



EXPERIÊNCIAS COM BIM NO ENSINO E NA EXTENSÃO DE CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO

Tarciso Binoti Simas (1); Joanne Leal (2); Laura Noletto Dias (3)

(1) Doutor em Urbanismo, Professor do Curso de Arquitetura e Urbanismo, tarcisobinoti@gmail.com

(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, joanneleal09@gmail.com

(3) Graduanda de Arquitetura e Urbanismo e administração, Lauranoletodias2@gmail.com

Instituto de Engenharia do Araguaia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – IEA/Unifesspa.
Rua Geraldo Ramalho, s/n, Bairro: Centro | CEP: 68560-000 | Santana do Araguaia/PA - Brasil.

RESUMO

Desde a invenção e o aperfeiçoamento da tecnologia computacional gráfica, na década de 1950, as aplicações digitais foram cada vez mais introduzidas, testadas e discutidas como instrumentos de auxílio ao processo de projeto de arquitetura e das diversas engenharias. A evolução do sistema *Computer-Aided Design* (CAD; Desenho Assistido por Computador) para a modelagem *Building Information Modelling* (BIM; Modelagem da Informação da Construção) tem repercutido em muitas mudanças no processo de projeto. Por sua vez, o processo ensino-aprendizado requer novas estratégias que estão sendo testadas e aprimoradas junto dos ligeiros avanços tecnológicos. Desse modo, o presente trabalho dedica-se, através de revisão da literatura, explicar o contexto atual da plataforma BIM e sua evolução no campo de ensino-aprendizado nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e das diversas Engenharias. Busca-se demonstrar a importância da renovação do ensino com o BIM para a introdução dos acadêmicos na prática profissional através da apresentação de importantes experiências aplicadas em campos acadêmicos tanto no Brasil como no exterior. Este trabalho visa também ressaltar quais são as dificuldades da implantação do BIM nas universidades e como a introdução do BIM pode influenciar diretamente nos projetos.

Palavras-chave: BIM, Processo ensino-aprendizagem, Projeto de Arquitetura.

ABSTRACT

Since the invention and refinement of computer graphics technology in the 1950s, digital applications have been increasingly introduced, tested and discussed as tools to aid the architectural design process and various engineering applications. The evolution of the Computer-Aided Design (CAD) to Building Information Modeling (BIM) has impacted many changes in the design process. In turn, the teaching-learning process requires new strategies that are being tested and refined along with slight technological advances. Thus, the present work is dedicated, through literature review, to explain the current context of the BIM platform and its evolution in the field of teaching and learning in the Architecture and Urbanism courses and Engineering. The aim is to demonstrate the importance of teaching renewal with BIM for the introduction of academics in professional practice through the presentation of important experiences applied in academic fields both in Brazil and abroad. This paper also aims to highlight the difficulties of implementing BIM in universities and how the introduction of BIM can directly influence projects.

Keywords: BIM, teaching-learning process, Architectural design.

1. INTRODUÇÃO

Do Sistema *Computer-Aided Design* (CAD; Desenho Assistido por Computador) à modelagem *Building Information Modelling* (BIM; Modelagem da Informação da Construção), são inúmeros os avanços e possibilidades no universo da construção civil. Os progressos em modelagem paramétrica, códigos de programação, prototipagem rápida e realidades virtual e aumentada estão gerando novas possibilidades de projeto com modelos virtuais com inúmeras informações; novas formas de documentação do projeto¹; diversas possibilidades de análise e avaliação de estudo da forma, conforto, instalações, estrutura, economia etc.; estreitamento da relação entre o mundo virtual e o real através da produção rápida de protótipos; uma nova forma de fabricação, instalação e montagem no canteiro de obras (*file-to-factory*)²; uma nova forma de gestão do processo de projeto³, mais colaborativa e horizontal, desde sua fase inicial etc.

Com isso, é importante ressaltar que não se trata apenas da inserção de novas ferramentas de projeto, mas sim do desenvolvimento de novos processos de projeto. Tássia Vasconcelos e David Sperling (2016, p. 94-5) classificam essa evolução entre interação de software representacional para as interações paramétrica e algorítmica. Uma das diferenças está nas maiores possibilidades de estudo da forma arquitetônica que nas interações paramétrica e algorítmica pode ser explorado a partir da variação de seus parâmetros ou fórmulas. Isso não significa que a concepção arquitetônica é realizada por um computador, pois é necessária uma utilização consciente do arquiteto nessas interações paramétrica e algorítmica. No entanto, tais variações são realizadas com menores esforços humanos e com maiores (e novas) possibilidades de projeto. Em outras palavras, Denivaldo Leite e Júlia Martins (2015, p. 1-4) apontam que, com a utilização da programação e de *scripts*, os arquitetos estão se tornando desenvolvedores de suas próprias ferramentas que abordam, além do estudo da forma, questões relacionadas a desempenho lumínico, térmico, estrutural, segurança, economia etc. Assim, “o script, ou programação, possibilita que o designer adapte, customize ou reconfigure por completo o software de desenho assistido por computador, de acordo com suas predileções e modos de trabalho” (ibid, p. 2). Essa programação está transformando as relações entre o designer e seu produto, ou seja, o modo de projetar. Há uma maior sobreposição entre as fases de processo de projeto de análise, síntese e avaliação que podem ocorrer simultaneamente.

