

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo NPGAU

Rudner Fabiano Lopes

BIM NO ENSINO: ganhos e impasses

Belo Horizonte

2022

Rudner Fabiano Lopes

BIM NO ENSINO: ganhos e impasses

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção de título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Maria Lúcia Malard

Belo Horizonte

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

L864b Lopes, Rudner Fabiano.
 BIM no ensino [manuscrito] : ganhos e impasses / Rudner Fabiano
 Lopes. - 2022.
 210 f. : il.

 Orientadora: Maria Lúcia Malard.

 Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
 Arquitetura.

 1. Modelagem de informação da construção - Teses. 2. Prática de
 ensino - Teses. 3. Projeto arquitetônico - Metodologia - Teses. I. Malard,
 Maria Lúcia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de
 Arquitetura. III. Título.

CDD 692.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



FOLHA DE APROVAÇÃO

BIM no ensino: Ganhos e impasses

RUDNER FABIANO LOPES

Tese submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG como requisito para obtenção do grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração: Teoria, produção e experiência do espaço.

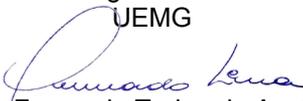
Aprovada em 21 de setembro de 2022, pela Comissão constituída pelos membros:


Prof. Dra. Maria Lucia Malard - Orientadora
EA-UFMG

RENATO CESAR FERREIRA DE SOUZA
Prof. Dr. Renato César Ferreira de Souza
79687 EA-UFMG
Digitally signed by RENATO CESAR FERREIRA DE SOUZA
Date: 2022.09.26 15:33:21 -03'00'


Prof. Dra. Fernanda Fonseca de Melo Coelho
IFMG


Prof. Dr. Edgardo Moreira Neto
UEMG


Prof. Dr. Fernando Tadeu de Araújo Lima
UFJF

Belo Horizonte, 21 de setembro de 2022.

*Seu maior sonho sempre foi poder estudar.
A vida lhe impediu de realizá-lo.
Um filho cresceu com esse mesmo sonho.
Fizera tudo que podia para apoiá-lo.
Deu-lhe condições para agarrar todas as oportunidades.
Fez do sonho dele uma forma de realizar o seu.
Alcançaram juntos e celebraram cada nível de ensino conquistado.
Porque sonharam juntos, hoje doutoram.*

***À minha mãe Mirací Leite Lopes,
por toda nossa história de amor e apoio.***

AGRADECIMENTOS

À Isadora Vieira, meu braço direito nas atividades do meu escritório de arquitetura e nas atividades relacionadas a pesquisa doutoral. Sem seu auxílio direto no dia a dia da pesquisa não teria sido possível concluir esse trabalho. Minha gratidão eterna por sua participação ativa nessa conquista.

À minha orientadora, Maria Lúcia Malard, por me acolher como aluno de doutorado e, apesar dos tempos atípicos ocasionados pela pandemia de COVID-19, me ajudar e me permitir fazer essa investigação. Carregarei comigo sempre um orgulho enorme de ter sido seu orientando. Seu legado e sua trajetória de dedicação incessante para o avanço do conhecimento na Escola de Arquitetura da UFMG serão sempre objeto da minha admiração.

Ao meu companheiro e maior parceiro, Paulo Eduardo Maulais Santos, por ter estado comigo a cada dia me apoiando, me estimulando e me ajudando a seguir para a conclusão desse trabalho. Sua orientação e direcionamento nas nossas conversas sempre me ajudaram a caminhar para o rumo de alcançar esse objetivo.

Aos meus pais, Mirací Leite Lopes e Ronaldo Eugênio Lopes, por nunca terem poupado esforços para me permitirem estudar, mesmo nos momentos mais difíceis da história da nossa família. Sacrificaram projetos e desejos pessoais para que eu não perdesse nenhuma oportunidade de estudo. Chegamos juntos ao nosso sonho coletivo de finalização desse ciclo de formação acadêmica superior.

