

5. DESENVOLVENDO COMPETÊNCIAS E HABILIDADES NO ENSINO DO BIM: a experiência da École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie

*Maria Luiza Almeida Cunha de Castro
Felipe Ribeiro Cunha
Fernando Pinheiro Moreira*

Introdução: O BIM enquanto construção digital

A informática aplicada ao projeto começou a ser utilizada pelos arquitetos nos anos de 1960. Desde então, o Computer-Aided Design (CAD) e mais recentemente o Building Information Modeling/Management (BIM) transformaram completamente a prática das profissões ligadas à indústria da construção (MEYER, 2016).

O BIM é uma “representação digital compartilhada fundada em padrões abertos para a interoperabilidade BIM Standard (NBIMS)”¹ (Project Committee of the Building SMARTalliance *apud* BARLISH; SULLIVAN, 2012, p. 150). O processo é baseado

¹ São nossas as traduções de citação em língua estrangeira feitas neste capítulo.

no compartilhamento das informações em uma plataforma confiável, possibilitando a integração de todos os atores envolvidos e sua participação nas tomadas de decisão (EASTMAN *et al.*, 2011). A adoção do BIM e os processos colaborativos que ele envolve podem melhorar significativamente a eficiência do projeto, construção e operação do edifício, principalmente em níveis de comunicação, coordenação, compatibilização de projetos² (JIN *et al.*, 2018, p. 1378).

Esta forma de operar é compatível com a crescente complexidade das obras atuais, e diversos pesquisadores já observam uma evolução efetiva no sentido da adoção do BIM (JIN *et al.*, 2018, p. 1378). Entretanto, do ponto de vista do mercado da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) como um todo, ainda existem poucos agentes envolvidos em experiências concretas, e os efeitos reais na produtividade e benefícios econômicos ainda são pouco conhecidos (YANG; CHOU, 2019, p. 2).

Por outro lado, em ambientes onde a indústria da construção é mais complexa – Taiwan, por exemplo –, a própria competitividade entre as empresas tem favorecido a tendência de evolução rápida e, a partir daí, o uso da tecnologia poderá se estender a outros contextos, inclusive considerando-se a propagação de políticas públicas de incentivo ou imposição do uso do BIM, que tem sido observada em diversos países (YANG; CHOU, 2019, p. 2)

A demanda do mercado correlacionada à difusão do BIM se constrói, portanto, em torno de um perfil de profissional que deverá ter uma compreensão abrangente e conhecimento sobre as diferentes questões envolvidas no projeto e construção, e que deverá trabalhar em equipes interdisciplinares. Existe, porém, um descompasso entre esta demanda e a disponibilidade de profissionais preparados para enfrentá-la (OLOWA; WITT; LILL, 2019, p. 306), e as instituições de ensino superior de diversas

² “coordination” em inglês ou “synthèse” em francês, possível a partir da visualização e detecção de *clashes*, que são interferências entre elementos de diferentes disciplinas (CUNHA, 2020).

áreas (Arquitetura, Engenharia, Computação Gráfica e Gestão de Obras) estão sendo compelidas a colocar a questão em pauta, gerando grandes investimentos em educação e pesquisa (YANG; CHOU, 2019, p. 2).

A aprendizagem das novas formas de organização de trabalho exige, portanto, uma ruptura com o ensino tradicional, compartimentado em disciplinas, para ser capaz de gerar oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de colaboração. A utilização do BIM não só faz desta questão uma demanda premente, como também pode ser o catalisador desses processos (MACDONALD, 2012; MATHEWS, 2013; OLATUNJI, 2019).

Este capítulo investiga questões em torno da aprendizagem BIM na *École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie* (ENSA Normandie), na França, utilizando-se da análise do projeto pedagógico do curso e de uma pesquisa de campo, incluindo observação participante, visita à instituição e entrevistas com professores e alunos, além de entrevistas com profissionais que atuam no campo, para avaliar a correlação entre ensino e demandas de mercado.

Inicialmente, são identificadas as tendências pedagógicas preponderantes no que diz respeito ao ensino do BIM no mundo, que partem da tentativa de criar condições para o desenvolvimento do potencial do aluno, com foco na prática e na capacidade de solução de problemas emergentes, posição defendida como estratégia de aprendizagem por Schön (1983), entre outros.

A seção seguinte apresenta o entendimento atual sobre a aplicação dos conceitos na prática de ensino do BIM, que decorre de uma reflexão desenvolvida em um workshop internacional sobre o tema.

Identifica-se, na sequência, a existência de diferentes níveis de maturidade no ensino, que podem ser avaliados a partir seja de um foco nos níveis de habilidades cognitivas desenvolvidas pelos alunos, conforme propõe Bloom (1956), seja de um foco

na abordagem que a instituição adota com relação ao ensino do BIM, conforme Underwood *et al.* (2013, *apud* OLOWA; WITT; LILL, 2019).

A investigação sobre a ENSA Normandie inclui uma análise documental (projeto pedagógico e documentos do curso) e a uma pesquisa de campo qualitativa de cunho exploratório, a partir de observação participante, visita à instituição, bem como de entrevistas semiestruturadas e não-estruturadas com agentes ligados à atividade neste âmbito.

Os dados da pesquisa são analisados à luz das discussões teóricas e do contexto de inserção, trazendo subsídios para as considerações e questionamentos que são colocados em pauta.

Ensino do BIM como “reflexão na ação”: o foco no desenvolvimento do potencial do aluno

O ano de 2003 é considerado um marco no início do ensino do BIM em escolas internacionais nos cursos AEC (BARISON; SANTOS, 2010, 2011), mas o processo ainda está em fase de experimentação, não havendo uma abordagem ideal definida.

Dentro das diferentes metodologias de aprendizagem do BIM, entretanto, a transmissão do conhecimento tem se afirmado a partir da prática, em consonância com modalidades da pedagogia moderna, que concebem uma dissolução da teoria na prática: nelas, o foco está em “como aprender”, dando sentido ao lema “aprender a aprender” (SAVIANI, 2005).

Vários autores (WITT; KÄHKÖNEN, 2019; OLOWA; WITT; LILL, 2019; SACKS, PIKAS, 2013) propõem que o objetivo das estratégias de ensino seja chegar, mesmo que através de etapas intermediárias, à criação de um espaço de aprendizagem articulado e organizado pelo BIM. Neste sentido, as metodologias evocam diferentes influências, inspirando-se no pragmatismo de Dewey (que destaca a importância do meio para a educação), na

teoria experiencial de aprendizagem de Kolb (que foca no efeito da experiência para a aprendizagem) (WITT; KÄHKÖNEN, 2019) ou nos pressupostos epistemológicos de Schön associados ao *reflective learning* (RL) – a reflexão na ação, direcionamento que implica um tipo de aprender fazendo, baseado no conhecimento tácito.