Os Laboratórios de Fabricação Digital ou Fab Labs⁴ (*Fabrication Laboratory*) estão contribuindo também com esse novo relacionamento entre o projeto e fabricação, graças à impressora 3D, corte a laser, máquinas de Controle Numérico Computadorizado (CNC), técnicas aditivas, subtrativas e deformativas da robótica etc. Isso está possibilitando manufaturar componentes de edifícios, montar, instalar e executar o seu acabamento final (soldagem, pintura, polimento), e promovendo novos métodos e lógicas dentro da indústria da construção civil. Para Batistello *et al* (2015, p. 137), essa Prototipagem Rápida, seja em escala reduzida ou 1:1, é um instrumento que materializa os arquivos digitais em um curto espaço de tempo. Ou seja, protótipos virtuais podem ser rapidamente transmitidos para novos protótipos físicos, permitindo melhor compreensão, avaliação e, quando houver mais de uma opção, comparação dos atores envolvidos no processo de projeto arquitetônico. A popularização dos Fab Labs, segundo David Sperling *et al* (2016, p. 119), deve-se à diminuição de seus custos, expiração de patentes, fabricação de equipamentos regionais etc. Nesses espaços maker, é possível realizar eventos, oficinas e atividades de ensino e extensão voltados para a realidade com uma abordagem tecnológica, colaborativa e participativa para criação de protótipos principalmente de mobiliário urbano para “ressignificação e reativação de espaços urbanos de uso público e

¹ Atualmente, a documentação de Projeto de Arquitetura, segundo Thiago Omena *et al* (2019, p. 231-8), encontra-se no quarto método: o algorítmico, iniciado a partir dos anos 1980 com super computadores de maior velocidade e capacidade de processamento de dados. A transição entre os métodos algorítmico e seu antecessor (o computacional) ultrapassou a reprodução de atividades repetitivas de desenho e passaram a afetar o método de projeto com novos procedimentos para encontrar soluções inovadoras na composição de geometrias não convencionais, emergindo a chamada *Algorithm Aided Design* (AAD), ou arquitetura assistida/auxiliada por Algoritmo. Assim, os objetos não são desenhados com mouse, mas sim definidos por uma programação específica. Esse método baseado no algoritmo estabelece uma nova ligação entre ideia e produto e entre projetista e projeto.

² A produção *file-to-factory* acontece quando os arquivos de projeto informam diretamente às máquinas de usinagem para produção (MEDEIROS, 2019, p. 28).

³ Segundo Moreira, Kowaltowski e Beltramin (2016, p. 56-7), o processo de projeto é entendido como “um ciclo de atividades que compreende a concepção, a descrição, a construção e o uso do espaço construído”.

⁴ O *Fab Lab* surgiu no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), no laboratório interdisciplinar *Center for Bits and Atoms*, fundado em 2001 pela *National Science Foundation* (NEVES, 2014, p. 133).

coletivo”, tais como o *Living Innovation Zones, Nation of Makers, National Week of Making, White House Maker Faire, Maker Cities, Urban Prototyping Festival*⁵ etc. (PIRES e ERLICH, 2015, p. 5-9).

Neste universo do BIM, além do caráter tecnológico, o projeto pode assumir um caráter gerencial mais colaborativo pela natureza de seu processo, composto por fases diferenciadas no qual intervêm um conjunto de participantes, com específicas responsabilidades, quanto a decisões técnicas e econômicas e quanto ao cumprimento de prazos (COELHO e NOVAES, 2008). Batistello *et al* (2019, p. 9) enquadram as possibilidades dessa implementação do BIM nos seguintes estágios: (1) modelagem em software paramétrico tridimensional (ArchiCAD®, Revit®, Digital Project® e Tekla®) com ganhos na geração de documentos em uma única disciplina; (2) colaboração entre disciplinas e responsabilidades por componentes; e (3) integração baseada em redes, onde é possível executar análises complexas em estágios iniciais de projeto e construção virtual. É nesse último estágio que o Professor Wilson Florio (2005, 2011), da Universidade Presbiteriana Mackenzie, destaca que o processo de produção de projeto com BIM deixa de ser hierárquico sequencial e centralizado (com um líder de decisões), e passa a ser colaborativo (decisões em conjunto, troca rápida de informações), aumentando a produtividade com ganho de agilidade.

Isso tem trazido novas interrogações para o já intenso debate sobre processo de projeto e de ensino-aprendizado em Arquitetura e Urbanismo e nas diversas Engenharias. Por se tratar de transformações tão intensas e ligeiras, o Projeto de Pesquisa *As transformações ocasionadas pelo BIM na prática e no ensino de projeto*, do Instituto de Engenharia do Araguaia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (IEA/Unifesspa) vem se dedicando em uma investigação para maior entendimento da evolução já ocorrida, consolidada na prática profissional e no processo de ensino-aprendizado, e em curso, com as expectativas de mudança. Assim, neste artigo, apresenta-se a etapa de revisão da literatura mais recente desta pesquisa sobre, no item 2, processo integrado de ensino-aprendizado de projeto, no item 3, de experiências de extensão e ensino com BIM no exterior cursos de Arquitetura e Urbanismo, no item 4, de experiências no Brasil; e no item 5, crítica da arquitetura contemporânea, sobretudo para não esvaziar o papel do projeto de transformação da sociedade em direção à superação de suas desigualdades. Ao final, no item 6, são apresentados alguns desdobramentos desta pesquisa em andamento.

