entre o nível de competência intermediário e o avançado. A experiência realizada na Technion foi classificada como o nível de competência introdutório por apresentar o desenvolvimento de um modelo paramétrico simplificado (edifício de dois pavimentos contendo no modelo informações apenas das disciplinas arquitetura e estrutura), sem realizar análises com o modelo, focando apenas o desenvolvimento da estrutura, caracterizando,

assim, a formação de facilitador ou modelador BIM. Sua classificação como no primeiro estágio de BIM deve-se ao desenvolvimento do modelo apenas na fase de projeto e por focar apenas a modelagem paramétrica da estrutura, com a extração automática de documentos e quantitativos. Discussões teóricas sobre o uso de BIM são realizadas, mas não são desenvolvidas atividades que coloquem essas discussões em prática.

A experiência realizada na Universidade Colorado State foi classificada em um nível de competência intermediário, por trabalhar com o modelo integrado e por desenvolver simulações de sistemas construtivos que exigem um grau maior de conhecimento do aluno sobre BIM, capacitando-o a trabalhar como um analista BIM (BARISON; SANTOS, 2011). O fato de estar relacionado ao estágio 2 de adoção de BIM refere-se ao uso do modelo integrado com mais de uma disciplina (estrutura, instalações e ar condicionado), além de abordar mais de uma fase do ciclo de vida da construção, projeto e obra. Mesmo apresentando um nível de desenvolvimento BIM mais avançado que a anterior, não utiliza modelos compartilhados, nem equipes colaborativas.

Experiências de ensino avaliadas	Níveis de competência (BARISON; SANTOS, 2011)	Estágios de adoção (SUCCAR, 2009)	Fases do ciclo de vida abordadas	Modelo	Produtos gerados
Technion (SACKS; BARAK, 2010)	Nível Introdutório (habilita modelador)	BIM estágio 1	Projeto Construção	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica estrutural. Extração de documentação e quantitativos automáticos
Colorado State University (CLEVENGER et al., 2010)	Nível Intermediário (habilita analista)	BIM estágio 2	Projeto Construção	Integração de modelos e uso aplicado	Modelagem paramétrica (estrutura, instalações, ar condicionado). Extração de quantitativos. Simulação (métodos construtivos)
Twente University (PETERSON et al., 2011)	Nível avançado (habilita gerente)	BIM estágio 2	Construção	Integração de modelos e uso aplicado (edificação existente)	Planejamento da obra: caminhos críticos, linha de balanço, simulação 4D e 5D (visualização de fluxo de caixa)
Stanford University (PETERSON et al., 2011)	Nível avançado (habilita gerente)	BIM estágio 2	Construção	Integração de modelos e uso aplicado (edificação existente)	Planejamento da obra: caminhos críticos, linha de balanço e simulação 4D
Virginia Tech/University of Southern California (BECERIK-GERBER; KU; JAZIZADEH, 2012)	Nível avançado (habilita gerente)	BIM estágio 3	Projeto Construção Operação	Integração de modelos e visão holística do modelo de informação (edificação existente)	Modelagem paramétrica (arquitetura, estrutura, instalações, ar condicionado). Compatibilização (<i>clash detection</i>). Simulação 4D e extração de quantitativos. Planejamento da operação (<i>facility management</i>)
PolyU University (WONG; WONG; NADEEM, 2011)	Nível avançado (habilita gerente)	BIM estágio 3	Projeto Construção Operação	Integração de modelos e visão holística do modelo de informação	Modelagem paramétrica. Compatibilização (<i>clash detection</i>). Simulação 4D/5D/nD e extração de quantitativos. Planejamento da operação (<i>facility management</i>). Discussão sobre IPD
Southern Illinois University Edwardsville (GORDON et al., 2009)	Nível avançado (habilita gerente)	BIM estágio 3	Projeto Construção	Integração de modelos e visão holística do modelo de informação	Modelagem paramétrica (estrutura, instalações, ar condicionado). Extração de documentação e quantitativos. Simulação 4D/5D. Discussão sobre IPD (contratos)