No âmbito do ensino, de uma forma mais ampla, a proposta de Schön é defendida por diversos autores – por exemplo, Perrenoud (2002, p. 89-105) ou, no Brasil, Tardif (2003) e Lelis (2001). A tarefa do professor, neste contexto, residiria mais na criação de condições para o desenvolvimento do potencial do aluno do que na transmissão de conhecimentos. A vantagem desta abordagem está principalmente no desenvolvimento da capacidade de adaptação do aluno, face a situações novas em um mundo que demanda, cada vez mais, práticas “simultâneas, metafóricas, estéticas contextuais e sintéticas” em substituição às habilidades “sequenciais, literais, funcionais textuais e analíticas” do modelo pós-industrial (PINK, 2006, p. 26 *apud* CUSHMAN, 2014, p. 349).

Schön (1983) descarta as respostas pré-elaboradas e entende que cada situação demanda uma reflexão própria, fato que gera novos marcos de referência. Ele propõe o abandono da exclusividade da racionalidade técnica (que está embutida nas estruturas de ensino universitário) e a introdução da “pesquisa de ação” ou reflexão na ação (p. 31), que contempla o conhecimento tácito: ou seja, ele defende uma “epistemologia da prática, que leve em conta a competência que os praticantes algumas vezes exibem em situações de incerteza, complexidade, excepcionalidade, e conflito” (p. 29).

No que diz respeito ao BIM, esse foco na prática e na capacidade de solução de problemas emergentes tem colocado a perspectiva de Schön em destaque, referência para diversos autores (SACKS; PIKAS, 2013; CAVUSOGLU, 2015; VENANCIO; DE BRITO, 2018).

A abordagem prática no ensino do BIM facilita o ensino de outros tópicos, ligados a materiais, estrutura e demais questões construtivas, mesmo que eles não tenham sido previamente ensinados, já que possibilita uma contextualização e visualização clara dos detalhes. Ao mesmo tempo, prepara os alunos para trabalhar em equipes, de forma alinhada com processos e pessoas envolvidas em organizações e projetos. O foco em problemas reais, por sua vez, contribui para a aprendizagem, dando significado aos objetivos e aumentando a motivação dos alunos (PIKAS; SACKS; HAZZAN, 2013).

As experiências já existentes do ensino do BIM demonstram um aumento significativo da capacidade dos alunos em perceber o ambiente e compreender a complexidade dos produtos da construção, a partir da sua experiência em lidar com várias camadas de informação gerada por computador associada a processos construtivos nas obras (JIN *et al.*, 2018). O ambiente ideal para a aprendizagem do BIM é, portanto, interdisciplinar, possibilitando a articulação de diferentes conteúdos, com foco na aplicação prática.

Estudando a transição: articulações e propostas

A transição do ensino organizado em disciplinas estanques para uma modalidade mais integrada adequada para o BIM pode acontecer a partir de uma ruptura ou de adaptações incrementais. O que parece ser o usual, na maioria dos casos, é a gênese das práticas pedagógicas de adoção do BIM a partir de disciplinas isoladas, e as experiências de integração ainda são raras (JIN *et al.*, 2018; OLOWA; WITT; LILL, 2019). Este pode ser efetivamente, então, o caminho para uma futura articulação mais abrangente, já que em um âmbito mais amplo a aprendizagem interdisciplinar também tem tradicionalmente surgido de disciplinas isoladas que se expandem para abarcar outras (OLOWA; WITT; LILL, 2019, p. 309).

Um workshop realizado em junho de 2011 na Technion-Israel Institute of Technology (Technion-ITT) foi uma das primeiras grandes articulações em torno da discussão sobre o ensino do BIM, e suas conclusões ainda são, hoje, uma referência. A iniciativa reuniu os representantes de 12 universidades de sete países (Brasil, Chipre, Estônia, Israel, Noruega, Portugal e Estados Unidos), que procuraram definir parâmetros referentes às seguintes questões: níveis desejados de competência do BIM (compreensão e competências); metas específicas de aprendizagem como base para desenvolver competências; diretrizes para currículos; critérios para avaliar cursos. O workshop consolidou o entendimento de que, do ponto de vista de operacionalização, o BIM deve ser introduzido em currículos de forma sistemática, em cursos e projetos já existentes, podendo ser, também, ensinado como um curso autônomo (SACKS; PIKAS, 2013).

Outra conclusão do workshop – reiterada em estudos de caso subsequentes de Pikas, Sacks e Hazzan (2013) – foi de que o ensino deve ser distribuído ao longo dos anos do curso e deve evoluir gradativamente, iniciando pelo desenvolvimento de habilidades de representação, passando pelo uso das várias funcionalidades ligadas às disciplinas correlacionadas, para chegar, nos últimos anos, a aplicações mais interdisciplinares relativas à prática profissional.

No que diz respeito às funcionalidades operacionais das ferramentas BIM, a maior parte pode ser aprendida de forma autônoma pelos alunos, uma vez que os desenvolvedores de softwares disponibilizam tutoriais bem detalhados, mas elas podem, também, ser introduzidas nos primeiros níveis do curso, para garantir um nivelamento (SACKS; PIKAS, 2013). De qualquer forma, é essencial que o BIM seja ensinado “não somente como uma ferramenta, mas também como uma plataforma e um ambiente em que a colaboração é potencializada” (JIN *et al.*, 2018, p. 1379). As disciplinas ligadas a múltiplos temas devem, portanto, ser

articuladas – por exemplo, Topografia, Materiais, Estruturas, Orçamento, Instalações, Planejamento, Gestão, Tecnologia da Construção (BARISON; SANTOS, 2010; HUANG, 2018) – e elas podem estar organizadas em diversos formatos (em cursos de graduação, pós-graduação ou programas de *trainee*/estágios) tais como oficinas, *studios* de projeto. Outras modalidades incluem a organização ao longo do currículo com foco na solução de um determinado problema ou o desenvolvimento de teses (BARISON; SANTOS, 2010).

Graus de maturidade: habilidades cognitivas desenvolvidas e competências necessárias

Embora existam algumas instituições que já conseguem se aproximar de uma aplicação ampliada e articulada das ferramentas BIM, muitas delas ainda oferecem um conteúdo básico, baseado na sua utilização enquanto recurso de representação, ou de informática (SACKS; PIKAS, 2013; OLOWA; WITT; LILL, 2019).