2. PROCESSO INTEGRADO DE ENSINO-APRENDIZADO DE PROJETO

De forma pontual ou mais abrangente, estão surgindo experiências de projeto apoiados na plataforma BIM, no Brasil e no mundo. Entretanto, no processo de ensino-aprendizado, existe uma certa dificuldade de acompanhar a velocidade dos avanços tecnológicos de projeto e de produção de arquitetura, devido às necessidades de infraestruturas, como laboratórios, hardwares e softwares, e de capacitação profissional dos docentes e técnicos (AUGUSTO e AMORIM, 2015 p. 27). Benedetto, Bernardes e Pires (2017, p. 70) também destacam que a implantação do BIM ainda carece de profissionais qualificados nos cursos superiores de Arquitetura e das diversas Engenharias. É preciso considerar ainda uma certa complexidade devido à pluralidade interdisciplinar, o que não é uma realidade das universidades brasileiras já que a prática da interdisciplinaridade não é recorrente. Vasconcelos e Sperling (2016, p. 97), em um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina, levantam uma informação relevante sobre o ensino das novas plataformas: “em sua grande maioria, os experimentos de design digital vêm sendo conduzidos não por disciplinas de atelier de projeto, mas por disciplinas das áreas de representação e tecnologia das construções”.

Desse modo, a introdução do BIM requer adentrar em uma discussão maior e já existente sobre novos papéis do professor e do aluno e da integração de unidades curriculares nos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Como exemplo de desarticulação, destaca-se a citação de Medeiros (2019, p. 28) que existe, no ensino da Arquitetura, uma “dificuldade de explorar a energia expressiva da construção”, pois é persistente a “desarticulação entre o pensar a forma e o pensar a técnica, que denuncia um vácuo de conhecimento em tectônica”. Por outro lado, é importante pontuar a experiência pioneira no Brasil de integração de conteúdos de diferentes componentes curriculares no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de

⁵ *Urban Prototyping Festival* é uma competição de protótipos de mobiliários urbanos criada em 2012 em São Francisco com o lema “fazendo cidades melhores, mais rápido”. Foram utilizadas ferramentas de fabricação digital, tecnologias de alta complexidade como das áreas de mecatrônica e robótica e conexão com os interesses socioculturais da geração web. 05 protótipos foram eleitos para testes durante 2 meses e posterior produção industrial com a participação da prefeitura. Posteriormente, multiplicaram-se em diversas cidades os eventos *Market Street Prototyping Festival, Makeweekend* e outros temáticos “como o desenvolvimento de artefatos para o empoderamento das mulheres nas cidades, para uma terceira idade mais ativa, ou para geração de energia limpa e redução do impacto ambiental” (PIRES e ERLICH, 2015, p. 5-9).

Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), iniciada ainda nos anos 1990.

Segundo Cavalcante *et al* (2015, p. 492-3, 497-501), esse “avanço pedagógico” aconteceu graças ao processo de discussões coletivas entre coordenação, professores e alunos, realizadas ainda nos anos 1987 e 1988. Para melhor qualidade do ensino, essa integração busca que o discente perceba como poderá realizar uma síntese dos conhecimentos diversos (tecnologia, teoria, história, representação, projeto). É uma forma de reverter a fragmentação das disciplinas de arquitetura na institucionalização do ensino da profissão. Isso conduz ao compartilhamento de conhecimentos, ao trabalho conjunto entre professores e alunos e ao ganho de qualidade no processo de aprendizagem⁶.

Para Batistello *et al* (2019, p. 4-13), essa abordagem integrada no ensino de Arquitetura se aproxima da relação com o mercado de trabalho, renova os padrões didáticos e poderia alcançar a chamada tríade de competências: conhecimento como a teoria; habilidade como o saber fazer; e atitude como a ação de colocar em prática. Para os autores, é importante não focar no resultado, mas sim no processo. “É sobre o processo que é preciso discutir. O processo de aprender ‘fazendo’, não é o mesmo processo de ‘saber fazer’, que trabalha as habilidades acadêmicas” (ibid, p. 5). Assim, embora haja uma ênfase de aproximação à realidade, os autores reforçam que “atitudes sem conhecimentos não geram resultados, por isso as atitudes devem ser respaldadas na integração de conhecimentos”. Essa proposta de aprendizado (mais autônoma e focada na aprendizagem e não no ensino) necessitaria de estratégias pedagógicas mais ativas e inovadoras, sendo a tecnologia BIM uma das ferramentas que podem ajudar na integração de equipe e na realização de avaliação nas etapas de análise e de síntese no projeto de atelier integrado.