Quadro 3 - Classificação de experiências internacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência

Nas universidades Twente e Stanford, as experiências de ensino foram classificadas como nível avançado, pois nelas foram desenvolvidos modelos integrados. Esses modelos foram criados com base em um caso real de construção, que foi acompanhado pelos alunos. Durante os exercícios, simulações foram realizadas e confrontadas com a realidade. Por meio de simulação em 4D e 5D, análise de caminho crítico, linha de balanço, aliadas à integração com a prática profissional, foi possível estimular a integração dos alunos com o mercado de trabalho, utilizando para isso o BIM na capacitação da formação do gerente. Por esses motivos essas experiências foram classificadas como nível avançado. Apesar dessa classificação, no quesito adoção do BIM essas experiências foram classificadas no estágio 2, pois abordavam apenas a fase da construção da edificação, e não representavam uma experiência calçada num modelo compartilhado entre as áreas relacionadas à Aeco.

As experiências de ensino relacionadas nas demais universidades no Quadro 3 apresentam um nível de competência avançado, por trabalharem com conceitos como *clash detection*, 5D, planejamento e cronograma de obra, e até mesmo com a operação, integrados ao modelo digital. Abordam ainda questões contratuais, como o IPD, caracterizando o perfil de um gerente em BIM. Em relação a seus estágios de adoção, as experiências de ensino trabalham com modelos paramétricos integrados e compartilhados. Essas experiências também abordam todas as fases do ciclo de vida do edifício (projeto, construção e operação). No caso da universidade PolyU, o estudo da fase de operação do edifício é abordado ainda na concepção do projeto, o que demonstra um processo de trabalho simultâneo.

Essa classificação, embora não seja exaustiva, permitiu identificar alguns dos aspectos fundamentais que envolvem o ensino de BIM no cenário internacional e contribuiu para a análise de experiências de ensino realizadas no Brasil e descritas a seguir.

Experiências brasileiras de ensino de BIM

Com a difusão das discussões sobre BIM no cenário nacional, principalmente nestes últimos quatro anos, surge uma crescente preocupação, por parte de alguns pesquisadores brasileiros, com a inserção do ensino de BIM nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil. Discussões sobre a melhor maneira de integração dentro da grade curricular aparecem frequentemente nas pautas de eventos e nas conversas informais dos

pesquisadores dessa área. Mesmo ainda estando num estágio incipiente de amadurecimento, o que se pode observar é que algumas universidades já vêm realizando experiências de adoção de BIM em cursos de Arquitetura e Engenharia Civil.

Identificaram-se neste trabalho relatos de experiências de ensino de BIM nas seguintes instituições: Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (ANDRADE, 2007). Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (SERRA; RUSCHEL; ANDRADE, 2011), Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM) (FLORIO, 2007; VINCENT, 2006), Centro Universitário Barão de Mauá (CBM) (RUSCHEL *et al.*, 2011), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (RUSCHEL; GUIMARÃES FILHO, 2008; RUSCHEL *et al.*, 2010). As experiências didáticas mostram que existe uma diversidade de casos de ensino que abordam o BIM no Brasil. Estas envolvem cursos distintos (Arquitetura e Urbanismo, e Engenharia Civil), experiências variadas, em diferentes momentos (2006 a 2011). Como se pode verificar no Quadro 4, a maioria das experiências nacionais aborda o ensino de BIM apenas em disciplinas isoladas. A exceção ocorreu nas iniciativas de integrar disciplinas de projeto arquitetônico e estrutural (RUSCHEL; GUIMARÃES FILHO, 2008; RUSCHEL *et al.*, 2010).

