

BIM no ensino de Engenharia Civil: proposta de adaptação de matriz curricular

BIM IN CIVIL ENGINEERING TEACHING: PROPOSAL FOR ADAPTATION OF THE CURRICULAR MATRIX

Wesley Eunathan Fernandes Lima¹

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Curvelo, MG, Brasil, eunathanlima@hotmail.com

Luane Assunção Paiva Melo²

Centro Universitário Facex, Natal, RN, Brasil, luane_paiva@hotmail.com

Reymard Sávio Sampaio de Melo³

Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, reymard.savio@ufba.br

Josyanne Pinto Giesta⁴

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil, josyanne.giesta@ifrn.edu.br

Resumo

O ensino de Building Information Modeling (BIM) deve ser visto como necessário considerando os requisitos atuais da indústria da construção. Estudos anteriores apontaram critérios para identificação de disciplinas que possuam interface com o ensino de BIM, como forma de ministrá-lo de forma integrada, distribuindo conteúdos em diversas disciplinas de um curso de graduação. Entretanto, poucos estudos focam na inserção do ensino de BIM em cursos de graduação em Engenharia Civil a partir do desenvolvimento de competências BIM individuais. Assim, este artigo formula hipóteses para implementação do ensino do BIM no curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A partir de uma pesquisa de campo exploratória, propõe-se duas categorias de hipóteses para implementação do BIM. A primeira categoria concentra-se na inserção do BIM em pelo menos uma disciplina de cada semestre que possui forte interface com o paradigma baseadas no desenvolvimento de competências BIM individuais. A segunda categoria concentra-se na coordenação e docentes de um curso de graduação, com foco na formação docente e na infraestrutura dos laboratórios.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção. Educação BIM. Ensino. Currículo BIM. Engenharia Civil.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) teaching must be seen as necessary, given the construction industry's current requirements. Previous studies have pointed out criteria for identifying undergraduate courses with an interface with BIM teaching to deliver it in an integrated way, distributing content in different classes of an undergraduate program. However, few studies focus on the insertion of BIM teaching in Civil Engineering undergraduate programs based on the development of individual BIM competencies. Thus, this article formulates hypotheses for the implementation of BIM teaching in the Civil Engineering undergraduate program of the Federal University of Rio Grande do Norte. From exploratory field research, we propose two categories of hypotheses for BIM implementation. The first category focuses on the insertion of BIM in at least one course each semester with a robust interface with the paradigm based on the development of individual BIM competencies. The second category focuses on the coordination and teachers of an undergraduate program, focusing on teacher training and laboratory infrastructure.

Keywords: Building Information Modeling. BIM Education. Teaching. BIM Curriculum. Civil Engineering.

How to cite this article:

LIMA, Wesley Eunathan Fernandes; MELO, Luane Assunção Paiva; MELO, Reymard Sávio Sampaio de; GIESTA, Josyanne Pinto. BIM no ensino de Engenharia Civil: proposta de adaptação de matriz curricular. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 11, p. e020028, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v11i0.8657369>

Received in 31.10.2019 - accepted in 02.08.2020 – published in 18.12.2020

e020028-1 | **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 11, p. e020028, 2020, ISSN 1980-6809



Introdução

O Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção é visto como um conjunto de tecnologias e processos que permite que os membros da equipe de projeto representem virtualmente as informações necessárias para as tarefas de projeção, construção e operação, desde os estágios iniciais do projeto até as fases do ciclo de vida das instalações construídas (EASTMAN et al., 2011). A indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem se entusiasmado frente aos benefícios de sua adoção, incluindo melhores resultados na construção, redução de erros, omissões e conflitos, além de auxílio no desenvolvimento de negócios (CLEVENGER et al., 2010).

Diante desse cenário, a aquisição de competências BIM durante a graduação é altamente valorizada pelo mercado, porque reduz os custos de sua adoção e melhora significativamente as oportunidades de carreira para os graduados na área de engenharia e arquitetura (WU; ISSA, 2014; RUSSELL; CHO; CYLWIK, 2014; GANAH; JOHN, 2014). Destaca-se ainda que a razão para o ensino de BIM nas universidades não se apoia somente na sua necessidade pelo mercado, mas na sua importância enquanto ferramenta de aprendizagem e efetivação de competências, influenciando o processo de projeto e possibilitando a interdisciplinaridade (BATISTELLO; BALZAN; PEREIRA, 2019).

Assim, embora essa indústria esteja demandando cada vez mais profissionais “[...] com conhecimentos e competências para colaborar e comunicar através das tecnologias BIM 3D/4D/5D” (LINO; AZENHA; LOURENÇO, 2012, p. 7), tais indivíduos, em maioria, não estão sendo graduados com tais habilidades. Embora 23 Instituições de Ensino Superior brasileiras possuam iniciativas de ensino BIM (BÖES, 2019), as pesquisas relacionadas a experiências didáticas de inserção do BIM são relativamente novas no Brasil (LEAL; SALGADO, 2019).

No âmbito nacional, estudos anteriores focaram no mapeamento de matrizes curriculares de cursos de Engenharia Civil (RODRIGUES; LIMA, 2017) e de Arquitetura e Urbanismo (ANDRADE, 2018) e na proposição de adequações para o ensino de BIM. Até o momento, existem poucos estudos que investigaram a associação entre hipóteses de inserção do ensino do BIM na matriz curricular de cursos de Engenharia Civil e uma abordagem baseada em competências BIM individuais. Uma formação baseada em competências possibilita uma abordagem integrada que valoriza tanto a renovação didática quanto a otimização da relação com o mercado de trabalho (VAN DER KLINK; BOON; SCHLUSMANS, 2007).

Assim, este artigo¹ tem como objetivo propor hipóteses para inserção do BIM no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Tais hipóteses foram formuladas a partir da identificação das disciplinas da matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFRN com o BIM e da avaliação da percepção docente com relação ao BIM e às interfaces das disciplinas lecionadas com o BIM.

BIM no ensino no Brasil

Pesquisas anteriores já traçaram um panorama nacional sobre BIM no ensino (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013; BENEDETTO; BERNARDES; PIRES, 2017; CHECCUCCI, 2019). Todavia, apesar dos estudos que discutem BIM no ensino serem consideráveis, poucos deles tratam da implementação dessa metodologia na área acadêmica (BENEDETTO; BERNARDES; PIRES, 2017), representando 8,4% do total de teses e dissertações defendidas sobre BIM no país entre 2013 e 2018 (CHECCUCCI, 2019).

Pontos cruciais para sua implantação no Brasil são a necessidade de entendimento do BIM pelo corpo docente e a revisão na estrutura das matrizes curriculares (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013). Além disso, precisa-se de integração dos diferentes conteúdos de disciplinas trabalhadas outrora isoladamente e a colaboração dos respectivos docentes (ANDRADE, 2018). Na visão dos docentes, há barreiras relacionadas à ausência de docentes capacitados (CRUZ; CUPERSCHMID; RUSCHEL, 2017; GIESTA; MENEZES; COSTA NETO; 2017), falta de tempo para montagem de novo currículo e aspectos pedagógicos (CRUZ; CUPERSCHMID; RUSCHEL, 2017).

Relatos iniciais do ensino de BIM demonstram um caráter pontual em um ou dois componentes curriculares (CHECCUCCI; 2014), versando sobre conteúdos teóricos ou com enfoque em modelagem paramétrica (PEREIRA; RIBEIRO, 2015). Entretanto, é importante uma abordagem integrada e colaborativa ao longo das disciplinas do curso, pois disciplinas já existentes nas matrizes curriculares apresentam suporte para o desenvolvimento de grande parte das competências para uso e aplicação dos processos BIM (BARISON; SANTOS, 2016).