Identificam-se, assim, diferentes níveis de maturidade no ensino. Uma forma tradicionalmente utilizada para determinar este grau de maturidade é a correlação com os níveis de habilidades cognitivas desenvolvidas pelos alunos em cada caso. Assim, diversos autores fazem referência à Taxonomia de Bloom, que coloca os objetivos de aprendizagem em seis níveis: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação, numa evolução gradativa que vai do raciocínio concreto ao abstrato. Os três primeiros níveis correspondem a habilidades cognitivas mais baixas do que os seguintes (DENZER AND HEDGES, 2008 *apud* SACKS; PIKAS, 2013; ENSA NORMANDIE, 2016; MATHEWS, 2013, BARISON; SANTOS, 2010, 2014; SACKS; PIKAS, 2013; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2013; SAIDO *et al.*, 2018; ANDERSON *et al. apud* HUANG, 2018; MACDONALD, 2012).

Para uma aplicação no ensino do BIM, estudos como os de Huang (2018) e Barison e Santos (2010) utilizam uma revisão desta taxonomia, proposta por Anderson *et al.* em 2001, que define um processo gradativo de aprendizagem passando pelas seguintes etapas: lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar, criar (HUANG, 2018, p. 1997). Barison e Santos realizaram um estudo envolvendo 103 escolas de AEC, no qual identificam três níveis (introdutório, intermediário e avançado) de acordo com o grau de complexidade com que o conceito é abordado – classificação também adotada por Ruschel, Andrade e Morais (2013). De acordo com a pesquisa, o desenvolvimento das habilidades cognitivas mais básicas ocorre nos primeiros anos de curso, e a inserção de conceitos mais maduros – o trabalho em equipe e a complexidade – tem lugar em etapas posteriores, em *studios* de projeto ou disciplinas de tecnologia da construção. A imersão no mundo profissional, sob a forma de treinamentos e estágios em empresas, combinada com experiências em gestão, por sua vez, foram as categorias de aprendizagem nas quais eles identificaram o desenvolvimento das habilidades cognitivas mais avançadas.

A mesma taxonomia é adotada como base para a estrutura de três níveis proposta por Huang (2018) para os currículos focados na gestão de obras. As habilidades necessárias para a formação dos profissionais, segundo o autor, podem ser desenvolvidas a partir de atividades agrupadas nos níveis fundamental; de aplicação; e avançado; em disciplinas obrigatórias e optativas, que permitiriam aos alunos avançar gradativamente.

Embora sem referência direta a taxonomias, outros pesquisadores analisam os níveis de maturidade, neste caso, não a partir das habilidades dos alunos mas, sim, das características da abordagem que a instituição adota com relação ao ensino do BIM. Underwood *et al.* (2013 *apud* OLOWA; WITT; LILL, 2019) falam de três estágios: o primeiro deles se refere a instituições em que há uma consciência sobre o BIM, resultante da disponibilização

de informações sobre os diferentes softwares e a plataforma; o segundo envolve instituições focadas em BIM, oferecendo disciplinas isoladas que estimulam a sua utilização; o terceiro, por sua vez, diz respeito a instituições efetivamente “habilitadas” para o BIM, nas quais “a aprendizagem é incorporada no ambiente virtual de BIM e o BIM atua como um ‘veículo’ para a aprendizagem” (UNDERWOOD *et al.*, 2013 *apud* OLOWA; WITT; LILL, 2019, p. 311).

Essa classificação foi utilizada por Olowa, Witt e Lill (2019), que investigaram 51 casos descritos na literatura sobre o ensino do BIM, verificando que, na maior parte deles, as instituições já haviam superado o primeiro estágio. Porém, somente cinco destas instituições haviam alcançado o terceiro estágio e apenas um pouco menos da metade oferecia mais do que uma disciplina para o ensino do BIM. As estratégias utilizadas pelas diversas escolas incluíam seminários, ou oficinas, além de novas modalidades criadas para atingir objetivos que não podiam ser acomodados em cursos existentes – tais como estágios supervisionados e formação nas empresas (uma modalidade de ensino com grande potencial de integração com a indústria, segundo Zhang, Xie e Li (2019)).

A pesquisa de Olowa, Witt e Lill (2019) revela uma evolução com relação à situação que havia sido encontrada por ocasião do relato de Sacks e Pikas (2013), a partir da participação no workshop Internacional de Educação do BIM no ITT. Naquela ocasião, eles haviam identificado o emprego do BIM unicamente enquanto recurso de representação, ou ferramenta de informática, na maioria das instituições investigadas. Portanto, comparando as duas pesquisas, parece haver nitidamente um avanço. Porém, o fato de a maioria das instituições continuar não utilizando o BIM como elemento articulador para a aprendizagem (OLOWA; WITT; LILL, 2019) demonstra que as estratégias de ensino ainda estão em fase de consolidação.

Desta forma, a questão que ainda prevalece é como fazer a transição entre uma organização de currículo mais tradicional e aquela necessária para articular a interdisciplinaridade requerida pelo BIM. Esta questão permanece, portanto, como central, na agenda das discussões.

Na realidade, a aprendizagem adquire sentido na medida em que é capaz de atender às necessidades atuais do aluno e ajudá-lo a evoluir melhor no futuro (OLATUNJI, 2019). Para que isto seja possível, é necessário utilizar, da melhor forma, as competências relacionadas às dinâmicas de ensino e aprendizagem existentes em cada instituição, que “terá de decidir onde e como incorporar componentes BIM, considerando seu contexto, políticas e estratégias únicas” (SACKS; PIKAS, 2013, p. 04013016-5).

Para Succar, Sher e Williams (2013), as competências são requeridas não somente no nível das instituições, mas também: no nível do indivíduo; dos grupos (que não têm necessariamente um objetivo em comum e cuja performance é a soma das competências individuais); das equipes (que possuem um objetivo em comum e devem agir de forma sinérgica); e, por fim, no nível dos *clusters* de organizações, unidas temporariamente na busca de um propósito.

Desta forma, a educação voltada para o BIM deve partir de uma exploração das competências existentes de acordo com a realidade de cada instituição de ensino, mas deve também considerar as demandas do mercado para o qual ela prepara profissionais.