O que se pode constatar com o Quadro 4 é que o processo de implementação de BIM no ensino ainda abrange o nível de competência introdutório e intermediário, e vem acontecendo de forma gradual. Essas experiências dão ênfase principalmente à modelagem paramétrica do projeto arquitetônico (com aumento da produtividade na documentação, compatibilização e integração), nas simulações em 4D e na geração de estimativas de custo. Mesmo assim, observa-se que essas iniciativas ainda não são abrangentes. Já as experiências mais avançadas são escassas e podem ser classificadas apenas no nível de competência intermediário, levando ao segundo estágio de adoção de BIM.

Em relação à experiência relatada pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), esta é classificada no nível de competência introdutória, pois aborda um processo de trabalho fundamentado essencialmente na modelagem paramétrica, extração de documentação do edifício, alteração automática de modelos e criação de componentes. O alcance da adoção de BIM nesse relato pode ser caracterizado como em primeiro estágio, por abordar apenas uma fase do ciclo de vida da edificação e por trabalhar apenas a modelagem paramétrica de uma única disciplina.

Experiências de ensino avaliadas	Níveis de competência (BARISON; SANTOS, 2011)	Estágios de adoção (SUCCAR, 2009)	Fases do ciclo de vida abordadas	Modelo	Produtos gerados
UFAL (ANDRADE, 2007)*	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura) e extração de documentação automática
CBM (RUSCHEL <i>et al.</i>, 2011)	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática
UPM (FLORIO, 2007)	Nível introdutório (habilita modelador)	BIM Estágio 1	Projeto	Modelagem e produtividade	Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura) e extração de documentação automática
UPM (VINCENT, 2006)	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 1	Projeto	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica, integrada, extração de documentação automática, quantitativos e estimativas de custos
UFSCar (SERRA; RUSCHEL; ANDRADE, 2011)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Modelagem e produtividade, integração de modelos e uso aplicado	Modelagem paramétrica, extração de documentação automática e 4D
UNICAMP (RUSCHEL; GUMARÃES FILHO, 2008)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura), extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D
UNICAMP (RUSCHEL <i>et al.</i>, 2010)*	Nível intermediário (habilita analista)	BIM Estágio 2	Projeto Construção	Integração de modelos e uso aplicado do modelo	Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D

Quadro 4 - Classificação de experiências nacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência

Nota: *Experimentos didáticos de BIM desenvolvidos pelos autores ou com a participação deles.

A experiência do Centro Universitário de Barão de Mauá (CBM) e a realizada por Flório (2007) na Universidade Presbiteriana Mackensie (UPM) foram classificadas no nível de competência introdutório, pois a ênfase nessas experiências está na modelagem paramétrica. Apesar da integração com a estrutura, não há relatos de análises de modelos. Todavia, vê-se nessas experiências uma evolução na modelagem paramétrica, que passa a integrar mais de uma disciplina. Por abordarem uma única fase do ciclo de vida da edificação, essas podem ser caracterizadas ainda no primeiro estágio de adoção do BIM.

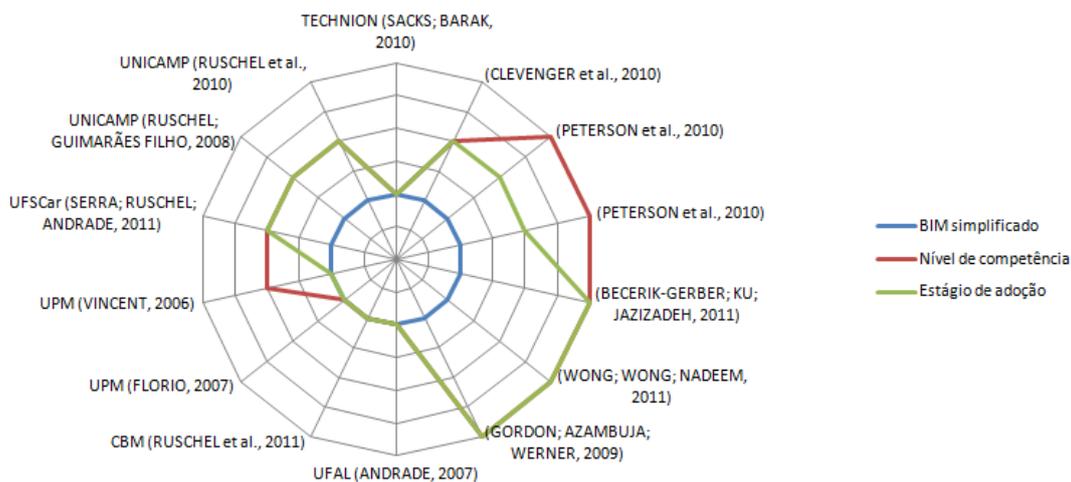
O relato de experiência de ensino da UPM de Vincent (2006) foi classificado com o nível de competência intermediário, por ir além da modelagem e realizar a integração de modelos e a análise de custos. Por abordar apenas uma fase do ciclo de vida da edificação, caracterizou-se como no primeiro estágio de adoção do BIM.