Nesse sentido, destaca-se a metodologia desenvolvida por Checcucci e Amorim (2014). Por meio dessa abordagem, cada componente curricular pode ser analisado quanto a interface com o BIM. Momentos oportunos para inserção do BIM durante a formação dos discentes são identificados, na medida que se tem uma representação clara das disciplinas da matriz curricular que possuem uma possível relação ou interface explícita com o BIM.

Essa metodologia já foi aplicada em cursos de Engenharia Civil (RODRIGUES; LIMA, 2017; LIMA et al., 2019). Rodrigues e Lima (2017) inseriram um novo parâmetro na metodologia de análise de Checcucci e Amorim (2014) com base em Sacks e Pikas (2013): uma categoria que mede as competências tecnológicas essenciais para o BIM relacionadas àquela determinada disciplina. Os referidos autores afirmam ainda serem os docentes e coordenadores elementos importantes no processo de implementação do BIM.

Andrade (2018) aplicou o método proposto por Checcucci e Amorim (2014) e analisou a permeabilidade de conteúdos e a partir dessa identificação propôs uma proposta de adequação a partir das competências BIM desejáveis ao profissional de arquitetura.

Apesar de ratificarem a importância e eficiência do método proposto por Checcucci e Amorim (2014), não foi escopo desses estudos a formulação de hipóteses, pautadas em competências BIM individuais, para implementação do ensino de BIM dos currículos analisados.

Competências BIM individuais

A atuação dos profissionais da AEC dentro dos fluxos de trabalhos em BIM demanda uma série de competências. O desenvolvimento dessas deve ser iniciado durante a graduação, uma vez que a tecnologia BIM potencializa a formação interdisciplinar baseada em competências (BATISTELLO; BALZAN; PEREIRA, 2019)

Nesse contexto, Succar, Sher e Williams (2013) através de uma concepção teórica apresentam as competências BIM individuais. Nesse modelo conceitual, os autores hierarquizam essas competências em três grupos: essenciais (habilidades pessoais dos indivíduos que os permitem conduzir uma atividade ou resultado mensurável), de domínio (habilidades profissionais dos indivíduos, métodos e meios, para entregar resultados) e de execução (habilidade para usar ferramentas e técnicas específicas para conduzir uma atividade ou fornecer um resultado mensurável).

Esses três grupos, por sua vez, podem ainda ser divididos em conjuntos e tópicos de competências. Os autores, destacam que esses grupos e suas extensões representam todas as habilidades, resultados e atividades mensuráveis de indivíduos que fornecem produtos e serviços baseados em modelo.

Nem sempre essas competências individuais devem ser definidas por uma proposição binária, onde o indivíduo seria incompetente ou competente (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2013). Pelo contrário, esses autores estabelecem, através do Índice de Competência Individual (ICI), cinco níveis graduais de competências BIM: nenhum, básico, intermediário, avançado e especialista.

Esses níveis de competências atrelados aos grupos de competências propostos por esses autores são dois parâmetros fundamentais para uma implementação do ensino do BIM, pautado no desenvolvimento de competências profissionais. Tendo em vista que essas competências podem ser diluídas ao longo da formação dos estudantes. Os estudantes podem ao mesmo tempo ir evoluindo seus níveis de competências nos diferentes grupos. Além disso, as instituições podem traçar um perfil de profissionais BIM desejado.

O curso de Engenharia Civil da UFRN

O projeto político pedagógico do curso de Engenharia Civil da UFRN sugere uma formação que capacite o engenheiro a “absorver e desenvolver novas tecnologias para o exercício de sua prática profissional”, além de conceber soluções adequadas, seguras, duráveis e otimizadas (UFRN, Colegiado de Engenharia Civil, 2010, p.15).

Uma futura inserção de conteúdos BIM se alinha com esses direcionamentos, uma vez que proporciona o desenvolvimento de habilidades tanto relacionadas aos relacionamentos interpessoais (colaboração) quanto ao aprendizado, na medida em que a natureza interativa e visual dos modelos BIM envolve um alto nível de cognição espacial e pensamento crítico entre os estudantes (CLEVENGER et al., 2010).

A estrutura curricular do curso apresenta carga horária mínima de 3930 horas, sendo organizada em uma duração média de 10 e máxima de 16 períodos letivos (UFRN, Colegiado de Engenharia Civil, 2010). Nessa, as disciplinas são distribuídas em 4 núcleos: o núcleo de conteúdos básicos (1365 horas), o núcleo de conteúdos profissionalizantes (1080 horas), o núcleo de conteúdos específicos (1140 horas), o núcleo de atividades de prática profissional (mínimo de 345 horas).

Com relação à matriz curricular, sua representação é formada por 10 níveis (semestres), sendo os componentes curriculares representados por caixas organizadas por período (Figura 1). As disciplinas são organizadas em grupos, de acordo com suas sub-áreas: Componentes básicos, materiais e processos construtivos, estruturas, geotecnia, recursos hídricos e saneamento, transportes e inter-áreas.

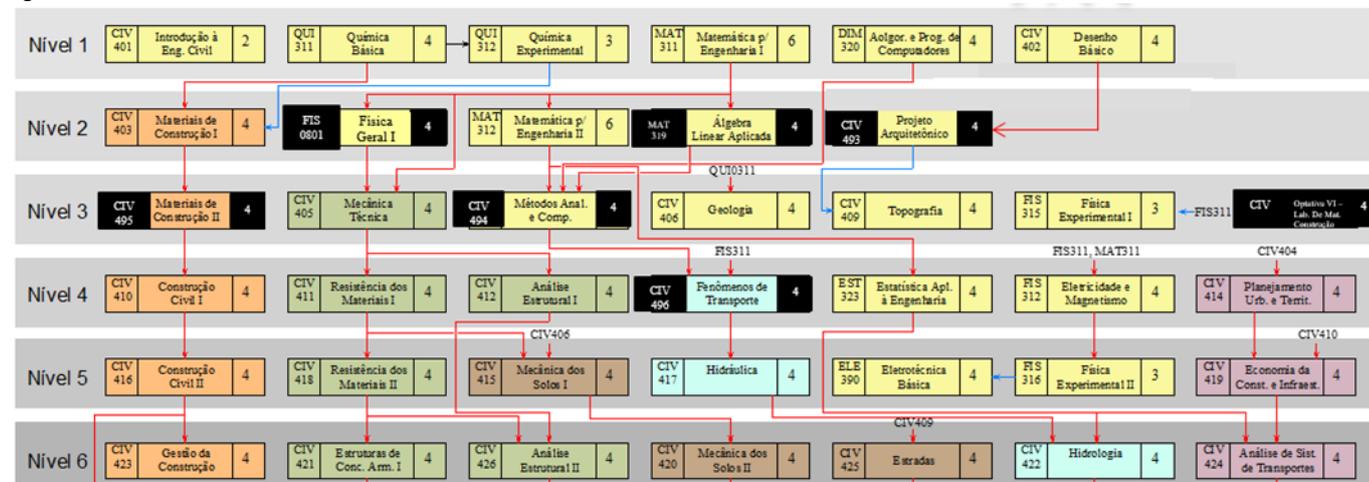
Método de pesquisa

Essa pesquisa é classificada como uma Pesquisa de Campo Exploratória que de acordo com Marconi e Lakatos (2004) são investigações cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: (1) desenvolver hipóteses, (2) aumentar a familiaridade do pesquisador com um fenômeno e (3) modificar e clarificar conceitos.