Ao professor Renato César Ferreira de Souza, meu mentor da Escola de Arquitetura da UFMG, que me orienta desde o primeiro ano da graduação. Sua mentoria pessoal e as oportunidades de iniciação científica na graduação, orientação da pesquisa de mestrado e acolhimento no estágio de docência do doutorado foram fundamentais para o alcance dos meus objetivos na academia. Carregarei comigo, para sempre, imensa gratidão, admiração e estima por esse professor e amigo que foi importantíssimo para a minha formação.

À todos os onze entrevistados durante esse processo de desenvolvimento da pesquisa doutoral: Alexandre Brasil, André Prado, Aymon Gomes, Bruno Santa Cecília, Carlos Alberto Maciel, Ítalo Batista, João Diniz, Mateus Pontes, Rodrigo Trindade, Sandra Botrel e Sylvio de Podestá. Todos esses, sem exceção, foram grandes professores na minha trajetória acadêmica e profissional. Agradeço a todos pelas oportunidades de aprendizado e crescimento que me

deram ao longo da minha formação. É uma honra poder finalizar esse ciclo de formação acadêmica com a participação de cada um desses profissionais, que tanto admiro, na minha pesquisa.

Ao grande amigo Luiz Augusto Carsalade Villela de Lima por me permitir ir mais longe do que conseguiria alcançar sozinho, acolhendo meu escritório de arquitetura no seu ateliê, num suporte estrutural para as atividades do meu pequeno negócio e para a minha pesquisa doutoral nos últimos anos.

Aos meus dois colaboradores, João Lucas da Silva e Larissa Fonseca da Cunha, por me darem todo o suporte necessário para o desenvolvimento dos projetos do escritório e aliviarem minha carga durante esses anos de dupla jornada de escritório e doutorado.

A minha segunda mãe, Glaucia de Fátima Marques, por todo o apoio e suporte espiritual nessa trajetória e por cuidar de mim e do meu escritório com imenso carinho.

A Escola de Arquitetura da UFMG e ao sistema de ensino universitário público brasileiro por me permitirem oportunidades e acessos a formação superior de qualidade, independentemente da minha origem econômica. Esse sistema é uma das mais fortes manifestações da democracia e da justiça de mobilidade social no nosso país. Que a educação pública seja perpétua no Brasil!

RESUMO

A adoção de BIM (Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção) no país tem crescido, dados os ganhos de produtividade, reduções de erros e retrabalhos nos processos de projetos - entre outros ganhos percebidos pelas empresas de projetos da construção civil brasileira. Embora já desponham pesquisas sobre a introdução da metodologia BIM na indústria da construção nacional, é preciso aprofundar os estudos relacionados às mudanças causadas pelo BIM nos programas dos cursos de Arquitetura e Urbanismo. A pesquisa parte da hipótese de que o ensino e aprendizado de projetos é afetado pela introdução da metodologia BIM na universidade e que as discussões acerca desse tema devem ser ampliadas a fim de potencializar os resultados positivos e minimizar as perdas quando da sua adoção. A metodologia adotada para a pesquisa consiste em ampla revisão bibliográfica e realização de entrevistas semi-estruturadas com professores e empresários da área de projetos. Com base nesses dois instrumentos são levantados vinte assuntos para discussão, com a contemplação dos ganhos e dos impasses trazidos para a academia ocasionados pela introdução da metodologia BIM e de outras tecnologias digitais de parametrização avançada relacionadas a ela. A pesquisa conclui, após realizar uma apresentação das vinte discussões acerca do tema, que a absorção pela academia da metodologia BIM é algo iminente mas necessita ser realizada com cautela e crítica frente aos desafios, impasses e paradoxos levantados pela investigação. Também conclui que há necessidade de revisão das ênfases dadas nos conteúdos ministrados nos cursos de Arquitetura e Urbanismo nacionais. Apesar disso, a presença do BIM na produção de projetos não causa grandes transformações no pensamento cognitivo criativo e não embatem com as diretrizes nacionais de educação estabelecidas pelo Ministério da Educação (MEC) - não configurando uma revolução curricular.