3. EXPERIÊNCIAS DE ENSINO DE BIM NO EXTERIOR

Mattana e Ilha (2017) entendem que o BIM não é somente uma plataforma de sistemas operacionais, mas sim uma metodologia que pode influenciar diretamente na colaboração de determinado grupo durante um projeto com a possibilidade das trocas de dados entre os integrantes. Para Augusto e Amorim (2015, p.20), “deve-se entender o papel do BIM não somente como um pacote de softwares, mas também como um exercício de colaboração, sustentabilidade e gestão dos recursos”. Com a grande demanda pelas empresas para a implantação do BIM, tornou-se cada vez mais necessária a aprendizagem de tais habilidades, assim como a introdução da plataforma nas matrizes curriculares dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura. Para que a implantação do BIM seja consolidada de forma bem sucedida, defende-se um modelo de adoção integrada que envolva disciplinas técnicas e teóricas.

Em relação a essa introdução do BIM nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Augusto e Amorim (2015, p.19) classificam esse processo em 3 etapas: etapa 1, com enfoque na modelagem paramétrica; etapa 2, com enfoque na colaboração; e etapa 3, com enfoque na criação compartilhada e colaborativa do modelo da edificação. Já Pepe *et al* (2018, p. 677-81) classificam em outros três níveis: (1) nível básico ou geral, com conhecimento das ferramentas; (2) nível avançado, com abrangência a processos envolvendo vários atores; e (3) nível profissional, quando o processo chega até a etapa de produção.

Um dos casos pioneiros que alcançou o nível avançado de implantação do BIM seria do curso de Arquitetura da *Penn State University*. A entrada do BIM teve origem em 2004 através de um seminário em parceria com a Autodesk. Em 2005, o ensino do Revit passou a fazer parte de uma unidade curricular do 2º ano e uma abordagem mais teórica sobre essa metodologia foi incorporada a uma unidade curricular existente. Em 2009, foi construída a unidade curricular de projeto interdisciplinar *Interdisciplinary Collaborative BIM Studio*, juntando alunos em equipes multidisciplinares de projeto (engenharia, arquitetura-engenharia e arquitetura paisagista). A presença de curso de engenharias no mesmo *campus* facilitou o aparecimento desse novo modelo de ensino. Esta disciplina se estrutura em uma fase de elaboração de um *Plano de Execução BIM*, com definição de objetivos da equipe, de tarefas, responsabilidades, calendários etc.; e de desenvolvimento de projeto, seguindo método de trabalho *Integrated Project Delivery* (modelo virtual BIM partilhado por todos) sendo que os próprios estudantes

⁶ Nas revisões mais recentes do PPC, o Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFRN contou com palestrantes de outras experiências inovadoras, tais como as professoras Jupira Gomes de Mendonça (CAU-UFGM) e Maria de Jesus Britto Leite (CAU-UFPE). Chegou-se ao consenso que o atelier é o ambiente ideal para esta integração, sendo que o ensino de projeto responsabilidade de todos os professores, e não somente dos professores de projeto. Assim, os componentes curriculares Projeto Arquitetônico, Planejamento e Projeto Urbano e Regional e Planejamento da Paisagem se fundiram em um único componente intitulado *Projeto Integrado*, contando com a participação de 3 ou 4 *professores complementares* (tecnologia, representação, teoria, etc.) com carga horária menor (um crédito) e inserções pontuais ao longo do semestre (CAVALCANTE *et al*, 2015, p. 497-501).

de arquitetura são projetistas e paralelamente responsáveis pela coordenação da equipe. O programa e a localização se assemelham a um projeto real e a avaliação é feita em relação ao “grau de interoperabilidade atingido entre as diferentes disciplinas visível na qualidade da proposta final” (PEPE et al, 2018, p. 677-8).

Na *École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse*, na França, foi criada, em 2006, a unidade curricular optativa - *Maquettes numériques et nouvelles pratiques de collaboration*, onde se introduziu a tecnologia BIM com estudos de modelagem e cálculos sobre consumo energético. Em 2013, na unidade curricular do 4º ano *Séminaire*, surgiu uma nova opção: *Architectures Numériques*, cujo objetivo era a reflexão da complexa relação entre forma e informação na produção arquitetônica. A disciplina se divide em duas fases. Na primeira, os alunos em grupo desenvolvem um projeto em IFC BIM, presencialmente e à distância, com usos do software *Solibri Model Checker* e da plataforma *Moodle*. Na segunda, designada por *Architectures paramétriques*, é realizada uma pesquisa teórica sobre processo de trabalho em BIM (PEPE et al, 2018, p. 679).

Já na *University of Salford*, no Reino Unido, foi criado, em 2014, um curso de Arquitetura onde o BIM já está introduzido no plano curricular. No 1º ano, há o módulo *Principles of Architectural Structures* sobre modelagem, visualização e análise de estruturas em softwares BIM. No 2º ano, o módulo *Performance Modelling and Integrated Design* oferece uma experiência colaborativa entre os alunos de Arquitetura com foco em simulação energética; já o módulo *Multidisciplinary Project 2* adentra em projeto em equipes multidisciplinares com parceria de alunos de outros cursos (*Quantity Surveying, Building Surveying, Construction Management e Architectural Technology*) (PEPE et al, 2018, p. 678-9).