Problemas e dificuldades na transição: a inércia do ensino tradicional

Com relação aos entraves que as instituições de ensino superior deverão encontrar ao longo da implantação do ensino do BIM, destacam-se: os obstáculos usuais que se colocam para o desenvolvimento de um novo currículo ou mesmo novas

disciplinas, inclusive os relativos à demanda de carga horária que isto implica; os problemas de suporte técnico e interoperabilidade; a carência de materiais específicos e professores qualificados para o ensino – é necessário que os instrutores tenham experiência prática com a ferramenta –; além da própria diferença de nível e habilidades entre os alunos. Outra questão diz respeito à falta de interação em geral existente entre os diferentes departamentos das instituições, e à resistência dos educadores às mudanças: uma eventual reestruturação de currículo demanda procedimentos dentro de um departamento e entre departamentos. As tentativas de implantação mais amplas do BIM esbarram no fato de que as diferentes disciplinas têm objetivos de aprendizado diversos, estão sob a responsabilidade de professores diferentes, e demandam um enfrentamento das diferenças culturais (BARISON; SANTOS, 2011; OLOWA; WITT; LILL, 2019; PIKAS; SACKS; HAZZAN, 2013). Nesse âmbito, uma das cisões mais evidentes está nas disciplinas de projeto, que requerem dos alunos uma resposta global e coerente com o programa imposto pelos professores, mas raramente provêm condições de se atingir o nível de detalhe necessário a uma utilização do BIM durante o processo de criação (CUNHA, 2020).

Ademais, a complexidade e o rigor inerentes ao BIM se articulam dificilmente com o nível de maturidade exigido dos alunos. Os requisitos das disciplinas de projeto, sobretudo nos primeiros anos, não permitem uma prática do BIM “equivalente” à encontrada no meio profissional, este também em constante evolução (MARIE, 2019). Na maioria das instituições de ensino, a prática interdisciplinar no ensino não oferece atualmente, portanto, condições suficientes para uma plena aplicação do BIM. As disciplinas, salvo exceção, não são organizadas com trabalho em conjunto e não conseguem reproduzir o modelo de projeto colaborativo. Os alunos podem, no máximo, familiarizar-se com alguns dos grandes princípios relativos ao BIM: modelagem do

edifício, coerência dos documentos, trabalho colaborativo, domínio de diferentes ferramentas digitais (CUNHA, 2020).

Outro grande dificultador é a rápida evolução da tecnologia, o que exige uma reciclagem constante do conhecimento. No panorama geral, as barreiras incluem ainda a falta de apoio das universidades e a própria falta de articulação entre os diversos cursos – Engenharia, Arquitetura, Gestão. Assim, os problemas são muitos, mas os maiores deles estão no âmbito organizacional. Existe, portanto, uma necessidade de coordenação em três níveis: dos professores, do currículo e das universidades. Uma outra questão é o fato de que existe o risco de que o BIM seja encarado como o objetivo final e não como um meio de alcançar o verdadeiro objetivo, que é lidar com a complexidade (SACKS; PIKAS, 2013).

Estudo de caso: ensino do BIM na ENSA Normandie

O estudo de caso proposto incluiu uma análise documental do material pedagógico estruturante do atual currículo da École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie (ENSA Normandie) e uma pesquisa de campo.

O currículo em vigor na escola é resultante de uma extensa discussão interna, que ocorreu em 2016, a partir de um decreto governamental (Decreto de 15 de abril de 2015), estabelecendo os procedimentos de credenciamento para escolas de Arquitetura na França. O processo foi uma oportunidade de mobilização de todos os atores para uma elaboração de estratégia compartilhada e incluiu discussões, seminários e a formação de grupos de trabalho, resultando no “*dossier d'accréditation*”, aprovado em seguida pelo governo. Além deste documento, foram analisados ainda o documento de “regulamentação dos estudos” e o ementário das disciplinas dos dois ciclos. A pesquisa de campo

incluiu observação participante,³ além de uma visita de campo e entrevistas, realizadas entre os meses de dezembro de 2019 e fevereiro de 2020, com três arquitetos atuantes no mercado (em empresas que desenvolvem projetos de grande porte), três professores responsáveis pelas disciplinas BIM na ENSA Normandie, três alunos em fase de realização de Trabalho de Conclusão de Curso e com a coordenadora pedagógica da instituição. As entrevistas com os docentes foram semiestruturadas e com os demais entrevistados, não estruturadas.

A ENSA Normandie é uma instituição sob a tutela compartilhada do Ministério da Cultura e Comunicação e do Ministério Público de Ensino Superior e Pesquisa e se situa em Darnétal, na França, nos limites com a cidade de Rouen. Foi fundada em 1984, instalando-se em uma antiga fábrica de correias elásticas reabilitada, com 6.000 m² de área útil. O foco pedagógico da escola está “na análise das mutações contemporâneas, formando profissionais reativos e aptos a apreender as novas possibilidades da diversificação das profissões de arquitetura”, procurando “se fixar dentro de uma problemática contextual por meio da requalificação do entorno urbano, industrial e portuário” (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 7). Desde 2012, a escola está classificada entre as 100 melhores escolas europeias no ranking DOMUS. Nela lecionam 70 professores permanentes e 120 externos, que preparam 700 alunos em cinco níveis de formação, em ciclos de licenciatura e pós-graduação. Entre as parcerias externas, destaca-se a colaboração com a INSA Rouen (Escola de Engenharia) em torno do BIM (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 7).

A organização do currículo se faz a partir das diretrizes do processo de Bolonha, que procurou unificar o ensino europeu, instituindo um sistema pelo qual a formação superior ocorre em

³ Felipe Ribeiro Cunha, coautor do presente capítulo, mantém prática profissional relacionada com a utilização do BIM em Paris e atua desde 2014 na instituição, atualmente como Mestre de Conferências, sendo responsável por quatro das disciplinas BIM, em conjunto com outros docentes que foram entrevistados.

dois ciclos: licenciatura (seis a oito semestres, com 180 créditos ECTS⁴) e pós-graduação – mestrado ou *master* (três a quatro semestres) e doutorado (seis semestres) (SIEBIGER, 2019).

Na ENSA Normandie, o primeiro ciclo dura seis semestres e visa permitir aos alunos trabalhar os princípios fundamentais para intervir profissionalmente em diversas escalas e contextos, organizando-se a partir de três níveis cognitivos: “Observar para descobrir”, no primeiro ano; “Medir para construir”, no segundo; e “Montar para compor”, no terceiro (ENSA NORMANDIE, 2016. p. 43). Esta proposta de organização parece se relacionar com os três primeiros níveis da escala de Bloom (conhecimento, compreensão, aplicação).

Nesta etapa, cada nível inclui ateliês de projetos práticos (um principal, um temático e um compartilhado que procura garantir a transdisciplinaridade); cursos magistrais, focando temáticas teóricas e oficinas voltadas para arte e técnica, além de estágios supervisionados (de curta duração – duas semanas a dois meses, conforme a etapa do curso em que o aluno se encontra). Cada semestre é constituído por 30 ECTS. Ao final da licenciatura, com um total de 180 ECTS, o aluno deve produzir e apresentar um relatório de fim de curso (ENSA NORMANDIE, 2016) que permite avaliar a capacidade de compreender e articular os conhecimentos adquiridos (CUNHA, 2020).