Palavras-chave: BIM (Modelagem da Informação da Construção), implantação de BIM, ganhos na adoção de BIM na academia, impasses na adoção de BIM na academia, ensino e aprendizado de projeto, projeção.

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) adoption by the country has grown, given the gains in productivity, reduction of errors and rework in project processes - among other gains perceived by Brazilian civil construction project companies. Although research on the introduction of the BIM methodology in the national construction industry is already emerging, it is necessary to deepen the studies related to the changes caused by BIM in the programs of the Architecture and Urbanism. The research is based on the hypothesis that the projects teaching and learning processes are affected by the introduction of the BIM methodology at the university and that the discussions on this topic should be expanded in order to enhance the positive results and minimize the losses when it is adopted. The methodology adopted consists of a broad bibliographic review and semi-structured interviews with professors and entrepreneurs from the project area. Based on these two instruments, twenty subjects are raised for discussion including the contemplation of the gains and impacts brought to the academy caused by the introduction of BIM methodology and other advanced parameterization digital technologies related to it. The research concludes, after presenting the twenty discussions on the subject, that the absorption by the academy of the BIM methodology is imminent but needs to be carried out with caution and criticism based on the challenges and paradoxes raised by the investigation. It also concludes that there is a need to review the emphasis given in the contents taught in national Architecture and Urbanism courses. Despite this, the presence of BIM in the production of projects does not cause major transformations in creative cognitive thinking and does not clash with the national education guidelines established by the Ministry of Education (MEC) - not configuring a curricular revolution.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), BIM implementation, gains in the adoption of BIM in universities, impacts in the adoption of BIM in universities, design teaching and learning, design.

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1 – Estrutura formal da tese</u>	15
<u>Figura 2 – Problematização e justificativa</u>	22
<u>Figura 3 – Estrutura das discussões da tese</u>	27
<u>Figura 4 – Estágios de maturidade na adoção do BIM</u>	33
<u>Figura 5 - Potencial modelo de adoção da metodologia BIM na integração curricular</u>	50
<u>Figura 6 – Potenciais ganhos em parcerias da academia com o mercado</u>	60
<u>Figura 7 - O BIM no processo criativo de projetos</u>	74
<u>Figura 8 – Mudanças de ênfases dos conteúdos acadêmicos com a adoção da metodologia BIM</u>	80
<u>Figura 9 – O ensino integrado de BIM</u>	91
<u>Figura 10 – Balança de equilíbrio do pensamento curricular com a adoção da metodologia BIM</u>	99
<u>Figura 11 – Transversalização curricular na adoção da metodologia BIM</u>	106
<u>Figura 12 – Fatores influenciadores dos alunos nas escolhas atreladas à utilização de BIM</u>	112
<u>Figura 13 – Multidisciplinaridade e níveis de maturidade acadêmica na sua utilização</u>	122
<u>Figura 14 – PrBL como instrumento de alcance da colaboração em BIM na academia</u>	128
<u>Figura 15 – “Educação arquitetônica baseada em matemática nas faculdades de engenharia no Egito”</u>	132
<u>Figura 16 – Pirâmide de conhecimentos atrelados à parametrização avançada</u>	133
<u>Figura 17 – Conhecimentos acadêmicos impactados e não impactados pelo BIM</u>	136
<u>Figura 18 – Percepção temporal das mudanças tecnológicas e evolução do mercado pelos entrevistados</u>	147
<u>Figura 19 – Potenciais ganhos didáticos ocasionados pela implementação de BIM na academia</u>	156
<u>Figura 20 – Paralelo entre os saberes arquitetônicos e os saberes tecnológicos</u>	164
<u>Figura 21 – Adoção consciente do BIM pela academia</u>	172
<u>Figura 22 – Paradoxos do mercado brasileiro na adoção de BIM</u>	183
<u>Figura 23 – Modelo para potencial avanço no desenvolvimento de bibliotecas de famílias de componentes da construção nacionais</u>	186