Em relação às infraestruturas, vale ressaltar que, no cenário da América do Sul, David Sperling *et al* (2016, p. 123-4) mapearam os Fab Labs das faculdades de Arquitetura e Urbanismo na América do Sul e os classificaram em duas linhas principais de atuação de: (1) desenvolvimento tecnológico, com invenção de máquinas e fabricação de moldes para a construção e de componentes arquitetônicos (componentes para a indústrias da construção); e, (2) desenvolvimento social e ambiental, com objetos, modelos e protótipos de edifícios históricos, para pessoas com necessidades especiais e para o desenvolvimento de comunidades.

4. EXPERIÊNCIAS DE ENSINO DE BIM NO BRASIL

Barison e Santos (2010 *apud* BENEDETTO, BERNARDES e PIRES, 2017, p. 70) entendem que a implantação do BIM nas universidades brasileiras pode ser espelhada nos métodos de implantação americana considerados avançados e de ponta. No entanto, é importante conhecer e construir métodos próprios desenvolvidos dentro da realidade brasileira. A revisão da literatura aponta que tais experiências são diversas em atividades de ensino e extensão e em diferentes estágios de implantação do BIM.

Batistello *et al* (2015, p. 137) citam a *Rede Pronto 3D – Prototipagem Rápida e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D* que envolve quatro cursos de Arquitetura e Urbanismo e Design do Estado de Santa Catarina, cujo objetivo é “auxiliar as diferentes etapas do projeto através da pesquisa, criação, desenvolvimento e produção de modelos, maquetes e produtos”. Os autores também apresentam a experiência de *Maratona de Projetos de um parklet* realizada no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ). A fabricação digital e prototipagem rápida aconteceram nas etapas de materialização da proposta como modelo reduzido para avaliação da banca (em MDF 3 mm) e de execução da proposta em escala 1:1 (em MDF 18 mm) pela equipe vencedora, que fora inicialmente instalada no local do concurso e depois remanejada para a Universidade. Durante a execução, foi incentivado o uso de softwares BIM, mas esta escolha era livre entre os participantes, sendo os mais utilizados ArchiCad, SketchUp, Revit e AutoCad. Os modelos digitais foram planejados nos softwares Pepakura e 123DMake e executados em MDF 18 mm com cortes foram executados em uma *Computer Numerical Control* (CNC). Além de ter demonstrado ser uma ótima experiência de avaliação para própria banca do concurso, o processo de fabricação digital e prototipagem rápida demonstrou eficiência na execução com tempo efetivo de montagem de 1,5 hora. Para os alunos, destacam-se o enriquecimento das discussões metodológicas de projetos arquitetônicos, a maior proatividade e responsabilidade dos discentes sobre o processo e a melhor compreensão do processo de projeto (BATISTELLO *et al*, 2015, p. 138-41). Da pesquisa realizada com 101 acadêmicos participantes da Maratona,

(...) 74,2% afirmaram que sua equipe conseguiu verificar erros e acertos após a execução do protótipo e 85% afirmou que mudaria e evoluiria seu projeto após a mesma caso houvesse mais tempo para discutir o projeto e realimentar os

detalhamentos assim como reformular decisões estruturais e até conceituais. Ainda quando questionados sobre a fase em que o protótipo deve ser executado, 45,5% afirma que deve ser executado como parte do processo de projeto e como produto final, 42,6% afirma que deve ser executado apenas como parte do processo de projeto e apenas 11,9% afirma que ele deve fazer parte apenas do produto final do projeto arquitetônico. (BATISTELLO et al, 2015, p. 140)

Sobre os desafios para sua implantação, Batistello *et al* (2019, p. 4-13) destacam ainda a falta de domínio da tecnologia BIM por parte de docentes; pouca aproximação às escalas de planejamento urbano e regional (maior foco na Arquitetura), necessitando maior aprofundamento em City Information Modeling (CIM). Matrizes compartilhadas entre cursos como Engenharia Civil, Técnico em Edificações, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica e Mecatrônica, Eletrotécnica, Engenharia Agrônoma entre outros, podem possibilitar o trabalho interdisciplinar e em rede.

No Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, essa transição entre os “meios analógicos de projetar” e as possibilidades dos processos digitais está sendo feita através do Laboratório de Fabricação Digital e Prototipagem Rápida, inaugurado em 2015; de palestras, tais como de Franklin Lee, Afonso Orciuoli, Eduardo Sampaio Nardelli e Anne Save; e do projeto de extensão universitária intitulado *Processos Projetuais Emergentes: Design e Fabricação Digital para a construção de um abrigo responsivo*. Essa experiência consistiu na proposta de um abrigo responsivo que contou com a parceria de uma empresa de fornecimento de chapas e de ensaios do recém-lançado MDF resistente à água. O processo de trabalho não utilizou o desenho como elemento principal e, seguindo referências de arquitetos como Eladio Dieste, Luigi Moretti, Frei Otto e Anthony Gaudi, partiu de técnicas de *Form Finding*, “onde a força da gravidade e o próprio comportamento dos materiais eram elementos que definiam a forma do objeto de estudo”. Foi utilizado o plug-in para Grasshopper *Kangaroo* e a modelagem base foi feita em *meshes* para facilitar a fabricação digital por adição (impressoras 3d Makerbot que utilizam PLA ou ABS) e técnicas de subtração (máquina de corte a laser e router CNC). Foram criados modelos físicos em escala reduzida ou 1:1 para teste quando fora encontrado resultado razoável criado por algum algoritmo. O trabalho, então em desenvolvimento, conseguiu produzir arcos catenários construídos digitalmente e em MDF (LEITE e MARTINS, 2015, p. 1-5).

No curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Almeida *et al* (2017, p. 28-33) descrevem a experiência didática da disciplina (obrigatória desde 2013) *Modelagem Digital e Prototipagem* que introduz a lógica da modelagem algorítmico-paramétrica e de prototipagem rápida e fabricação digital no processo de projeto. A disciplina se estrutura em três etapas: (1) introdução teórico-conceitual; (2) Lógica de abstração da forma de referências de projetos complexos (Memorial do Holocausto, de Peter Eisenmann; Swiss Re. Headquarters, de Foster and Partners; Absolute Towers, de Mad Architects) e modelagem algorítmico paramétrica com o software Rhinoceros e o plug-in Grasshopper; e (3) desenvolvimento do trabalho final da disciplina. Por um lado, os autores alertam sobre a importância de um “arcabouço de conhecimentos elementares de geometria e aspectos de programação para consolidação desta arquitetura digital”. Por outro lado, eles destacam o ganho da fabricação digital (impressora 3D e máquina de corte a laser) no processo didático, pois “pela primeira vez em seus percursos na graduação, os alunos tiveram a oportunidade de verem seus projetos materializados com a precisão inerente a estes equipamentos”.

O Professor Wilson Florio (2005, 2011) destaca, de suas experiências de ensino com BIM, que os alunos passam a enfrentar logo na fase inicial a solução de questões mais técnicas (construibilidade e viabilidade técnica) com definição de estrutura, vedações, caixilharia, processo construtivo etc. Isso porque o BIM tem o potencial de visualização do todo e de detalhes (tal como dos elementos construtivos), mesmo nas fases iniciais, aproximando o exercício acadêmico da realidade e propiciando um trabalho colaborativo entre equipes. Porém, como desvantagem, o docente destaca que ainda não há muitos desenvolvedores para o Revit de elementos construtivos comuns no Brasil.

Para o Professor Marcelo Tramontano (2016), do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, o BIM facilita o ensino de projeto de edificações com formas complexas, geometrias não-euclidianas, formas arquitetônicas não-ortogonais, múltiplas curvaturas etc. Ele também defende que este processo requer que os alunos conheçam características mais precisas de cada elemento desde o início do processo de concepção, pressupondo uma importância grande do saber técnico-construtivo. Ele aponta ainda que, no atual cenário, o professor de projeto, que antes era caracterizado como provedor de informações e instruções profissionais, passa a ser proponente, debatedor e relativizador das informações obtidas pelos alunos em incontáveis fontes. Por outro lado, Marcelo Tramontano ressalta

que, apesar dos ganhos em estudo da forma digital, imagens de maquetes eletrônicas podem induzir à compreensão errônea do que se vê na tela. E, por isso, ele defende que o modelo físico ainda é de grande importância para pré-visualização, mais até do que os modelos digitais.

5. CRÍTICA DA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Esta justaposição entre ferramentas de projeto analógicas e digitais esbarra em um debate maior sobre teoria da arquitetura contemporânea. O arquiteto professor Paulo Afonso Rheingantz (2016) destaca que a formação do arquiteto deve preparar os alunos para enfrentar novos desafios em representação e qualidade do projeto arquitetônico, pois daqui a 5 anos, período esperado de curso de Arquitetura e Urbanismo, novas tecnologias irão surgir. Com isso, é importante instigar o papel crítico e questionador do arquiteto. Não somente para prepará-los para constantes atualizações tecnológicas; mas também para criticar a produção de arquitetura contemporânea frente às sedutoras inovações tecnológicas. Nesse sentido, é necessário ressaltar a importância de ferramentas analógicas (croqui e maquete física) em um processo híbrido de concepção de projeto. Rheingantz (2016) exemplifica arquitetos, tais como Frank Gehry, Renzo Piano, Herzog & de Meuron, que iniciaram seus projetos de forma analógica com croquis e maquete física antes de sua digitalização. Para ele, em vez do confronto, é produtiva a mescla de analógico e digital. Pois, tanto na prática quanto no ensino de projeto, as duas linguagens são necessárias e complementares, e não contraditórias.

Ademais, nesse universo tão abrangente, o ensino de projeto não pode diminuir sua ênfase na crítica da produção arquitetônica contemporânea. Dentre diversas questões, ressalta-se a competição entre arquitetos pela forma arquitetônica mais inovadora e complexa. Isso porque, segundo Heliana Vargas (2014, p. 4), o caráter simbólico e a visibilidade inerente à própria arquitetura a tornam mais atraente como instrumento de demonstração de poder, trazendo com ela visibilidade do arquiteto que se apresenta também ao olhar público. Assim, “não apenas a arquitetura dos edifícios, mas também o projeto urbano e o planejamento urbano têm sido usados como instrumentos de divulgação e promoção pessoais e político-eleitorais. O cliente é, então, o poder local”.