O ensino do BIM não fazia anteriormente parte do primeiro ciclo: em 2013, ele havia sido implantado unicamente no ciclo Master, no sétimo e oitavo semestres, como disciplina optativa para grupos de 15 alunos. A reformulação do projeto pedagógico da Escola levou à introdução de carga horária dedicada ao ensino das ferramentas digitais, no geral, e do BIM, em particular, a partir da constatação da necessidade de acompanhamento da evolução das práticas profissionais (CUNHA, 2020).

⁴ European Credit Transfer and Accumulation System, que mede a carga horária (SIEBIGER, 2019)

Assim, o ensino das disciplinas envolvendo informática é atualmente desenvolvido por meio de cinco disciplinas que se sucedem a partir do segundo semestre. É interessante observar que o primeiro contato dos alunos com o tema – a iniciação ao desenho em 2D (S02) – ocorre dentro do contexto chamado de “arquitetura e arte da representação”. A introdução ao BIM ocorre no terceiro semestre (*BIM et Maquette Numérique 1*) que, juntamente com o semestre seguinte (*S04: Approfondissement des Outils Numériques*), está inserido no contexto das “artes e técnicas”. No quinto semestre a disciplina *BIM et Maquette Numérique 2* é inserida no contexto de “meio ambiente e cultura construtiva” (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 43; CUNHA, 2020). Este enquadramento demonstra a evolução da abrangência do foco de aprendizagem, inicialmente centrado na representação, passando em seguida para a técnica e mais adiante para a categoria mais transversal de “cultura construtiva”, impondo gradativamente uma compreensão a partir da qual o aluno se situa efetivamente no espaço (CAMILLERAPP, 2020). Assim, o ensino obedece a lógicas diferentes, permitindo a utilização dos conhecimentos em diferentes contextos: ferramentas de produção, de concepção e de análise 3D, de simulação (CUNHA, 2020), e marcando a diferença entre o desenho como meio de representação e o desenho como expressão de uma ideia (VERNEY, 2020).

A articulação do BIM com as demais disciplinas é definida a cada semestre, a partir de redirecionamento ou adaptação de propostas, de acordo com estratégias conjuntas entre os responsáveis pelas disciplinas. Neste caso, os exercícios de modelagem podem, por exemplo, utilizar como suporte os edifícios existentes a serem analisados pelos alunos nos cursos de projeto do semestre (CUNHA, 2020).

Porém, esta prática ainda é incipiente, pois a repartição da carga horária entre as disciplinas e a temporalidade do exercício de projeto dificultam o uso dos conhecimentos adquiridos em BIM no mesmo semestre (CUNHA, 2020). Ademais, existe uma

reticência dos professores de projeto quanto ao uso de ferramentas BIM para a representação dos projetos dos alunos, fato reiterado por todos os docentes entrevistados.

O segundo ciclo, o ciclo Master, dura quatro semestres e incita os alunos a adquirir e desenvolver capacidades de conceber um projeto arquitetônico e urbano com uma certa autonomia. Ademais, eles devem apreender a complexidade dos processos contemporâneos associados à prática de projeto e estruturar uma reflexão crítica baseada em um percurso de iniciação à pesquisa e aos diversos modos de exercício da arquitetura (ENSA NORMANDIE, 2016).

Esse ciclo é baseado na existência de um tronco comum conjugado a percursos optativos que dão abertura para a exploração dos interesses específicos dos alunos. O tronco comum é o lugar de desenvolvimento de uma abordagem transversal entre todos os temas explorados, envolvendo, enquanto modalidades pedagógicas, disciplinas teóricas (que podem incluir colóquios e palestras externas) e uma oficina (TD) por semestre.

A partir da discussão em torno da reformulação do projeto pedagógico, em 2016, o ensino do BIM passou de opcional a obrigatório no sétimo semestre, integrando esse tronco comum (disciplina: *BIM et Maquette Numérique 3*) e envolvendo a gestão de projeto e a interoperabilidade, com foco também na colaboração e cooperação (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 53; CUNHA, 2020). O ensino é organizado a partir de um curso teórico sobre a “evolução das novas práticas de elaboração e colaboração na realização de projetos de arquitetura” e de uma *Fabrique BIM* (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 53).

As *Fabriques* são instrumentos pedagógicos constituídos por meio de parcerias com outras instituições e ocorrem nos sétimo e oitavo semestres, podendo ter como foco diferentes temas – inclusive pesquisa teórica – e permitem ao aluno aprofundar seus interesses específicos. O último semestre é dedicado ao desenvolvimento do trabalho final de curso.

O ensino do BIM é objeto de um dos percursos de aprofundamento e é optativo no oitavo semestre, apresentado por meio da *Fabrique* de desenvolvimento de ferramentas colaborativas (*développement des outils collaboratifs – BIM*): “o objetivo é abordar o projeto a partir da inovação digital reforçando, ao mesmo tempo, a articulação com as disciplinas do campo STA” (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 53). Em geral, cerca de 20% dos alunos fazem esta opção (CAMILLERAPP, 2020).

A abordagem é pluridisciplinar e inclui o “tratamento de problemáticas científicas, econômicas, ambientais e normativas, ligadas às questões energéticas e aos modos construtivos” (ENSA NORMANDIE, 2016). Os alunos de Arquitetura atuam em parceria com alunos de Engenharia, que lidam com questões térmicas e de estrutura em projetos concretos, no domínio de dois parceiros regionais – a Escola de Engenharia INSA de Rouen e a ESITC de Caen. O diálogo é, assim, provocado entre duas maneiras de tratar o processo de projeto, do ponto de vista do arquiteto e do engenheiro, envolvendo diversas abordagens. Os temas de trabalho são ligados a problemas reais, colocados em pauta por instituições ou, eventualmente, empresas, inclusive, por exemplo, a Bouygues, multinacional que tem como um dos focos principais a construção (SAHUC, 2020). Dado que os alunos de Arquitetura e Engenharia trabalham sobre mesmo modelo, eles são confrontados a uma situação próxima daquela vivida no âmbito profissional em modo BIM colaborativo, buscando soluções através de diálogo e cooperação (CUNHA, 2020).

Considerações sobre o ensino na ENSA: limites da integração horizontal

A ENSA Normandie oferece uma das maiores cargas de ensino em BIM dentre as escolas de Arquitetura francesas, embora não reivindique uma “habilitação” para o BIM no seu curso (CUNHA, 2020).