Os relatos de experiência de ensino da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) foram classificados no nível de competência intermediário. Em ambos os casos, a abordagem foi além da modelagem paramétrica, avançou-se na detecção de conflitos, análise de custos, e no compartilhamento do modelo. Essas atividades são características do analista em BIM, com conhecimento mais aprofundado sobre o conceito e ferramenta BIM. Os modelos empregados nessas

experiências são integrados e compartilhados, e abordam duas fases do ciclo de vida da edificação, o projeto e a construção, sendo caracterizados assim como o segundo nível de adoção de BIM.

Entre as experiências nacionais nenhuma foi encontrada que se caracterize a formação do gerente em BIM – nível de competência avançado –, focando justamente a integração entre ferramentas de gerenciamento e ferramentas BIM, simulações e análise em 5D e discussões contratuais, como o IPD. Também não foram identificadas experiências de ensino no Brasil que, além de trabalharem com modelos integrados e compartilhados de forma síncrona, abordem todas as fases do ciclo de vida da edificação – projeto, construção e operação –, caracterizando o terceiro estágio de adoção do BIM.

As experiências internacionais enfatizam a preocupação com o ensino de BIM relacionado aos aspectos conceituais, e não a um simples ferramental. Essa visão, ainda que embrionária, também está presente em algumas das experiências relatadas no cenário nacional, o que caracteriza um quadro positivo. A Figura 1 mostra um gráfico comparativo dos níveis de competência e estágios de adoção de BIM de todos os casos discutidos neste artigo. Quando se comparam os estágios de adoção e os níveis de competência, vê-se claramente uma diferença crítica entre as experiências nacionais e internacionais.



Considera-se que algumas das experiências de ensino de BIM brasileiras, relatadas neste artigo, conduzem à formação em BIM para além do primeiro estágio de adoção e fomentam a competência em nível introdutório e intermediário; portanto, fogem da formação básica em BIM, o que é um aspecto positivo a ser considerado. Entretanto, ainda é necessário adotar nas universidades o ensino de práticas que fomentem o desenvolvimento de projetos mais colaborativos, novos papéis e novas competências – como, por exemplo, a do gestor – nos cursos da AEC no Brasil, de modo a formar um perfil de profissional efetivamente comprometido com uma prática baseada no BIM.

Modelos de inspiração

Nesta seção é apresentada uma descrição resumida de como é discutido e implementado o ensino de BIM nos cursos de graduação na Polytechnic University (PolyU) e na University of Salford. Essas experiências foram selecionadas, entre as discutidas no *Workshop of BIM Education* realizado em 2011 no Israel Institute of Technology (Quadro 1), pois representam casos que fomentam um nível avançado de competência no ensino BIM e alcançam o terceiro estágio de adoção. Logo, foram consideradas casos inspiradores de experiência de ensino BIM, que podem servir como referência para novas propostas no cenário nacional. Além desses exemplos, identificou-se também uma disciplina piloto de trabalho de conclusão no curso da Pennsylvania State University, combinando BIM e IPD, na busca pela formação de arquitetos mais consistentes com o demandado pela indústria da construção.