O fenômeno investigado consistiu na implementação do ensino do BIM no curso de Engenharia Civil da UFRN. Para isso, as seguintes fontes de evidência foram utilizadas: matriz curricular, ementas das disciplinas e projeto político pedagógico do curso. Além

disso, foram aplicados o método proposto por Checcucci e Amorim (2014) e um formulário online para avaliar a percepção do corpo docente sobre o fenômeno em questão. Por fim, foram propostas hipóteses para implementação do ensino do BIM no curso investigado.

Figura 1 – Trecho da matriz curricular do curso



Fonte: UFRN, Colegiado de Engenharia Civil (2010).

A condução deste estudo se deu em três etapas (Quadro 1), relacionadas aos três objetivos propostos.

Quadro 1 – Delineamento da Pesquisa

Etapas da pesquisa	Estratégia da pesquisa	Fontes de evidência
Identificação das interfaces das disciplinas com o BIM	Método proposto por Checcucci e Amorim (2014)	Matriz curricular do curso; Ementas das disciplinas; Projeto político pedagógico do curso
Avaliação da percepção docente com relação às disciplinas lecionadas e o BIM	Questionário online	Corpo docente do curso
Proposição de hipóteses para inserção do BIM na matriz curricular do curso	Indução	Resultado das etapas anteriores desta pesquisa; Grupo de competências BIM individuais

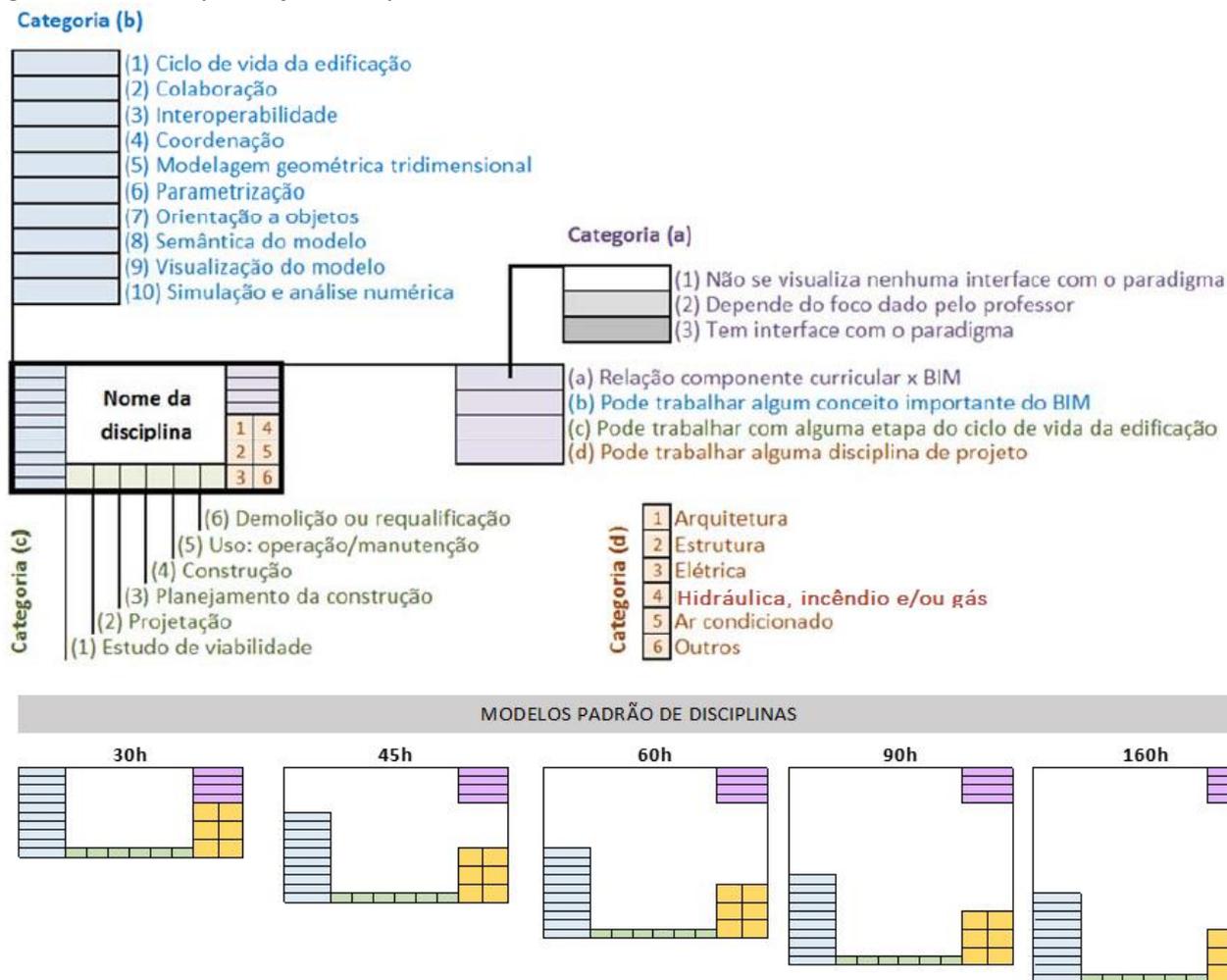
Fonte: os autores.

Identificação das interfaces das disciplinas com o BIM

Utilizou-se como referência o método proposto por Checcucci e Amorim (2014), o qual tem como premissa a adoção integrada do ensino de BIM, isto é, a inclusão desse conteúdo em diferentes momentos da formação do discente e em várias disciplinas. Evita-se uma aprendizagem fragmentada, possibilitando um trabalho do BIM sob diferentes aplicações e enfoques, com o auxílio de docentes de diferentes áreas.

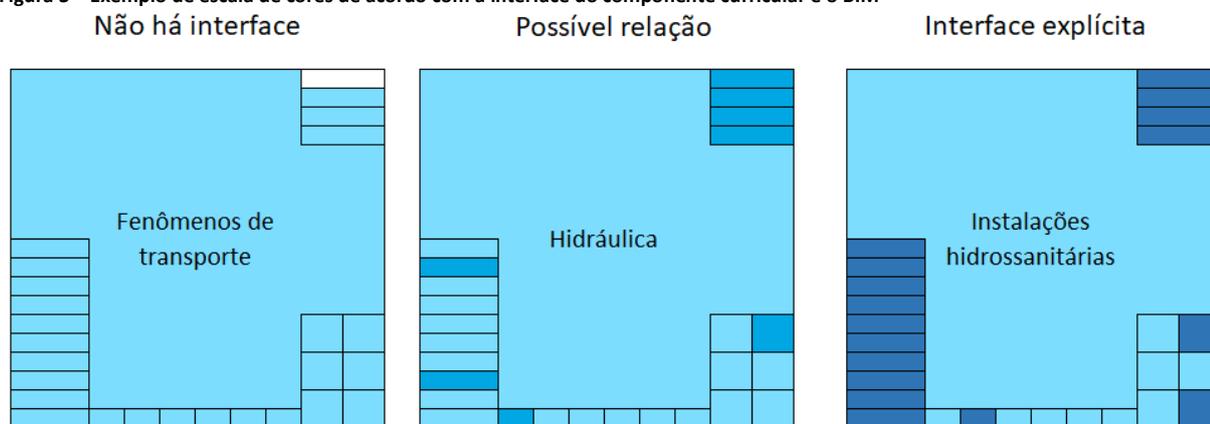
Assim como explicado em Lima et al. (2019), a representação das disciplinas seguiu um formato de caixas, conforme a Figura 2. Cada classificação corresponde a uma célula específica da caixa, que seria pintada caso houvesse interface com o componente curricular. Caso não se visualizasse relação com o BIM, a célula no canto superior direito seria representada em branco. Se houvesse uma possível relação a depender do foco dado pelo docente, tanto essa célula quanto as demais, que sinalizem as classificações e tenham relação com a ementa, seriam pintadas em uma cor clara. Se a disciplina apresentasse uma interface explícita, o mesmo aconteceria com uma cor escura (exemplo na Figura 3).