O objetivo pedagógico principal do ensino do BIM, tal como proposta por Schön (1983), é a criação de condições para o desenvolvimento do potencial do aluno e da capacidade de adaptação, face a situações novas. Contribuem, neste sentido, a formação e a experiência profissional dos professores das disciplinas ligadas ao BIM da ENSA Normandie – arquitetos praticantes que se habilitaram dentro de suas respectivas práticas profissionais (CUNHA, 2020; CAMILLERAPP, 2020; VERNEY, 2020; SAHUC, 2020). Desta forma, estão aptos para o acompanhamento das atividades e desenvolvimento das competências demandadas pelo mercado, dentro do respeito de valores e objetivos compatíveis com as propostas de ensino.

O currículo acompanha a evolução gradativa de aquisição de habilidades cognitivas, em sintonia com as recomendações do workshop Internacional na ITT, apresentadas por Sacks e Pikas (2013). Assim, as disciplinas operacionais são introduzidas de forma isolada nos primeiros níveis do curso, para garantir um nivelamento. A integração horizontal transdisciplinar entre o BIM e os demais domínios de estudos só ocorre pontualmente em função das oportunidades pedagógicas, ou seja, de necessidades expressas pelos ateliês de projeto. Porém, a investigação aponta que, neste momento do curso, o ensino do BIM, embora ainda fragmentado em disciplinas específicas, permite aos alunos desenvolver habilidades cognitivas relacionadas à representação dos projetos, quais sejam “lembrar, compreender, aplicar” (HUANG, 2018).

Em nível de mestrado, por outro lado, destaca-se a abordagem de questões relacionadas às informações de construção e sua modelagem efetiva, com a proposta de ensino articulado para a potencialização da colaboração, a partir do foco na solução de problemas reais: no sétimo semestre, os alunos lidam com as propriedades de fase (demolição e construção) dos modelos BIM, e na disciplina optativa do oitavo semestre, eles acessam

e manipulam propriedades de custo e resistência (mecânica, térmica e acústica) dos modelos (CUNHA, 2020). Uma grande vantagem do processo de trabalho em BIM na prática profissional, em relação a processos de projeto em 2D (manual e digital), consiste em resolver os conflitos das diversas partes do projeto, a compatibilização. O aprendizado dessa prática não existe em geral no ensino de arquitetura, que é direcionado à concepção global do projeto. Na ENSA Normandie é pouco o tempo dedicado ao aprendizado do detalhamento e quase inexistente o dedicado ao ensino das interações dentro da arquitetura, estrutura e hidráulica/elétrica (CUNHA, 2020). A estrutura mais flexível do mestrado possibilita, portanto, que os alunos com este foco tenham um aprofundamento no BIM, dentro de um contexto mais interdisciplinar de busca de solução de problemas. Assim, o ensino no mestrado atua como um veículo para a aprendizagem de uma forma mais ampla, organizando os diversos conhecimentos dentro da lógica construtiva.

Nas outras especialidades, entretanto, as habilidades cognitivas em torno do BIM se limitam ao nível da lembrança, compreensão e aplicação. As entrevistas com os alunos confirmam esta avaliação. Embora os três alunos entrevistados tenham feito a opção de projeto para o trabalho final, nenhum deles aplicou o BIM nesta etapa. Dois dentre eles também não tiveram contato com a ferramenta nos estágios que fizeram ao longo do curso e não se aprofundaram na utilização da ferramenta, usando preferencialmente recursos de modelagem na concepção e representações artísticas (como o *sketch-up*) e de representação 2D em desenhos técnicos (FOURNET, 2020; LECLER, 2020). O terceiro aluno entrevistado (GUILLER, 2020) especializou-se em BIM no estágio que realizou com dois anos de duração, mas para o trabalho final de curso utilizou as ferramentas incentivadas nas disciplinas de projeto: maquetes físicas, croquis e desenhos artísticos, com foco no conceito e na concepção. A busca de

habilidades cognitivas mais avançadas, tais como as de análise, avaliação e criação de projetos e soluções próprias, parece, portanto, estar na base do curso da ENSA Normandie, mas ainda não vinculadas ao BIM.

Por um lado, as limitações do contexto de ensino restringem o alcance da aprendizagem: por exemplo, a fragmentação do ensino no ciclo de licenciatura e o fato de a disciplina focada na modelagem das propriedades só ocorrer no final do curso são questões que demarcam o campo de possibilidades de experiência do BIM enquanto método de trabalho colaborativo e interativo. A abordagem pedagógica poderia ser aprimorada por meio de uma maior integração entre as disciplinas de BIM, as disciplinas de projeto e as de estudos estruturais.

Por outro lado, parece existir um consenso entre os membros do corpo docente da ENSA Normandie de que o objetivo principal do curso é dar aos alunos uma percepção global dos métodos e das práticas encontradas no âmbito profissional. Acredita-se que o domínio avançado do BIM, assim como de outras questões específicas, vai ocorrer a partir das demandas profissionais que o profissional deverá enfrentar (CUNHA, 2020), mesmo porque é impossível aprofundar em todos os temas.

Do ponto de vista dos alunos, também não parece haver uma procura de especialização nas ferramentas (FOURNET, 2020; LECLER, 2020; GUILLER, 2020): a coordenadora pedagógica do curso lembra que as solicitações que recebe quanto à oferta são unicamente no sentido de diversificação das ferramentas apresentadas, mas não de seu aprofundamento (DUBOIS, 2020). Assim, o BIM é visto como um entre os diversos recursos de informática que podem contribuir para cada uma das diversas atividades da arquitetura (SAHUC, 2020).

A preocupação com a amplitude do escopo de atuação do profissional está presente no projeto pedagógico do curso, que destaca a “diversificação atual das competências e atribuições

do arquiteto, que têm levado a formas alternativas de exercício da profissão, não mais limitado à elaboração de projetos” (ENSA NORMANDIE, 2016, p. 54). A escola adota, então, um posicionamento de abertura para diversas especializações, perspectiva dentro da qual o domínio específico do BIM é apenas uma das várias possibilidades da prática profissional.