Otília Arantes (2013, p. 48-50) destaca que as construções monumentais ou megaempreendimentos-âncora não corrigiram o *antiurbanismo* da geração anterior e são utilizados como instrumentos de poder no mundo dos negócios e das cidades globais⁷.

Ignasi de Solá-Morales (2003) também critica essa multiplicação de objetos arquitetônicos heterogêneos, cada um com seus discursos, parciais e fragmentados, desde os anos 1960 e 1970 (pós-moderno). Para ele, a arquitetura contemporânea é uma experiência pluriforme e complexa que perdeu as referências absolutas e aumentou a distância entre a prática e a teoria do projeto de arquitetura. Isso resulta em uma arquitetura débil cuja presença não está conectada ao lugar e forma paisagens desoladas e naturezas mortas.

Nas palavras de Bruno Zevi (2002) sobre *urbanidade*:

Nós que vivemos numa época em que todos pensam ter uma mensagem de importância universal para transmitir ao mundo, em inventar algo de novo, em se destacar do contexto social, em se sobressair, em que todos creem ser mais astutos do que todos os outros, estamos rodeados por uma arquitetura que pode ter todas as qualidades, mas não é certamente urbana. (...) e quem tem pressa de ser notado tem, com frequência, muito pouco a dizer. (ZEVI, 2002, p. 170-3)

Ou seja, destaca-se a produção arquitetônica com formas cada vez mais ousadas, mas que, apesar dos avanços tecnológicos, não respondem positivamente em sua relação com a escala humana ou a paisagem. Desse modo, é importante se aprofundar nas novas possibilidades e processos de projeto com BIM, mas sem afastar-se de relevantes críticas da Arquitetura. É válido reforçar a estima de projetar edifícios com “seus olhos voltados para a rua”, como explica Jane Jacobs (2009, p. 35-6); ou nas palavras de Jan Gehl (2013, p. 79), com uma “fachada ativa”, “com lojas alinhadas, fachadas transparentes, grandes janelas, muitas aberturas e mercadorias expostas”. O arquiteto paisagista Edward Hutchison (2011, p. 46-7) também traz uma interessante resposta para o desafio de projeto, dizendo que uma intervenção não pode

⁷ As cidades globais surgiram na década de 1970 quando o sistema financeiro global se expandia e o investimento estrangeiro circulava dentro e entre os mercados de capital (e não mais destinado a funções produtivas). Isso repercutiu no aumento de postos de controle e gerência da economia financeira e no contraste nas cidades entre riqueza e pobreza com uma forte dependência de trabalho imigrante (SMITH, 2015, p. 250).