Figura 2 – Sistema de representação dos componentes curriculares



Fonte: Adaptado de Checucci e Amorim (2014).

Figura 3 – Exemplo de escala de cores de acordo com a interface do componente curricular e o BIM



Fonte: Lima et al. (2019).

Avaliação da percepção docente com relação às disciplinas lecionadas e o BIM

Checucci e Amorim (2014) sugerem que a aplicação do método seja realizada por uma equipe multidisciplinar que inclua, preferencialmente, os docentes do curso avaliado. Assim, em um primeiro momento foi apresentada a proposta dessa pesquisa² em reunião de colegiado, com apoio da coordenação do curso. Posteriormente, foi aplicado um questionário online com os 66 docentes do curso de Engenharia Civil da UFRN, no

qual esses categorizavam as disciplinas que já lecionaram conforme proposto por Checcucci e Amorim (2014) e, além disso, forneciam informações acerca da sua compreensão do tema (o que seria a definição de BIM no seu entendimento), seu nível de conhecimento no assunto e possíveis dificuldades para implementação de BIM na instituição.

Proposição de hipóteses para inserção do BIM na matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFRN

As hipóteses foram formuladas por meio da indução. Ao contrário da dedução na qual chega-se a conclusões verdadeiras, por meio da indução chega-se a conclusões que são apenas prováveis (GIL, 2008).

Resultados e discussão

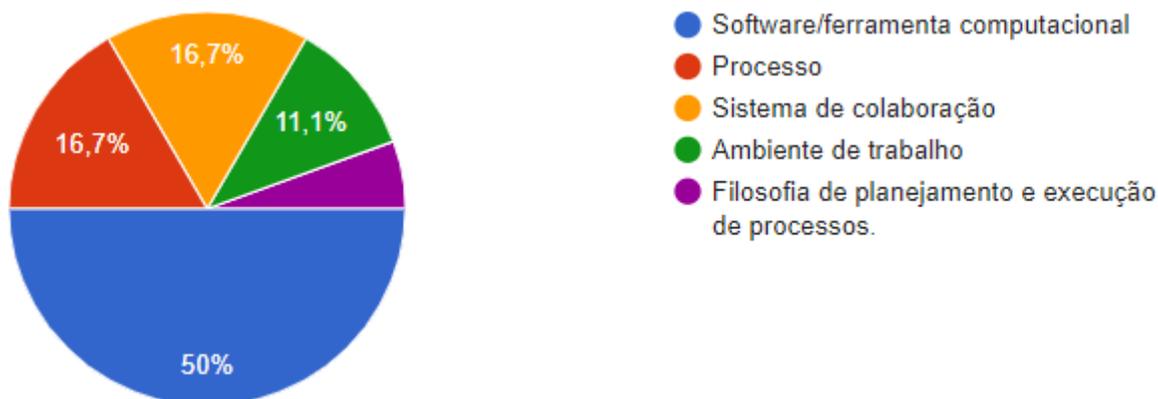
Nesta seção será apresentada a percepção do corpo docente com relação ao BIM e sua adoção nas disciplinas que lecionam, assim como uma análise da matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFRN, os quais fundamentam as hipóteses propostas para adoção do BIM no curso.

Avaliação da percepção docente com relação às disciplinas lecionadas e o BIM

O questionário online foi enviado para os 66 docentes do curso, dentre os quais 18 registraram resposta (27,3%). Nota-se que metade dos respondentes compreende o BIM como software/ferramenta computacional (Figura 4), demonstrando um desconhecimento ou visão limitada sobre o tema. O conceito de BIM vai muito além da limitação à um software ou ferramenta, envolve “um conjunto de políticas, processos e tecnologias”, formando uma metodologia para gerenciamento de todas as etapas do ciclo de vida da edificação, assim como a administração de informações e dados utilizando plataformas digitais (SUCCAR, 2009; CASTELANI, 2016). Há uma modelagem computacional complexa, feita de forma integrada e colaborativa (CHECCUCCI; AMORIM, 2014).

Assim, o ensino de BIM deve abordar aspectos relacionados à coordenação, integração e colaboração entre as partes, fundamentais dentro da filosofia de projeto BIM e essenciais para sua prática (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013).

Figura 4 – Respostas à pergunta “O que é BIM para você?”



Fonte: Lima et al. (2019).

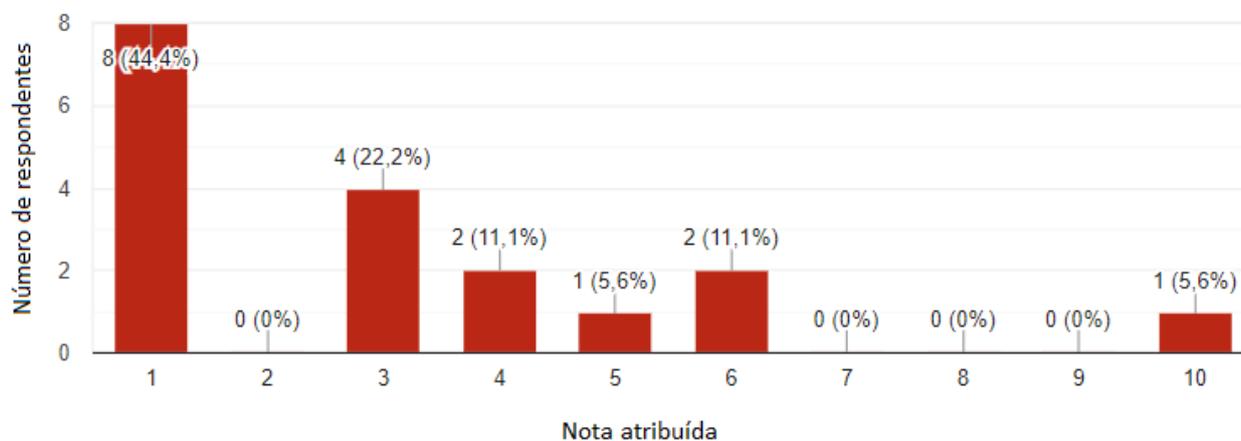
Outra questão abordada diz respeito a uma autoavaliação dos docentes quanto ao seu nível de conhecimento em BIM, atribuindo-se notas de 1 a 10, dentre as quais “1”

representaria nenhuma sapiência e “10” seria um nível altíssimo de entendimento. Nesse sentido, 44,4% atribuiu nota 1 (Figura 5).

É evidente a importância de capacitação dos docentes não apenas para adquirir conhecimento sobre o tema, mas para viabilizar um ambiente de colaboração entre as disciplinas que, anteriormente, eram desenvolvidas isoladamente. O ensino baseado na colaboração é apontado como essencial para a alteração dos fluxos tradicionais de trabalho (DELATORRE, 2014) e sua ausência culmina em um fator inviabilizador da implementação do ensino de BIM (ANDRADE, 2018).