<u>Figura 24 – Possíveis caminhos da aplicação de recursos para aquisição de licenças de software BIM</u>	189
<u>Figura 25 – A formação contínua do arquiteto urbanista</u>	193
<u>Figura 26 – Usos do CIM pela academia</u>	194

LISTA DE TABELAS

[Tabela 1 – "Proposta de modelos de estratégias para ensino e aprendizado"](#)

66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAU Conselho de Arquitetura e Urbanismo

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CAD Computer Assisted Drawing - Desenho Assistido por Computador

BIM Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção

CIM City Information Modeling - Modelagem da Informação da Cidade

CSG Constructive Solid Geometry - Geometria Construtiva Sólida

GLIDE Graphical Language for Interactive Design - Linguagem Gráfica para Design Interativo

BDS Building Description System - Sistema de Descrição da Construção

PC Personal Computer - Computador pessoal

IFC Industry Foundation Classes - Classes de Fundação da Indústria (?)

MEP Mechanical, Electrical and Plumbing - Mecânica, Elétrica e Encanamentos

UFPR Universidade Federal do Paraná

UNICAMP Universidade Estadual de Campinas

USP Universidade de São Paulo

UFMG Universidade Federal de Minas Gerais

T.I. Tecnologia da Informação

SINAPI Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

EA Escola de Arquitetura da UFMG

FUMEC Fundação Mineira de Educação e Cultura

LAE Laboratório de Alternativas Energéticas

CEFET Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

PUC Pontifícia Universidade Católica

CEU Centro Esportivo Universitário

GPS Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global

NASA National Aeronautics and Space Administration - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço

IAB Instituto de Arquitetos do Brasil

OFIAUP Oficina Temática Integrada de Arquitetura e Urbanismo

BH Belo Horizonte

MEC Ministério da Educação

TCC Trabalho de Conclusão de Curso

IBMEC Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais

ABRASIP Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais

DR Dispositivo Diferencial Residual

D's Dimensões

CAPES

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	15
2.ASPECTOS METODOLÓGICOS	17
2.1.OBJETO	17
2.2.JUSTIFICATIVA	18
2.3.HIPÓTESES	23
2.4.OBJETIVOS	24
2.5.METODOLOGIA	25
3.CONCEITOS CONCERNENTES A PESQUISA.....	29
3.1.O CONCEITO DE BIM	29
3.2.ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	35
4.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
4.1.A DEFESA DO BIM NO CURRÍCULO	37
4.2.FORMAÇÃO PARA O MERCADO.....	55
4.3.NADA MUDA NO PROCESSO CRIATIVO	61
4.4.O QUE VERDADEIRAMENTE MUDA	76
4.5.A CILADA DO ENSINO DE SOFTWARE.....	82
4.6.OS REVESES DO BIM NO ENSINO	91
4.7.O CÔMPITO DOCENTE.....	99
4.8.O ESPECTRO DO ALUNO	106
4.9.CONEXÕES INTERDISCIPLINARES.....	112
4.10.PBL COMO PLATAFORMA DIDÁTICA.....	122
4.11.DE VOLTA AO ESSENCIAL.....	128
4.12.O ARQUITETO GENERALISTA.....	133
5.ENTREVISTAS	137
5.1.ROTEIRO	137
6.EMPRESÁRIOS.....	139

7.PROFESSORES	142
8.APURAÇÃO	145
5.4.1 Ganhos didáticos.....	147
5.4.2 O saber arquitetônico versus o saber tecnológico	155
5.4.3 Ensinar a pescar	163
5.4.4 Paradoxos do mercado	170
5.4.5 Os fornecedores são players importantes	180
5.4.6 Contradições governamentais.....	182
5.4.7 Formação contínua	185
5.4.8 Implicações urbanísticas.....	189
9.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	191
REFERÊNCIAS.....	197
ANEXO A – Roteiro Entrevistas	203
ANEXO B – Quadro de proposta entrevistados	207