No Department of Building and Real Estate (BRE), da PolyU de Hong Kong, o ensino de BIM está sendo incorporado ao currículo em consonância com a política institucional para o desenvolvimento curricular da universidade. O ensino de BIM está sendo implementado nos cursos de Bachelor of Science (BSc.) em Surveying e BSc. em Building Engineering & Management. Acrescentou-se ao currículo existente, no primeiro ano dos cursos, uma disciplina eletiva prática de modelagem da informação na construção que enfatiza a modelagem paramétrica. A partir daí, adotou-se uma introdução gradual de BIM, porém aplicada, em várias disciplinas subsequentes de orçamentação, planejamento, estruturas e sistemas mecânicos.

No modelo adotado, de incorporação gradual de BIM na graduação, observam-se as seguintes

incursões: introdução geral ao tema e noções do estado da arte; ensino prático instrumental; suporte à comunicação e visualização de projeto; aplicação na estimativa de quantidades, custo e compra de materiais; gestão de projeto auxiliada pela compatibilização 3D (*clash detections*), 4D a nD; simulações de eficiência energética para projeto sustentável; aplicação na gestão de facilidades; e compreensão de tendências e desenvolvimentos futuros.

O processo de introdução do ensino de BIM na PolyU considera também a opinião dos alunos e do corpo docente, por meio de pesquisa de opinião recorrente, influenciando o ritmo de incorporação de BIM nas disciplinas existentes. Um exemplo foi o atendimento à recomendação docente de introduzir BIM na disciplina de representação gráfica do primeiro ano mantendo em 20% das aulas o ensino do desenho manual, em 50% das aulas o ensino de CAD, e substituindo somente 30% das aulas com o ensino de BIM; com a perspectiva de substituir gradualmente CAD por BIM. Vislumbra-se também a necessidade de divulgar o IPD como um método de abordagem entre o projeto, a contratação dos agentes envolvidos e o processo de construção, integrando as equipes, com possibilidade de proporcionar melhores resultados aos empreendedores e às equipes de trabalho.

O ensino de BIM no curso de BSc. em Construction Project Management da Salford University enfatiza a desenvoltura da habilidade projetual e comunicacional (FAZENDA; KIVINIEMI, 2011). O ensino de BIM é associado à mentalidade enxuta. Essa abordagem é desenvolvida integrando-se conteúdos de graduação por meio de projetos multidisciplinares. A fundamentação em BIM é desenvolvida discutindo-se conceituação, questões práticas de implementação, benefícios proporcionados e realizando-se estudos de casos. O aprendizado instrumental é desenvolvido pelo aluno extrassala de aula, com suporte de tutoriais *on-line*. Arayici et al. (2011) discutem os efeitos positivos da adoção de BIM associada a práticas da construção enxuta.

O curso de BSc. em Construction Project Management¹ desenvolve-se no período de 3 a 5 anos, dependendo da forma de vinculação do aluno com o curso (tempo integral ou parcial) e da realização ou não de um estágio anual na indústria. A estrutura anual de disciplinas é similar: uma disciplina de tecnologia, três disciplinas de conteúdos aplicados, uma disciplina de projeto e uma disciplina de projeto multidisciplinar.

¹ <http://www.salford.ac.uk/courses/construction-project-management>.

Segundo Fazenda e Kiviniemi (2011), é na última disciplina de projeto multidisciplinar que se busca demonstrar novos modelos de colaboração e o impacto da utilização de BIM de forma integrada entre as diferentes disciplinas de projeto. Dá-se na disciplina a oportunidade de se aplicarem habilidades básicas da modelagem BIM anteriormente adquirida. Desenvolvem-se análises sobre os modelos criados. Estimula-se a compreensão dos papéis vivenciados. Experimenta-se a complexidade no processo de projeto individual resultante do compartilhamento de informação ou da informação inter-relacionada.