Nesse cenário, os autores desse trabalho precisaram avaliar as disciplinas da matriz curricular quanto às interfaces com o BIM desconsiderando a maioria das respostas dos docentes (da parte do questionário que dizia respeito à análise dos componentes curriculares quanto à sua interface com o BIM). Recomenda-se que a coordenação do curso adote algumas decisões estratégicas, a serem discutidas na seção de ações prescritivas.

Figura 5 - Respostas à pergunta “Qual nota você atribuiria ao seu conhecimento sobre BIM numa escala de 1 a 10?”



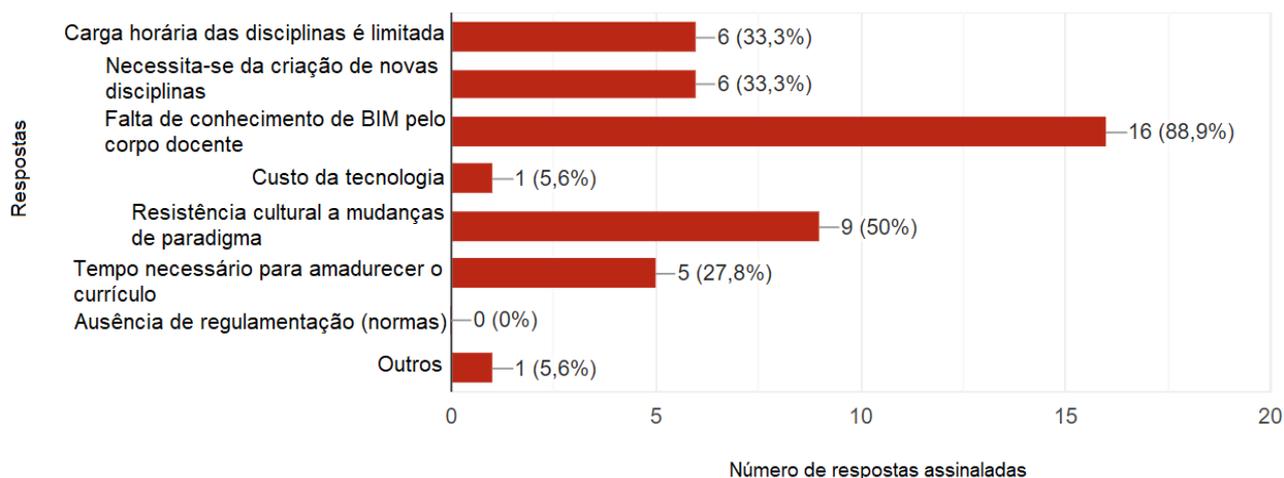
Fonte: Lima *et al.* (2019).

Embora a Figura 5 mostre um docente com elevado conhecimento de BIM (nota 10) não houve até o momento de condução dessa pesquisa nenhuma adoção pontual do BIM no curso de Engenharia Civil da UFRN.

Além disso, buscou-se identificar as barreiras para a incorporação do BIM na matriz curricular do curso de Engenharia Civil da UFRN pela perspectiva dos docentes (Figura 6). As duas maiores dificuldades destacadas pelo corpo docente estão em consonância com os resultados apontados nas Figuras 4 e 5, que seriam a falta de conhecimento de BIM (88,9%) e a resistência cultural à mudança de paradigma (50,0%).

Tais resultados se assemelham àqueles apresentados por Pereira e Ribeiro (2015) e Cruz, Cuperschmid e Ruschel (2017). Em Pereira e Ribeiro (2015), numa escala de 1 (pouco influente) a 5 (muito influente), a “capacitação do corpo docente” foi o aspecto com maior índice de escolha “5” (59%), isto é, a maioria dos docentes a consideraram muito importante para a implantação do BIM na área acadêmica. Outro aspecto citado por esses autores é a disponibilidade de infraestrutura de ensino de BIM, apontada como “muito influente” por 52% dos docentes. Em Barison e Santos (2015), por sua vez, 50% dos docentes respondentes apontaram como totalmente verdadeira ou bastante verdadeira a dificuldade relacionada à falta de docentes capacitados em BIM.

Figura 6 - Respostas à pergunta “Quais barreiras você entende que existem para a implantação do ensino de BIM no curso de engenharia civil da UFRN?”



Fonte: Lima *et al.* (2019).

Outras dificuldades escolhidas por 33,33% dos respondentes do questionário online da presente pesquisa são a alta carga horária das disciplinas (não haveria tempo para inserção de conteúdos relacionados ao BIM) e a necessidade de criação de novas disciplinas, aspectos que não assumiram grande destaque em Cruz, Cuperschmid e Ruschel (2017).

Com relação a criação de novas disciplinas, Barison e Santos (2015, p.6) apontam que segundo os docentes “há falta de ‘espaço’ no currículo para incluir novas disciplinas”. Nesse sentido, é importante ressaltar que a metodologia utilizada neste trabalho propõe uma adoção integrada do ensino de BIM, de forma que os conteúdos são diluídos e inseridos dentro das ementas de cada disciplina, o que contribui para suplantar tais barreiras. Por outro lado, aponta-se ainda a dificuldade de integração entre as disciplinas do currículo (BARISON; SANTOS, 2015) e as necessárias reestruturações de abordagens didáticas (MCDONALD; MILLS, 2013).

Identificação das interfaces das disciplinas com o BIM

Primeiramente, a matriz curricular foi reorganizada pelos autores (Figura 7) de acordo com a formatação adequada para apresentação de resultados, na qual há a representação dos semestres nas colunas e a simbolização das disciplinas em caixas.

As disciplinas obrigatórias objeto de respostas pelo questionário quanto à análise em relação à aderência corresponderam a cerca de 30% do total da matriz curricular. Entretanto, sua categorização foi realizada pelos autores com base na análise das ementas e em recomendações da literatura, uma vez que foi baixo o índice de compreensão do corpo docente acerca do BIM (Figura 5).

Apresenta-se primeiramente o número de componentes curriculares, dentro de cada subárea da matriz curricular analisada, que têm uma possível ou explícita relação com o BIM (Tabela 1). De um total de 62 disciplinas, 21 apresentaram uma possível relação com BIM e em 15 identificou-se interface explícita. Assim, 36 disciplinas exibiram algum tipo de associação ao BIM.

Figura 7 – Matriz curricular do curso



Fonte: Lima et al. (2019).

Tabela 1 - Número de disciplinas que possuem interface com BIM

Sub-áreas	Matriz Original	Relação possível com BIM	Relação explícita com BIM	Alguma relação com BIM
BÁSICAS	18	2	3	5
MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS	6	3	3	6
ESTRUTURAS	10	6	4	10
GEOTECNIA	6	1	2	3
REC. HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL	7	3	1	4
TRANSPORTES	5	0	1	1
INTER-ÁREAS	10	6	1	7
Total	62	21	15	36

Fonte: os autores.

A matriz completa do curso está representada na Figura 8. Em seguida, são apresentados (sem linhas de grade) apenas aqueles componentes curriculares que apresentam interface com o BIM, o que facilita a identificação de onde e quando os conteúdos podem ser inseridos no curso (Figura 9).

Nota-se que a maioria das disciplinas que não possuem relação com BIM são aquelas introdutórias a todos os cursos de engenharia (cálculos, físicas, entre outras) ou de cunho teórico/introdutório nas áreas específicas de geotecnia, transportes, recursos hídricos e saneamento ambiental.

Quanto às grandes áreas dos componentes curriculares, os conteúdos relacionados ao BIM podem ser trabalhados desde as disciplinas básicas, ainda no primeiro período do curso, como por exemplo no componente “introdução à engenharia civil”, que tem forte relação com o tema e pode introduzir os conceitos básicos, como a parte teórica relacionada ao ciclo de vida da edificação e coordenação das atividades.