1.INTRODUÇÃO

A utilização da metodologia BIM pela indústria da construção civil no Brasil e no mundo tem crescido e se consolidado nos últimos anos. A análise de bibliografia acadêmica sobre o tema e o diálogo com professores e empresários apontam que a evolução do mercado de projetos passa obrigatoriamente pela evolução da metodologia BIM como processo central de desenvolvimento de projeto nos próximos anos. Com base nessas evidências, é possível afirmar que a utilização da metodologia BIM atualmente é um caminho sem volta. Frente à essa realidade, surge a necessidade de se ampliar a discussão acerca dos impactos ocasionados pelas tecnologias digitais, sobretudo a incorporação da metodologia BIM, no ensino e aprendizado de projetos, a fim de permitir uma incorporação dessa metodologia de trabalho nos currículos acadêmicos brasileiros com redução de danos e de forma sustentável.

Com vistas a ampliação do assunto supracitado, a tese se desenvolve em uma estrutura de 6 capítulos. Os dois primeiros capítulos do presente estudo trazem a contextualização da pesquisa, onde no capítulo 1 a tese é introduzida e apresenta sua estrutura formal e no capítulo 2 são abordados o objeto de estudo, justificativa, hipóteses, objetivos e a metodologia adotada para seu desenvolvimento.

Uma segunda parte da pesquisa traz a fundamentação dividida também em dois capítulos. O capítulo 3, denominado Ancoramentos Teóricos, busca conceituar a metodologia BIM de maneira ampla - dado que essa é o plano de fundo de toda a discussão apresentada na pesquisa. Ainda no terceiro capítulo, é apresentada a conceituação do mecanismo acadêmico de entrevista semi-estruturada, visto que é o instrumento utilizado para desenvolvimento das entrevistas que compõem o levantamento de dados e discussões da presente pesquisa.

No capítulo 4, uma revisão bibliográfica é apresentada, organizada em 12 eixos temáticos de discussão, baseados em assuntos relacionados à implementação da metodologia BIM no ensino. Esses assuntos foram retirados da bibliografia acadêmica de diversos países do mundo no que concerne às percepções do mercado da construção civil sobre a qualificação de mão-de-obra para atuação em BIM e também sobre processos de introdução da metodologia em cursos de arquitetura, urbanismo e outras disciplinas da construção nas universidades ao redor do mundo.

Após a revisão bibliográfica, que levanta substancialmente diversas discussões sobre a implementação da metodologia BIM no ensino, a pesquisa passa para o desenvolvimento, e

o capítulo 5 tem como base entrevistas semi-estruturadas com empresários e professores da área de projetos brasileiros para levantamento da visão desses profissionais acerca da adoção da metodologia BIM no Brasil, no que concerne ao ensino e aprendizado de projetos. Com base nas entrevistas, são estabelecidos oito eixos temáticos de discussão de assuntos pertinentes atrelados ao tema central da pesquisa. Por último, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e considerações finais pautadas no cruzamento entre a revisão bibliográfica e as entrevistas realizadas durante o processo de pesquisa.