surgir de uma “folha em branco” (ou de um *modelspace* vazio), pois “o projeto da paisagem é sempre a conversão de um lugar existente em alguma coisa”. Isso reforça a responsabilidade ao arquiteto sobre seu papel de intervenção na paisagem e na qualidade espacial de seu entorno. E, sem deslegitimar a importância do croqui, da vivência com o local etc., acredita-se que as ferramentas digitais podem contribuir no estudo de melhor relação com o entorno.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os constantes e ligeiros avanços tecnológicos, é preciso manter-se constantemente atualizado sobre as novas ferramentas e processos de projeto de Arquitetura e das diversas Engenharias, sem se afastar de importantes questões da crítica da arquitetura contemporânea. Isso é uma das justificativas para a realização do Projeto de Pesquisa *As transformações ocasionadas pelo BIM na prática e no ensino de projeto* que vem aprofundando sobre as experiências de extensão e ensino com BIM no exterior cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil e no exterior. A pesquisa realizada até então aponta a necessidade de construção de estratégias baseadas na realidade brasileira para introdução da plataforma BIM no ensino da Arquitetura e Urbanismo. Para tal, os próximos passos desta investigação adentram no estudo de PPC de Arquitetura e Urbanismo de universidades e institutos de ensino público. O intuito é analisar o panorama geral das Escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil para construção de conhecimentos sobre a introdução do BIM em disciplinas obrigatórias e optativas e demais questões que envolvem o processo integrado de projeto. Espera-se montar uma fotografia geral e destacar experiências inovadoras que poderão subsidiar o processo futuro de revisão do PPC de Arquitetura e Urbanismo do IEA/Unifesspa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Caio Augusto Rabite De; BORGES, Marcos Martins; LIMA, Fernando; SOUZA, Fabianny Rodrigues De. Do conceito a prática digital: Uma experiência didática sobre novas linguagens para expressão de tectônicas criativas. In: *XXI Congresso Internacional de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 2017, Concepción*. Blucher Design Proceedings, 2017. p. 28.
- BATISTELLO, PAULA; BALZAN, KATIANE LAURA ; PIAIA, LUANA PEROZA ; MIOTTO, JULIANO. Prototipagem rápida e fabricação digital em ateliê vertical: do processo à materialização. In: *XIX Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital 2015, Florianópolis*. Anais do XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital 2015, 2015. p. 137.
- BATISTELLO, Paula; BALZAN, Katiane Laura; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 10, p. e019019, abr. 2019.
- BENEDETTO, H.; BERNARDES, M. M. S. ; PIRES, R. W. . ENSINO DE BIM NO BRASIL - Análise do Cenário Acadêmico. *INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (IMPRESSO)*, v. 20, p. 70-84, 2017.
- CAVALCANTE, E. S.; VIEIRA-DE-ARAÚJO, N. M. ; OLIVEIRA, G. P. . O “Projeto Integrado” no CAU-UFRN: o amadurecimento de uma prática pioneira de integração curricular. *Cadernos ABEA*, v. 40, p. 490-501, 2015.
- COELHO, Sérgio Barbosa de Salles; NOVAES, C. C. . Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. In: *VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios*, 2008, São Paulo, SP. Anais do VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2008.
- FLORIO, Wilson. Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: duas experiências com estudantes de arquitetura. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 6, p. 43-66, 2011.
- FLORIO, Wilson. *O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: FAUUSP, 2005.
- GEHL, J. *Cidades para Pessoas*. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- HENRIQUES, Goncalo. Responsive Systems: Foundations and Application - The importance of defining meta-systems and their methods. *Smart and Responsive Design - Volume 1 - eCAADe 34*, p. 511-520, 2016a.
- _____. *Arquitetura algorítmica: Técnicas, processos e fundamentos.. Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*. Porto Alegre, p. 1-20, 2016b.
- HUTCHISON, E. *O desenho no projeto da paisagem*. Barcelona: Gustavo Gili, 2011.
- JACOBS, J. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2009.
- LEITE, Denivaldo Pereira; MARTINS, Júlia Tenuta. Processos projetuais emergentes: A utilização de Design Digital e Prototipagem Rápida aplicados em Extensão Universitária. In: *SIGRADI 2015, FLORIANOPOLIS*. Informação do projeto para interação, 2015.
- MATTANA, Leticia; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. *CONTRIBUIÇÃO DO BIM PARA A SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DE EDIFICAÇÕES*. *Mix Sustentável*, São Paulo, v. 6, n. 2, p.137-147, 2017. Disponível em:

<<http://mixsustentavel.paginas.ufsc.br/files/2017/05/Mix-Sustent%C3%A1vel-6-Artigo-15.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2019

- MEDEIROS, R. O conteúdo tecnológico-constructivo no atelier de ensino de projeto: análise em duas instituições de ensino superior. *REVISTA PROJETAR - PROJETO E PERCEPÇÃO DO AMBIENTE*, v. 4, p. 25-39, 2019.
- MOREIRA, Daniel de Carvalho; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; BELTRAMIN, R. M. G. DINÂMICAS QUE ENSINAM: A METODOLOGIA DE PROJETO NO ENSINO DE ARQUITETURA. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 11, p. 55, 2016.
- OMENA, Thiago Henrique; LARA, Arthur Hunold; OLIVEIRA, Claudia Terezinha De Andrade. Arquitetura algorítmica e as mudanças nos paradigmas de representação e documentação arquitetônica. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 227-246, jan./fev. 2019.
- PEPE, M.; RESENDE, R.; PINTO, P. O BIM no ensino da arquitetura em Portugal: o caso do ISCTE-IUL. In António Aguiar Costa, Miguel Azenha (Org.). *2º Congresso Português de Building Information Modelling*. Lisboa. p. 674-656, 2018.
- RHEINGANTZ, Paulo Afonso. Projeto de Arquitetura: Processo Analógico ou Digital?. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 11, p. 95-102, 2016.
- SOLA-MORALES, I. *Diferencias Topografía de la Arquitectura Contemporánea*. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, SA., 2003.
- SPERLING, D. M.; HERRERA, P. C.; CELANI, M. G. C.; SCHEEREN, R. Fabricação digital na América do Sul: um mapeamento de linhas de ação a partir da arquitetura e urbanismo. In: *XIX Congresso da Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital*, 2015, Florianópolis. Project Information for Interaction. Florianópolis, p. 119-125, 2016.
- TRAMONTANO, Marcelo. Quando pesquisa e ensino se conectam: design paramétrico, fabricação digital e projeto de arquitetura. *Arquitextos* (São Paulo), v. 16, p. 01-10, 2016.
- VARGAS, Heliana Comin. O arquiteto e seus clientes. In: VARGAS, H. C, ARAÚJO, C. P. (orgs). *Arquitetura e mercado imobiliário*. Barueri, SP: Manole, 2014, p. 1-14
- VASCONSELOS, TÁSSIA BORGES DE; SPERLING, DAVID MORENO. Entre representações, parâmetros e algoritmos: um panorama do ensino de projeto de arquitetura em ambiente digital na América Latina. In: *XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital*, 2016, Buenos Aires. Blucher Design Proceedings. São Paulo: Editora Blucher. p. 94-804.
- ZEVI, B. *Saber Ver a Arquitetura*. São Paulo: Martins Fontes, 2002.