Considerações finais

O ensino do BIM ainda está em fase de implantação, um reflexo da sua falta de maturidade também nos mercados. Os benefícios que o BIM traz para os diferentes agentes envolvidos nos processos da AEC ainda são percebidos de forma controversa, sendo difíceis de avaliar, principalmente em estágios iniciais de adoção (YANG; CHOU, 2019). Parece, ainda, existir uma inércia na mudança de paradigma, que é mais facilmente rompida em situações que envolvem uma maior complexidade de projeto e/ou uma maior integração vertical entre os agentes (já que em grandes empresas a decisão de adotar novas formas de organização de trabalho pode ser centralizada). Desta maneira, muitos agentes continuam se sentindo incapazes de lidar com a complexidade que a mudança exige e preferem trabalhar de forma tradicional. Não existe, portanto, uma unanimidade nos posicionamentos quanto à viabilidade (inclusive econômica) de utilização do BIM para todos os tipos de projeto (YANG; CHOU, 2019). Na França, a partir das entrevistas realizadas com arquitetos (CASTRO, 2020; GUERIN, 2020; SIMONETTI, 2020) mas, também, com alunos, que tiveram contato com o mundo profissional em seus estágios, e com os professores, que atuam paralelamente no mercado, verifica-se que a utilização do BIM ainda é bastante limitada e, quando ocorre, consiste em uma etapa posterior à concepção, como subsídio para a construção, nem sempre utilizando o potencial pleno da ferramenta.

Esta situação do mercado se reflete no ensino, cuja adequação depende de uma nova forma de organização, implicando a ruptura de muitas práticas enraizadas. Ao mesmo tempo, diversos docentes, principalmente da área de projetos, manifestam uma grande apreensão de que o foco na resolução dos detalhes construtivos ou nas questões técnicas de representação acabem por interferir no processo de concepção e conceituação da arquitetura (VENANCIO; DE BRITO, 2018; CUNHA, 2020). Eles destacam que, por trás da construção, existe a concepção do projeto, que não pode ser negligenciada, sendo função do BIM ajudar a lidar com a complexidade (SACKS; PIKAS, 2013; CUNHA, 2020; CAMILLERAPP, 2020; VERNEY, 2020; SAHUC, 2020) e não tornar-se o próprio objetivo.

Por outro lado, existe também o risco de uma abordagem que coloca o BIM dentro dos limites impostos pela simples qualificação que uma disciplina de informática oferece ao aluno (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Desta forma, a própria ênfase a ser dada às diferentes questões envolvidas e o correto balanceamento entre elas constituem um ponto sensível.

No que se refere à complexidade do sistema BIM, ele exige o domínio de uma grande quantidade de conhecimentos, questão que coloca em pauta o fato de que os projetos pedagógicos dos cursos de Arquitetura já não conseguem contemplar a grande diversidade do escopo de atribuições dos arquitetos. Na França, disciplinas tais como Planejamento de Obras, Orçamento (que teriam sua correspondência no BIM 4D e 5D) não fazem parte do currículo de Arquitetura. A ideia que prevalece nas instâncias de ensino e pedagogia é de que existem outras lacunas ou deficiências que devem ser priorizadas. Mesmo no que diz respeito à construção, Verney (2020) lembra, por exemplo, que, antes de introduzir o planejamento ou a gestão de obras no currículo, existiria a necessidade de proporcionar um aprendizado adequado das próprias etapas de construção e obra. São, portanto,

os engenheiros ou economistas da construção que têm esta atribuição (CUNHA, 2020; CASTRO, 2020), sendo a concepção e a construção vistas como questões bem distintas (SAHUC, 2020).

Essa diferenciação levanta questionamentos quanto a uma eventual necessidade de especialização de um domínio que parece por demais extenso para o arquiteto (MATHEWS, 2013). O que vem ocorrendo, na prática das agências de arquitetura na França, é o surgimento do “especialista do BIM” ou *BIM Manager*, trabalhando em equipe ou assessorando escritórios que precisam fazer um projeto em BIM, mas que não têm a capacidade ou as competências. A função deste especialista – que pode ser o arquiteto, que concebe o projeto, o engenheiro ou, ainda, um profissional especialista contratado – consiste em criar protocolos (*BIM execution plan*) entre os membros da equipe de concepção dos projetos, a fim de adequar as maquetes digitais aos objetivos do cliente, garantindo que sejam feitas de acordo com esse protocolo, e organizando as etapas de trabalho e entregas dos modelos (CUNHA, 2020; CASTRO, 2020).

A principal competência necessária para exercer a função de *BIM Manager* – além do domínio dos softwares – é um conhecimento adequado do desenrolar de um projeto, desde os estudos preliminares até a entrega da obra, que permita uma boa antecipação dos problemas que deverão surgir (CUNHA, 2020).

No sentido de atender a esta demanda de especialização na prática, em vários países é possível constatar a emergência de uma nova profissão, designada, por exemplo, na Irlanda como *architectural technologist* (tecnólogo de arquitetura). Estes profissionais “são treinados para saber o que cada profissão faz e para saber qual projeto precisa dos outros profissionais”. Eles são preparados para gerenciar um processo integrado que envolve concepção e construção (HARTY; LAING, 2010, p. 558 *apud* MATHEWS, 2013); precisam desenvolver não uma *expertise* em todas as áreas envolvidas na construção, mas uma compreensão

global, que permita assumir a coordenação do BIM, facilitando a solução de problemas a partir de um processo colaborativo (MATHEWS, 2013). Observa-se, portanto, uma dialética que opõe uma visão de conjunto e abrangente a outra focada e especializada, o que cria uma tensão permanente e pode transformar uma demanda de articulação em fragmentação.

A enorme complexidade dos temas interdisciplinares aponta, também, para o fato de que não basta uma interdisciplinaridade dentro do curso de Arquitetura. É importante que haja uma abrangência maior, envolvendo diversos cursos correlatos, ligados à indústria da AEC.

Do ponto de vista de organização do currículo, a partir da análise do ambiente do mercado e do ensino, pode-se afirmar que a existência de dois ciclos, tal como previsto pelo acordo de Bolonha, e a possibilidade de especializações no ciclo Master são encaminhamentos que contribuem para a especialização do aluno e abrem a possibilidade de uma prática de ensino mais focada no BIM. Por um lado, esta modalidade permite o aprofundamento dos conhecimentos – práticos ou teóricos – do aluno na área específica em que deseja atuar e, por outro, permite a implantação de métodos de aprendizagem orientados para a solução de problemas e desenvolvimento do conhecimento tácito (tal como recomenda Schön) – que podem não ser considerados adequados para abordagens de questões mais teóricas e conceituais do curso de Arquitetura.

Ao mesmo tempo, o fato de a especialização ser optativa ajuda a diminuir a complexidade do problema de integração do BIM, uma vez que engloba uma quantidade menor de disciplinas, professores e alunos, facilitando, portanto, a articulação, inclusive do ponto de vista social, da interdisciplinaridade. Adicionalmente, no momento do curso em que a especialização ocorre (segundo ciclo), os alunos já possuem um nível de domínio da ferramenta,

o que também é favorável para que possam focar na complexidade do projeto em si.