Os pontos de destaque desses dois modelos de inspiração apresentados são, no caso da PolyU, a adoção de BIM num curso existente, considerando a opinião discente e docente, e a capacidade docente de incorporar inovação. Ainda, na implementação do ensino de BIM na PolyU, tem-se um exemplo de incorporação de BIM de forma aplicada em conteúdos existentes por disciplinas. Destaca-se na Salford University o ensino de BIM com uma abordagem multidisciplinar de projeto, associado a uma abordagem conceitual específica, isto é, a mentalidade enxuta. Em ambos os casos, a habilidade instrumental em BIM é proporcionada não por meio de disciplina obrigatórias, mas ou por disciplinas eletivas ou por atividade extraclasse apoiada por tutoriais *on-line*.

Finalmente, Solnosky, Parfitt e Holland (2013) desenvolveram um estudo piloto para inovar o trabalho de conclusão² no curso de BSc. em Architectural Engineering da Pennsylvania State University. O estudo piloto combina profundidade técnica e colaboração multidisciplinar integrada, motivando o projeto final dos alunos a se desenvolver pelo método de IPD com suporte de BIM. Para tal, os projetos finais de graduação são casos reais desenvolvidos em grupo, com suporte acadêmico e envolvimento da indústria. Às entregas tradicionais de trabalhos finais de curso – como (a) levantamento e referencial teórico, (b) estudo preliminar, (c) anteprojeto, (d) proposta detalhada e (e) projeto final (memorial e apresentação) – foram acrescentadas entregas secundárias, como atas de reuniões e controle do compartilhamento digital. Os critérios e a dinâmica de avaliação são renovados para considerar o trabalho desenvolvido individualmente e colaborativamente e suas relações; a apropriação de habilidades técnicas em conjunto com ferramentas modernas; a perspectiva da indústria sobre a compreensão da prática e a formação resultante; e a ampliação dos objetivos pedagógicos do exercício. Os autores concluem

que o apoio da indústria é essencial para o êxito de uma disciplina desse tipo, para qualquer instituição, considerando-se experiências multidisciplinares dessa natureza.

O ponto de destaque desse exemplo é a natureza do exercício escolhido, sendo a realidade o melhor exemplo de multidisciplinaridade, que é trazida para dentro da graduação, como incentivo à apropriação de BIM próximo ao desejado pela prática. Isso requer parcerias renovadas na academia e mudanças em formatos de avaliação e delimitação de objetivos educacionais.

Conclusões

Para melhor compreender as estratégias de implementação do ensino de BIM no Brasil, este artigo avaliou como está sendo feita sua introdução em cursos específicos de Arquitetura e Engenharia Civil no país, e comparou isso com abordagens de ensino no cenário internacional publicadas recentemente. As experiências nacionais de ensino BIM, ao ser comparadas com experiências internacionais, puderam ser balizadas, possibilitando identificar o nível de desenvolvimento do ensino de BIM. A elaboração de um diagnóstico serviu também como um meio para apontar desafios a ser superados e expectativas para o futuro.

Com base nas experiências didáticas discutidas, pode-se concluir que o paradigma BIM vem sendo implantado de modo muito gradual e de forma pouco efetiva nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, a partir dos artigos avaliados. Entre os pontos cruciais para a implantação de BIM estão que os professores das universidades compreendam seu conceito e que implementem uma revisão na estrutura das grades curriculares, com a criação de eixos verticais e horizontais de conhecimentos atrelados ao BIM. Conceitos como coordenação, integração e colaboração são essenciais para uma prática de projeto baseada no BIM e, portanto, devem fazer parte das estruturas desses cursos.