As disciplinas “desenho básico” e “projeto arquitetônico” apresentam uma continuidade de conteúdo, podendo ser trabalhados quase todos os conteúdos de modelagem da categoria (b), com enfoque na colaboração, modelagem geométrica tridimensional e visualização do modelo. Rodrigues e Lima (2017) e Andrade (2018)

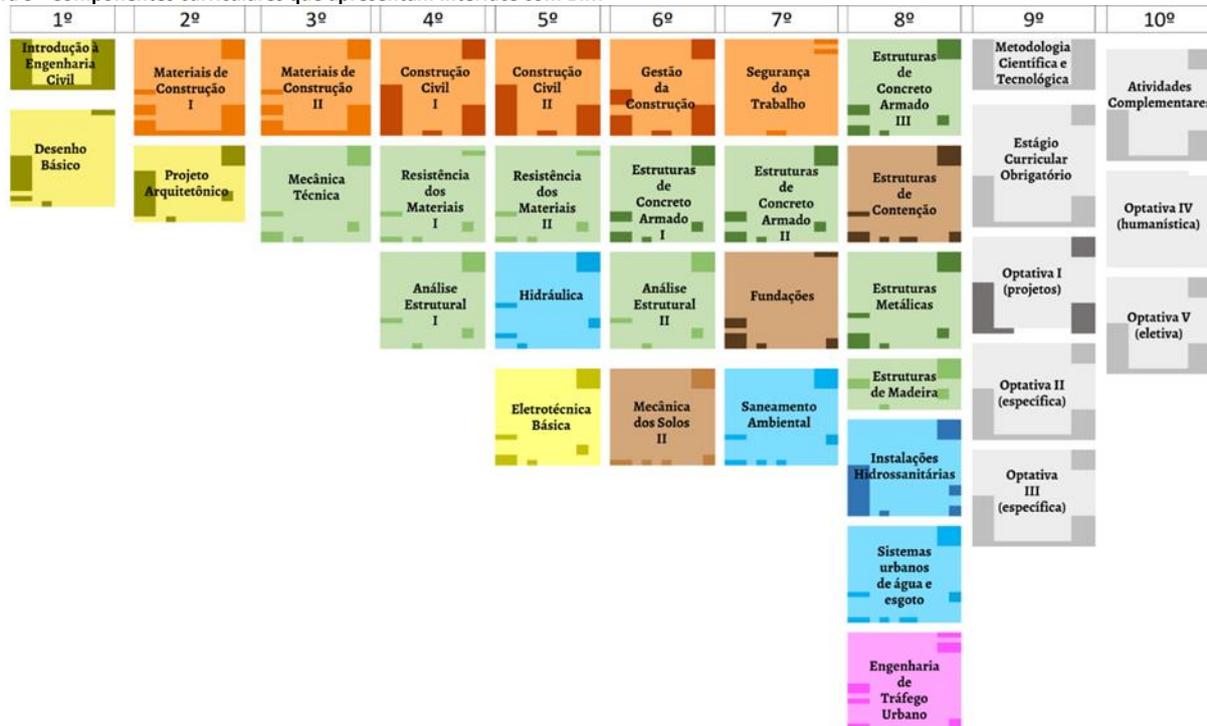
sugerem abordagem semelhante para disciplinas introdutórias relacionadas à desenho e representação gráfica.

Figura 8 - Matriz curricular do curso e as interfaces com o ensino de BIM



Fonte: Lima et al. (2019).

Figura 9 - Componentes curriculares que apresentam interface com BIM



Fonte: Lima et al. (2019).

As disciplinas iniciais da área de materiais e processos construtivos (materiais de construção I e II) poderão focar na especificação de objetos e simulação virtual de materiais construtivos, direcionamento similar ao adotado por Andrade (2018). Os componentes curriculares que possuem interface explícita com BIM estão relacionados à construção civil e gestão da construção, nas quais pode inclusive ser trabalhado o BIM 4D e 5D, isto é, incluir a elaboração de cronogramas e orçamentos através dos modelos já desenvolvidos nas disciplinas de projeto arquitetônico e materiais de construção.

No que diz respeito aos componentes curriculares da área de estruturas, as disciplinas com uma possível relação com BIM podem ser utilizadas para que os estudantes se familiarizem com a utilização das plataformas na área, a semântica dos modelos e o desenvolvimento das análises estruturais em ambientes digitais BIM (ANDRADE, 2018), permitindo assim que aprofundem seus conhecimentos e análises nos componentes curriculares subsequentes. O mesmo raciocínio se aplica às disciplinas das áreas de Geotecnia, Recursos Hídricos e Transportes.

Quanto aos conteúdos relacionados à modelagem (categoria “b” da Figura 2) que podem ser abordados nas disciplinas, todos eles foram identificados em alguma disciplina ao longo da matriz curricular, assim como os diferentes tipos de projeto (categoria “d” da Figura 2) e etapas do ciclo de vida da edificação (categoria “c” da Figura 2).

Entretanto, há apenas um componente curricular obrigatório que aborda conteúdos relacionados a estudo de viabilidade, uso (operação/ manutenção) e demolição ou requalificação de uma forma um pouco mais aprofundada: “Construção Civil II”. Isto é, há poucas disciplinas que discorrem sobre esses assuntos, ocorrendo de forma semelhante ao estudo de Checucci e Amorim (2014). Esses conteúdos podem ser introduzidos nas disciplinas de “Introdução à Engenharia Civil” e “Materiais de Construção” e aprofundados nas demais disciplinas da área de Materiais e Processos Construtivos, interagindo com demais áreas correlatas.

No que diz respeito às disciplinas na área de “inter-áreas”, que envolvem atividades complementares, estágio curricular obrigatório e disciplinas optativas, o aluno pode dar enfoque claro ou não ao paradigma BIM, a depender de suas escolhas. Destaca-se que o discente deve escolher pelo menos uma optativa na área de projetos, com forte relação com o paradigma BIM. Atualmente, não há inclusão de conteúdos BIM na maioria das disciplinas optativas de projeto. Há apenas uma disciplina de projeto arquitetônico com enfoque em modelagem, que depende da contratação de docente substituto para oferecimento. Sugere-se, portanto, a criação de uma disciplina optativa para aprofundamento no tema, com maior enfoque nos conteúdos de coordenação, integração e colaboração, sendo sugerida a inclusão do trabalho de modelagem nas próprias disciplinas de projeto.

Hipóteses para inserção do ensino de BIM no curso investigado

A partir da identificação das interfaces entre o BIM e os componentes curriculares da matriz atual, propõe-se duas categorias de hipóteses para sua adoção assertiva e integrada: uma voltada para a matriz curricular e outra direcionada à coordenação e corpo docente.

No que diz respeito à matriz curricular, sugerem-se hipóteses visando o desenvolvimento das competências BIM individuais propostas por Succar, Sher e Williams (2013) para alguns componentes curriculares com maior interface com o BIM (Quadros 2 e 3).