Dentro deste contexto, a ENSA Normandie parece estar se enquadrando bem nas necessidades emergentes de mercado com relação ao BIM e, embora não esteja ainda no nível de maturidade mais elevado, em que o BIM efetivamente é o núcleo estruturante do curso, tudo se organiza para que seja o núcleo estruturante pelo menos da especialização nele focada. A evolução desta organização, com certeza, estará ligada à evolução e maturação do mercado.

Referências

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. *In: CIB W78 2010: INTERNATIONAL CONFERENCE, 27.,* Cairo, 16-19 November 2010. *Proceedings [...].* [S. l.]: Virginia Tech, 2010. p. 16-18.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Tendências atuais para o ensino de BIM. *Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, v. 5, 2011.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. A Tool for Assisting Teachers in Planning BIM Courses. *In: ISSA, R. I.; FLOOD, I. (ed.). Computing in Civil and Building Engineering.* Orlando, Florida: 2014. p. 2159-2166.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. How to Measure the Benefits of BIM – A Case Study Approach. *Automation in Construction*, v. 24, p. 149-159, 2012.

BLOOM, B. S. *Taxonomy of Educational Objectives*. Handbook: The Cognitive Domain. New York: David McKay, 1956.

CAMILLERAPP, B. Entrevista a Felipe Ribeiro Cunha. Rouen, 2 fev. 2020.

CASTRO, B. Entrevista a M. L. Castro. Paris, 15 dez. 2019.

CAVUSOGLU, Ö. H. The Position of BIM Tools in Conceptual Design Phase: Parametric Design and Energy Modeling Capabilities. *In: MARTENS, B. et al. (ed.). Real Time: Proceedings of the 33rd eCAADe Conference.* Vienna, Austria: Vienna University of Technology, 2015. v. 1, p. 607-612.

CUNHA, F. Entrevista a M. L. Castro. Paris, 24 jan. 2020.

CUSHMAN, J. Our Unstable Artistry: Donald Schön's Counterprofessional Practice of Problem Setting. *Journal of Business and Technical Communication*, v. 28, n. 3, p. 327-351, 2014.

DUBOIS, M. Entrevista aos autores. Rouen, 6 fev. 2020.

EASTMAN, C. M. *et al.* *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

ENSA NORMANDIE. *Dossier d'accréditation*. 2017-2021. Darnétal, França: ENSA Normandie, 2016.

FOURNET, P. Entrevista aos autores. Rouen, 6 fev. 2020.

GUERIN, P. Entrevista a M. L. Castro. Paris, 8 fev. 2020.

GUILLER, B. Entrevista aos autores. Rouen, 6 fev. 2020.

HUANG, Y. Developing a Three-Level Framework for Building Information Modeling Education in Construction Management. *Universal Journal of Educational Research*, v. 6, n. 9, p. 1991-2000, 2018.

JIN, R. *et al.* Project-Based Pedagogy in Interdisciplinary Building Design Adopting BIM. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 25, n. 10, p. 1376-1397, 2018.

LECLER, V. Entrevista aos autores. Rouen, 6 fev. 2020

LELIS, I. A. Do ensino de conteúdos aos saberes do professor: mudança de idioma pedagógico? *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 22, n. 74, p. 43-58, 2001.

MACDONALD, J. A. A Framework for Collaborative BIM Education across the AEC Disciplines. In: ANNUAL CONFERENCE OF AUSTRALASIAN UNIVERSITY BUILDING EDUCATORS ASSOCIATION (AUBEA), 37, Sydney, Australia, July 4-6, 2012. *Proceedings* [...]. Sydney: AUBEA, 2012.

MARIE, J.-B. *Architectes et ingénieurs face au projet*. Paris: Le Moniteur, 2019.

MATHEWS, M. BIM Collaboration in Student Architectural Technologist Learning. *Journal of Engineering, Design and Technology*, v. 11, n. 2, p. 190-206, 2013.

MEYER, K. P. Technology in Architectural Practice: Transforming Work with Information, 1960s-1990s. *Information & Culture*, v. 51, n. 2, p. 249-266, 2016.

OLATUNJI, O. A. Promoting Student Commitment to BIM in Construction Education. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 26, n. 7, 2019.

OLOWA, T. O. O.; WITT, E.; LILL, I. BIM for Construction Education: Initial Findings from a Literature Review. In: WITT, E.; LILL, I. (ed.). *10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Tallin, Estonia: Emerald Publishing Limited, 2019. p. 305-313.

PERRENOUD, P. *A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

PIKAS, E.; SACKS, R.; HAZZAN, O. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. II: Procedures and Implementation Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 139, n. 11, p. 05013002, 2013.

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

SACKS, R.; PIKAS, E. Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management. I: Industry Requirements, State of the Art, and Gap Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 139, n. 11, 2013.

SAHUC, P. A. Entrevista a F. Cunha. Rouen, 2 fev. 2020.

SAIDO, G. M. *et al.* Higher Order Thinking Skills among Secondary School Students in Science Learning. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, v. 3, n. 3, p. 13-20, 2018.

SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 37. ed. Campinas: Autores Associados, 2005.

SCHÖN, D. A. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books, 1983.

SIEBIGER, R. H. O Processo de Bolonha e sua influência na definição de espaços transnacionais de educação superior: a universidade brasileira em movimento. *Revista da Faculdade de Educação*, Cáceres, MT, v. 13, n. 15, p. 115-138, 2019.

SIMONETTI, G. Entrevista a M. L. Castro. Paris, 6 jan. 2020.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. An Integrated Approach to BIM Competency Assessment, Acquisition and Application. *Automation in Construction*, v. 35, p. 174-189, Sep. 2013.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação à formação para o magistério. *Revista Brasileira de Educação*, n. 13, p. 5-24, 2000.

VENANCIO, R.; DE BRITO, D. C. T. C. Fluxos de trabalho com ferramentas BIM: aplicação de questionário online. *Revista Projetar-Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 3, n. 3, p. 84-100, 2018.

VERNEY, B. Entrevista a F. Cunha. Rouen, 27 jan. 2020.

WITT, E.; KÄHKÖNEN, K. A BIM-Enabled Learning Environment: A Conceptual Framework. In: WITT, E.; LILL, I. (ed.). *10th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Tallin, Estonia: Emerald Publishing Limited, 2019. p. 271-279.

YANG, J.-B.; CHOU, H.-Y. Subjective Benefit Evaluation Model for Immature BIM-Enabled Stakeholders. *Automation in Construction*, v. 106, p. 1-12, 2019.

ZHANG, J.; XIE, H.; LI, H. Improvement of Students Problem-Solving Skills through Project Execution Planning in Civil Engineering and Construction Management Education. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 26, n. 7, 2019.