Nota-se que as experiências de ensino internacionais encontram-se em estágio de maior amadurecimento, envolvendo mais de uma disciplina, em vários momentos da formação do engenheiro civil e do arquiteto. As disciplinas, em sua maioria, dão ênfase à colaboração durante o processo de projeto e no gerenciamento da construção (BECERIK-GERBER; KU; JAZIZADEH, 2012; GORDON; AZAMBUJA; WERNER, 2009; WONG; WONG; NADEEM, 2011; BARISON; SANTOS, 2010). Um fato importante que se pode ressaltar é a relação entre o estágio de desenvolvimento de BIM e seu reflexo

² Capstone course.

no ensino desses países. Em Hong Kong, um grande número de empresas e o governo estão implantando BIM em seus novos projetos. Como incentivo, o governo tem estimulado o treinamento de profissionais nessa área, vislumbrando as possibilidades do mercado futuro. Tais iniciativas, ao partirem de órgãos públicos, com grande capacidade de investimento, podem contribuir para a inserção de BIM de maneira mais rápida no cenário nacional e no ensino das universidades (WONG; WONG; NADEEM, 2011).

Pode-se verificar a importância que se dá nos relatos de ensino internacionais ao entendimento do processo de desenvolvimento do edifício como um todo, reforçando o que Succar (2009) relaciona ao desenvolvimento de políticas, integrando os agentes envolvidos. A ruptura de paradigma proposta com o BIM só deve ocorrer se os processos e métodos de desenvolvimento de projeto, construção e operação caminharem na direção do entendimento do ciclo de vida do edifício de forma ampla.

Por fim, levanta-se neste artigo a bandeira do ensino de BIM como uma estratégia fundamental para o desenvolvimento tecnológico na área da AEC. Entretanto, somente com estratégias efetivas de ensino esse cenário poderá desenvolver-se. Pretende-se, assim, estimular o meio acadêmico para que as discussões sobre o ensino BIM possam avançar, demonstrando a necessidade de revisões curriculares constantes, acompanhando as mudanças que estão sendo realizadas na indústria da Aeco, no cenário mundial.

Caberá às universidades capacitar os novos profissionais que irão implementar BIM na indústria. Dentro de um mercado amplamente globalizado, corre-se o risco de que parte do desenvolvimento de projetos de grande porte não seja realizada no Brasil, justamente pela falta de profissionais habilitados para desenvolver os novos papéis exigidos por essa ruptura de paradigma, advinda com o BIM.

Referências

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS.
Integrated Project Delivery: a guide. California: AIA, 2007. versão 1. Disponível em:
<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aia_b083423.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2012.

ANDRADE, M. L. V. X. Computação Gráfica Tridimensional e Ensino de Arquitetura: uma experiência pedagógica. In: GRAPHICA 2007: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 7., Curitiba, 2007. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007.

ARAYICI, Y. *et al.* Technology Adoption in the BIM Implementation For Lean Architectural Practice. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 189-195, 2011.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF IT IN THE AEC INDUSTRY & ACCELERATING BIM RESEARCH WORKSHOP, 27., Cairo, 2010. **Proceedings...** Cairo: Virginia Tech, 2010.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário Internacional. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011.

BECERIK-GERBER, B. **Building Information Modeling for Collaborative Construction Management**: 3 units. 2011. Disponível em: <<http://cee.usc.edu/assets/015/69368.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2013.

BECERIK-GERBER, B.; KU, K.; JAZIZADEH, F. BIM: enabled virtual and collaborative construction engineering and management. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 138, n. 3, p. 234-245, jul. 2012.

BYNUM, P.; ISSA, R.; OLBINA, S. Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 1, p. 24-34, jan. 2013.

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. 1 CD.

CLEVENGER, C. M. *et al.* Integrating BIM Into Construction Management Education. In: BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, Washington, 2010. **Proceedings...** Washington, 2010.

- EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.
- EASTMAN, C. **Building Information Modeling**: case studies. Disponível em: <<http://dcom.arch.gatech.edu/class/BIMCaseStudies>>. Acesso em: 29 maio 2013.
- FAZENDA, P. T.; KIVINIEMI, A. **Challenges in Teaching Integrated Design & Building Information Modeling**. Haifa: Israel Institute of Technology, 13 jun. 2011. 14 slides. Apresentação em Power-Point.
- FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., Porto Alegre, 2007. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. 1 CD-ROM.
- GORDON, C.; AZAMBUJA, M.; WERNER, A. M. BIM Across the Construction Curriculum. In: ASC REGION III CONFERENCE, Downers Grove, 2009. **Proceeding ...** Downers Grove: Associated School of Construction, 2009.
- JERNIGAN, F. **Big BIM Little BIM**: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way! 2th. Salisbury: 4 Site Press, 2007. 323 p.
- KHOSROSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap For Implementation of BIM in the UK Construction Industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 6, p. 610-635, 2012.
- PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, special issue, p. 395-408, 2006.
- PETERSON, F. *et al.* Teaching Construction Project Management With BIM Support: experience and lessons learned. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 115-125, 2011.
- RUSCHEL, R. C. *et al.* Building Information Modelling para projetistas. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W.. (Org.). **Qualidade no Projeto de Edifícios**. São Carlos: RIMA-ANTAC, 2010, v., p. 137-162.
- RUSCHEL, R. C. *et al.* O ensino de BIM: exemplos de implantação em cursos de Engenharia e Arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., Salvador, 2011. **Anais ...** Salvador: LCAD/PPGAU-UFBA, 2011.
- RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES FILHO, A. B. Iniciando em CAD 4D. In: WORKSHOP BRASILEIRO GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 8., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.
- RUSCHEL, R. C. *et al.* Collaborative Design in Architecture: a teaching experience. In: CIB W096 - ARCHITECTURAL MANAGEMENT; CIB TG49 - ARCHITECTURAL ENGINEERING JOINT CONFERENCE, 10., São Paulo, 2008. **Proceedings...** Rotterdam: CIB, 2008. p. 53-64.
- SACKS, R.; BARAK, R. Teaching Building Information Modeling as an Integral Part of Freshman Year Civil Engineering Education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**. v. 136, n. 1, p. 30-38, jan. 2010.
- SALAZAR, G.; MOKBEL, H.; ABOULEZZ, M. The Building Information Model in the Civil and Environmental Engineering Education at WPI. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION, New England, 2006. **Proceeding...** New England: ASEE, 2006.
- SABONGI, F. J. The Integration of BIM in the Undergraduate Curriculum: an analysis of the undergraduate courses. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATED SCHOOLS OF CONSTRUCTION, 45., Florida, 2009. **Proceedings ...** Florida: ASC, 2009.
- SERRA, S. M. B.; RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. Colaboração Entre Universidades no Ensino de Pós-Graduação. In: KURI, N. P.; SEGANTINE, R. C. L. (Ed.). **Inovar o Ensino, Melhorar o Aprendizado**. São Carlos: EESC-USP, 2011. p. 57-70.
- SOLNOSKY, R.; PARFITT, M. K.; HOLLAND, R. J. Na IPD and BIM Focused Capstone Course Based on AEC Industry Needs and Involvement. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, mar. 2013. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EI.1943-5541.0000157>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TOBIN, J. Proto-Building: to BIM is to build. 28 mai. 2008. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>>. Acesso em: 3 maio. 2013.

VINCENT, C. C. Ensino de Projeto: digital ou manual? In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 10., Santiago do Chilo, 2006. **Anais...** Santiago do Chile: Universidad de Chile, 2006. 1 CD-ROM.

WONG, K. A; WONG, K. F; NADEEM, A. Building Information Modeling for Tertiary Construction Education in Hong Kong. **Journal of Information Technology in Construction**. v. 16, p. 467-476, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2011/27>>. Acesso em: 30 abr. 2011.

Revista Ambiente Construído

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