Quadro 2 – Disciplinas e atividades que desenvolverão as competências BIM individuais

Código	Disciplina	Atividades que desenvolverão as competências
-	Introdução a engenharia civil	Não desenvolverá nenhuma das competências, mas terá conteúdos teóricos que fornecerão o embasamento necessário para o desenvolvimento
1B	Desenho técnico	Modelagem 3D
2M	Materiais de construção 1	Desenvolvimento de componentes (objetos paramétricos)
2B	Projeto arquitetônico	Modelagem 3D Arquitetura
		Projetos colaborativos dentro da turma
3M	Materiais de construção 2	Desenvolvimento de componentes (objetos paramétricos)
4M	Construção civil 1	Uso do modelo desenvolvido em 2B para simulação da construção
5M	Construção civil 2	Uso do modelo aperfeiçoado em 4M para simulação da construção
6M	Gestão da construção	Quantificação do modelo aperfeiçoado em 5M
6E	Estruturas de concreto armado 1	Modelagem 3D da estrutura para o modelo aperfeiçoado em 5M
		Projetos colaborativos dentro da turma
7E	Estruturas de concreto armado 2	Modelagem 3D da estrutura complementando o modelo desenvolvido em 6E
		Projetos colaborativos dentro da turma
7G	Fundações	Dimensionamento e modelagem 3D de fundações para o modelo desenvolvido em 6E
		Projetos colaborativos dentro da turma
8E	Estruturas de concreto armado 3	Modelagem 3D da estrutura complementando o modelo aperfeiçoado em 7E
		Projetos colaborativos dentro da turma
8G	Estruturas de contenção	Modelagem 3D de estruturas de contenção
8E'	Estruturas metálicas	Dimensionamento e modelagem 3D de elementos estruturais metálicos para a cobertura do modelo desenvolvido em 6M
		Projetos colaborativos dentro da turma
9I	Seminário de TCC	Pesquisa sobre BIM

Fonte: os autores.

Quadro 3 – Competências a serem trabalhadas nos níveis do curso

Grupo	Subgrupo	Competências	1B	2M	2B	3M	4M	5M	6M	6E	7E	7G	8E	8G	8E'	9I	
Domínio	Primárias	Suporte															
		Técnicas															
		Funcionais															
		Gerenciais															
	Secundárias	Administrativas															
		Operacionais															
		Implantação															
		Pesquisa e Desenvolvimento															
Execução	Ferramentas de Software	Uso dos Softwares															

Fonte: os autores.

As competências essenciais não podem ser adquiridas pelo treinamento ou educação (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2013), de forma que são trabalhadas no curso as competências de domínio e execução (Quadro 3). A disciplina de Introdução à engenharia civil não trabalharia competências específicas, entretanto abordaria o fundamento teórico necessário ao seu desenvolvimento.

Pelas características dos conteúdos trabalhados nas disciplinas da matriz, o subgrupo mais explorado dentro da competência de domínio é o técnico, capacitando os estudantes a gerar entregáveis de projeto nas disciplinas relacionadas à parte estrutural e arquitetônica. Ainda nestes componentes é trabalhado o subgrupo funcional, desenvolvendo as habilidades colaborativas e gerenciais necessárias.

Destaca-se que os modelos desenvolvidos nos primeiros semestres são refinados e reutilizados nos semestres posteriores, de forma que a aprendizagem desenvolve complexidade crescente. Por exemplo, o modelo BIM desenvolvido na disciplina de “Projeto Arquitetônico” seria utilizado na disciplina de “Construção Civil I” para simulação de etapas construtivas e o refino necessário pode ser desenvolvido.

Em Materiais de construção, o trabalho com objetos paramétricos desenvolveria o subgrupo implantação. As disciplinas de construção civil e gestão da construção, por sua vez, desenvolveriam a competência operacional através de simulações de etapas construtivas, quantificações e planejamento no modelo BIM. Ainda dentro das competências de domínio, as habilidades de pesquisa e desenvolvimento seriam trabalhadas no 9º período durante o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso.

O grupo de competências de execução seria desenvolvido em todas as disciplinas nas quais há modelagens ou análises BIM, sendo o subgrupo referente às ferramentas de software. Os estudantes desenvolvem habilidades para utilizá-las e conduzir as diferentes atividades demandas.

Essa primeira categoria de hipóteses permite uma adoção integrada do BIM na matriz curricular, formando um perfil de aluno com predomínio de domínio técnico e funcional, com possível aprofundamento em disciplina optativa e TCC. No entanto, é necessária a disposição dos docentes em inserir o BIM em suas disciplinas e o apoio da coordenação. Por isso, tem-se a segunda categoria de hipótese direcionada aos docentes e à coordenação do curso.

Sugere-se o desenvolvimento de um ciclo de palestras e treinamentos para capacitação do corpo docente envolvendo docentes de outras universidades que já adotam o BIM nos cursos de graduação, como as identificadas em pesquisas anteriores (RUSCHEL; ANDRADE; MORAIS, 2013; BARISON; SANTOS, 2014; BENEDETTO; BERNARDES; PIRES; 2017; CHECCUCCI; 2019; LEAL; SALGADO, 2019). Essa ação permitiria, além de disseminar as experiências de implementação, convencer o corpo docente da importância e da viabilidade dessa adoção. Soma-se ainda o compartilhamento das dificuldades e formas de contorná-las nesse processo de inserção do BIM.

Pode-se ainda tomar como base o caso relatado em Cruz, Cuperschmid e Ruschel (2017), os quais apontam um processo de atualização formado por treinamentos oferecidos por docentes (no caso da UFRN poderiam ser docentes convidados), seminários com profissionais externos e cursos sobre tecnologias BIM.

Outra ação relevante consiste na identificação de docentes dispostos e comprometidos com a adoção do BIM nas disciplinas que lecionam. Após essa constatação e um efetivo incentivo e apoio, esses podem compartilhar suas experiências com outros docentes da instituição.

Sugere-se ainda um mapeamento dos laboratórios, de modo a constatar os recursos computacionais existentes. Em seguida, em consonância com o corpo docente identificar as principais ferramentas BIM que serão implementadas ao longo da formação dos estudantes. E posteriormente instalar essas ferramentas em laboratórios

de informática, possibilitando o acesso a esses computadores por parte dos estudantes para que estes possam aprender a manipulação desses softwares.

Considerações finais

Esse artigo objetivou a proposição de hipóteses para adoção do BIM no curso de Engenharia Civil da UFRN, fundamentando-se na identificação das interfaces das disciplinas da sua matriz curricular com o paradigma e na avaliação das percepções do corpo docente em relação à temática.

A metodologia proposta por Checcucci e Amorim (2014) possibilitou a identificação de 36 das 62 disciplinas do curso nas quais há possibilidade de trabalhar conteúdos BIM. Desde o primeiro período podem ser abordados os fundamentos do paradigma, sendo posteriormente aprofundados, ao longo de disciplinas presentes em todos os períodos e em crescente grau de complexidade, os aspectos relacionados à colaboração, modelagem geométrica, especificação de objetos, análises estruturais, entre outros.

A contribuição do corpo docente (18 respondentes) permitiu um diagnóstico de suas percepções em relação ao BIM (incluindo um conceito de BIM como software/ferramenta computacional para 50% dos respondentes) e seu nível de conhecimento (nível 1 em uma escala de 1 a 10 para 44% dos respondentes). Além disso, as principais barreiras identificadas para o ensino de BIM no curso são a falta de conhecimento em BIM pelos docentes e a resistência cultural à mudança de paradigma.

De posse desses resultados, a proposição das hipóteses para implementação do ensino do BIM apresentou duas categorias. A primeira categoria relacionada à inserção do BIM em pelo menos uma disciplina de cada semestre que possui forte interface com o paradigma. A segunda categoria direcionada à coordenação e corpo docente do curso, com foco na formação docente e na infraestrutura dos laboratórios. Para a primeira categoria foi levado em consideração uma inserção pautada no desenvolvimento e fortalecimento das competências BIM individuais ao longo da graduação. Como inovação essas prescrições apresentam para cada componente curricular as competências específicas a serem desenvolvidas para formar o perfil egresso da instituição.