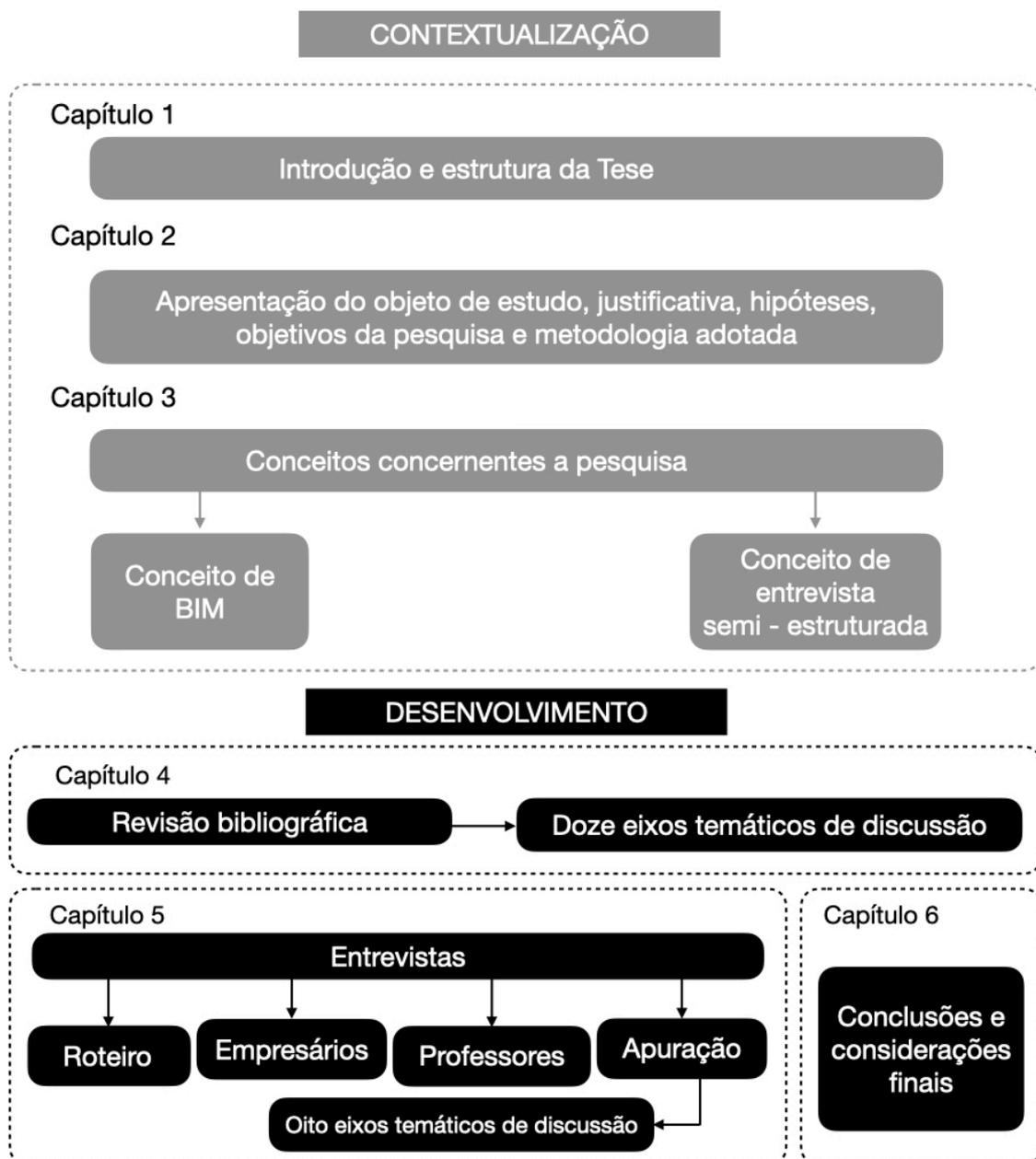


Figura 1 – Estrutura formal da tese.
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.ASPECTOS METODOLÓGICOS

Em resumo, a pesquisa se propõe a ampliar as discussões relativas à adoção da metodologia BIM e outras tecnologias digitais paramétricas no ambiente acadêmico, mais especificamente no ensino e aprendizado de projetos. Pretende alcançar esse contributo através da análise de conhecimentos obtidos a partir de duas fontes: a primeira se baseia na revisão de bibliografia acadêmica sobre o tema e a segunda está pautada na execução de entrevistas semi-estruturadas com professores e empresários da área de projetos.

Serão detalhados a seguir o objeto de estudo da pesquisa, a justificativa acerca da pertinência do tema de investigação, as hipóteses que embasaram a busca do conhecimento e os objetivos da tese. Em seguida será apresentada a metodologia de trabalho desenvolvida ao longo da investigação.

2.1.OBJETO

Conforme será melhor discutido na revisão bibliográfica e na apuração das entrevistas, a transição do desenho tradicional na prancheta para a metodologia CAD não representou uma revolução que demandava alterações no ensino e no aprendizado de projeto, dado que a prática do exercício de desenho, embora tenha tido grandes ganhos como a aceleração do processo de projeto e melhora na qualidade dos desenhos com a absorção da ferramenta computacional, não houve nenhuma alteração no pensamento e no ordenamento dos processos de projeto tradicionais. Portanto, as grades curriculares dos cursos de arquitetura e urbanismo se mantiveram inalteradas após a introdução do CAD no mercado e nas universidades.

Com a implementação de metodologias do tipo BIM, porém, uma nova forma de se desenvolver projetos é incorporada. Com isso, o mercado de trabalho apresenta novas necessidades, no que diz respeito à qualificação de mão de obra para o exercício de projeto. Tendo em vista essas alterações, **o objeto central do estudo são os processos de ensino e aprendizado de projeto universitários e suas transformações decorrentes da incorporação de novas metodologias de projeto na era digital.**

Para compreensão desse objeto de estudo e alcance dos objetivos da pesquisa, de gerar um conhecimento estruturado sobre os impactos do BIM no ensino de projetos, foram levantados alguns questionamentos iniciais para a pesquisa. São eles:

- a) Como o ensino e aprendizado de projetos é impactado pelas mudanças trazidas por novas ferramentas digitais e as novas metodologias de trabalho, com a metodologia BIM;
- b) Quais as melhores práticas e experiências positivas já testadas e analisadas no exterior, em universidades mundialmente reconhecidas, sobre o ensino e aprendizado de projeto com adoção de novas tecnologias digitais;
- c) Como o ensino e aprendizado de projeto tem sido percebido pelos professores e profissionais da área de projeto, tendo em vista a utilização, por parte dos alunos, de novas ferramentas e tecnologias de projeto;
- d) Quais seriam os ganhos e impasses trazidos por essa adoção de novas ferramentas e metodologias digitais de trabalho, pelos alunos, no exercício do aprendizado de projeto no ambiente acadêmico e
- e) Quais as mudanças necessárias (caso necessárias) a serem realizadas nos currículos dos cursos de arquitetura e urbanismo brasileiros, para otimizar a formação dos alunos em projeto frente às novas qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, em função das novas metodologias e novas ferramentas digitais para desenvolvimento de projeto que estão sendo adotadas pelas empresas.

2.2.JUSTIFICATIVA

Segundo Charles Eastman (2008), um dos maiores especialistas no estudo do BIM no mundo, a modelagem da informação da construção foi introduzida no setor da arquitetura, engenharia e construção há quase 10 anos e vem evoluindo continuamente ao longo do tempo. O BIM é considerado como uma abordagem inovadora e um processo integrado que suporta design eficiente, armazenamento e resgate de informações, análise de dados baseada em modelos, tomada de decisões visuais e comunicação entre as partes interessadas no projeto. Essa definição é complementada com mais informações por diversos autores, mas mesmo que

as várias definições existentes de BIM tenham sido dadas com um foco diferente, a maior parte dos pesquisadores e profissionais acredita que o BIM é um processo que pode facilitar o sucesso do projeto quando usado durante todo seu ciclo de vida e não apenas como produto ou tecnologia (Leite e Wang, 2014).

Atualmente, mais de 50% da indústria da construção está usando BIM e um dos maiores desafios para sua adoção é a falta de treinamento adequado - segundo a bibliografia estudada para a presente pesquisa doutoral. Diversos autores apontam, em estudos relacionados à implementação de BIM nas empresas e no ensino de arquitetura e projetos, que existe grande defasagem de qualificação de mão-de-obra adequada para trabalhar com essa nova metodologia.