A segunda categoria apresenta como uma das hipóteses a identificação de docentes interessados em trabalhar com BIM, um passo inicial já que esses podem ser fortes agentes no processo de mudança e incentivo para os outros docentes.

Uma limitação da pesquisa refere-se ao fato de que as disciplinas optativas foram analisadas dentro de um único grupo, isto é, suas ementas não foram investigadas individualmente. Observa-se ainda como uma limitação a ausência de verificação das hipóteses formuladas para implementação no curso investigado.

Pesquisas futuras podem implementar e registrar a experiência da mudança proposta no curso investigado, assim como a identificação do nível de competência em BIM que os estudantes do curso possuem até o momento de mudança da matriz curricular atual. Além disso, as hipóteses formuladas neste estudo podem ser corroboradas ou refutadas a partir da análise de matrizes curriculares similares à do curso investigado.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

Notas

- (1) Esta é uma versão revisada e ampliada de Lima et al. (2019) apresentado no II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção e incluído nos anais deste evento.
- (2) Consubstanciada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Onofre Lopes da UFRN - HUOL/UFRN. CAAE: 20832719.8.0000.5292, e nº do parecer: 3.615.896. O CEP tem como objetivo pronunciar-se, no aspecto ético, sobre todos os trabalhos de pesquisa realizados com seres humanos na UFRN ou em quaisquer outras Instituições.

Referências

- ANDRADE, R. A. de. **Implementação do BIM no ensino: adequação de matrizes curriculares de cursos de arquitetura através da identificação de permeabilidades de conteúdo**. 2018. 198 f. Dissertação (Mestrado em ambiente construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.
- BARISON, M.B.; SANTOS, E. T. Ferramenta para planejamento de disciplina BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais[...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2014. DOI: <http://doi.org/10.17012/entac2014.489>
- BARISON, M.B.; SANTOS, E. T. Percepções de docentes quanto à introdução de BIM no currículo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais[...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/engpro-tic2015-050>
- BARISON, M.B.; SANTOS, E.T. O papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com a tecnologia BIM e as habilidades que devem ser ensinadas na universidade. **Gestão e tecnologia de projetos**, São Carlos, v.11, n.1, p.103-120, Jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v11i1.102708>
- BATISTELLO, P.; BALZAN, K. L.; PEREIRA, A. T. C. BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, Abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653989>
- BENEDETTO, H.; BERNARDES, M. M. S.; PIRES R. W. Ensino de BIM no Brasil: Análise do Cenário Acadêmico. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 20, n. 2, mai./ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.22456/1982-1654.65263>
- BÖES, J. S. **Proposta de plano de implantação do BIM na indústria da construção civil**. 2019. 281 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- CASTELANI, W.S. **Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: parte 1- fundamentos BIM**. Brasília, DF: CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016. 12op. Disponível em: http://cbic.org.br/arquivos/CBIC_Disseminacao_BIM_parte_1.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.
- CHECCUCCI, E. S. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em Engenharia Civil e o papel da Expressão Gráfica neste contexto**. 2014. 235 f. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.
- CHECCUCCI, Érica de Sousa. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653708>
- CHECCUCCI, E. de S.; AMORIM, A. L. Método para análise de componentes curriculares: identificando interfaces entre um curso de graduação e BIM. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, p. 6-17, jan./jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v5i1.8634540>.
- CLEVENGER, C. M. et al. Integrating BIM into Construction Management Education. In: THE BIM-RELATED ACADEMIC WORKSHOP, 2010, Washington D. C. **Anais...** Washington D. C.: Guillermo Salazar and Raymond Issa, 2010.

CRUZ, M. O.; CUPERSCHMID, A. RUSCHEL, R. C. A incorporação de BIM no ensino do curso Técnico em Edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 117-134. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i2.131498>.

DELATORRE, V. **Potencialidades e limites do BIM no ensino de arquitetura: uma proposta de implementação**. 2014. 293 f. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

GANAH, A. A.; JOHN, G. A. Achieving Level 2 BIM by 2016 in the UK. In: COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Orlando. **Anais [...]**. Reston: ASCE, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784413616.019>

GIESTA, J. P.; MENEZES, G. L. B. B.; COSTA NETO, A. Integração do BIM no currículo do curso de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10., 2017, Fortaleza. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2017. Disponível em: https://sbtic.com.br/anais/files/2017/paper_64.pdf. Acesso em: 02 set. 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LEAL, B. M. F.; SALGADO, M. S. Propostas de incorporação de BIM no curso de Arquitetura e Urbanismo. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, jul. 2019. ISSN 1980-6809. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653676>.

LIMA, W.E.F.; MELO, L.A.P.; MELO, R.S.S.; GIESTA, J.P. Interfaces entre o curso de engenharia civil da UFRN e BIM: uma análise da matriz curricular. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2019.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. In: ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto, Portugal. **Anais [...]**. Porto: FEUP, 2012.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2004.

MCDONALD, J.; MILLS, J. An IPD approach to construction education. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, Sydney, v. 13, n.2, p. 93-103. 2013.

PEREIRA, P. A. I.; RIBEIRO, R. A. A Inserção de BIM no curso de graduação em Engenharia Civil. **Revista Eletrônica Engenharia Viva**, v. 2, n. 2, p. 17-30. 2015.

RODRIGUES, B. N.; LIMA, M. M. X. Mapeamento da interface entre disciplinas de engenharia civil e o paradigma BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 10., 2017, Fortaleza, Brasil. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2017.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X.; MORAIS, M. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000200012>.

RUSSELL, D.; CHO, Y. K.; CYLWIK, E. Learning opportunities and career implications of experience with BIM/VDC. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, Nova York, v. 19, n. 1, p. 111-121. 2014. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000191](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000191)

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**, Reston, v.139, n. 11. 2013. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759)

SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 357-375. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

SUCCAR, B; SHER, W.; WILLIAMS, A. An integrated approach to BIM competency assessment and application. **Automation in Construction**, Amsterdam, v. 35, p. 174-189. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Colegiado de Engenharia Civil. **Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil**. Natal: UFRN, 2010.

VAN DER KLINK, M.; BOON, J.; SCHLUSMANS, K. Competências e ensino superior profissional: presente e futuro. **Revista Europeia de Formação Profissional**, Salonica, v. 40, n. 1, p. 72 - 89, 2007.

WU, W.; ISSA, R. R. BIM education and recruiting: Survey-based comparative analysis of issues, perceptions, and collaboration opportunities. **Journal of Professional issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 140, n. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000186](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000186).

¹ **Wesley Eunathan Fernandes Lima**

Engenheiro Civil. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professor no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Endereço postal: Rua Raymundo Mattoso, 900, Santa Rita, Curvelo, MG, Brasil, 35.790-000.

² **Luane Assunção Paiva Melo**

Engenheira Civil. Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professora no Centro Universitário Facex. Endereço postal: Rua Orlando Silva, 2897, Natal, RN, Brasil, 59080-020.

³ **Reymard Savio Sampaio de Melo**

Engenheiro Civil. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas. Professor adjunto na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Endereço postal: Rua Prof. Aristides Novis nº 02, Federação, Salvador, BA, Brasil, CEP: 40.210-630.

⁴ **Josyanne Pinto Giesta**

Engenheira Civil. Doutora. Professora efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Endereço postal: Avenida Sen. Salgado Filho, 1559, Natal, RN, Brasil, 59015-000