Como a importância do BIM é amplamente reconhecida na indústria de AEC, é essencial que a nova geração de profissionais de gerenciamento de construção aprenda BIM enquanto realiza estudos em universidades. (Leite e Wang, 2014, p. 1).

Segundo Leite e Wang (2014), há aproximadamente 30 anos atrás o desenho assistido por computador (CAD) foi introduzido na indústria da construção. Designers e engenheiros passaram pela mudança cultural e tecnológica do desenho manual 2D para o desenho assistido por computador e, assim, programas de graduação começaram a oferecer aulas de desenho com AutoCAD. Atualmente, como o BIM está ganhando ampla aceitação, os profissionais da arquitetura, engenharia e construção estão enfrentando uma nova transição de CAD para BIM. Para os autores (p. 1 e 2)

O BIM representa uma nova geração de modelos virtuais, que se baseia em modelagem paramétrica e serve como um banco de dados rico em informações que armazena recursos multidimensionais de uma estrutura. Em resposta a essa tecnologia promissora e às necessidades da indústria por habilidades relevantes, as instituições acadêmicas estão explorando estratégias e abordagens para incorporar a educação BIM em seus currículos de graduação e pós-graduação.

Ainda em reforço aos diversos estudos que apontam para a necessidade de formação de mão-de-obra qualificada para atuação em BIM nas empresas, o artigo *A framework for building information modeling implementation in engineering education* (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 866) diz o seguinte

Embora muitos estudos tenham mostrado o valor agregado do BIM, as empresas de arquitetura, engenharia e construção (AEC) estão enfrentando muitos desafios em sua experiência de implementação do BIM. Entre os principais desafios (principalmente relacionados a tecnologias, organização e políticas) está a falta de pessoal bem treinado que as empresas possam confiar ao implementar o BIM (Sacks e Barak 2010).

Pesquisadores apontam que o BIM é uma das tendências mais desafiadoras e recentes para programas de gerenciamento de construção, arquitetura e engenharia, mas que ainda não está consolidada. Nos últimos anos, o número de instituições acadêmicas que incorporaram BIM em seus programas, visando responder às demandas da indústria por essa habilidade, foi crescente. Diversas instituições reconhecidas internacionalmente pela qualidade dos seus cursos de arquitetura, engenharia e construção, nos últimos anos, tem realizado estudos sobre implementação de BIM nas suas grades curriculares e publicado artigos que apontam para o paradigma da introdução da metodologia nos currículos, seus ganhos, desafios e perdas trazidos por essa implementação (Leite e Wang, 2014). "O maior desafio para a adoção do BIM continua sendo a falta de treinamento adequado em BIM." (Leite e Brooks, 2020, p. 1).

Segundo o artigo de 2015, *Virtual generative BIM workspace for maximising AEC conceptual design innovation: a paradigm of future opportunities* (Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah, 2015, p. 30) “[...] O BIM usado por projetistas, gerentes de construção e empreiteiros agora tem a capacidade de realizar tarefas com mais eficiência do que nunca – abrindo caminho para futuros profissionais da construção.”. Outro artigo, publicado por Oluwole Alfred Olatunji (2019, p. 1240), afirma que

A aceitação da modelagem digital pela indústria está melhorando. Evidências recentes sugerem que a modelagem de informações da construção (BIM) é a realidade comercial do ensino de construção de hoje e o caminho do futuro que realmente começou.

Os autores deste último artigo citado ainda reforçam que mesmo que a metodologia BIM não prove seus méritos precisamente como prometido, é muito provável que essa demanda não pare ao longo dos próximos anos. Ou seja, o BIM, conforme apontado pelas pesquisas, é uma realidade e um caminho sem volta. "Os provedores de educação que ignoram a oportunidade de aproveitar essa demanda correm um risco enorme." (Olatunji, 2019, p. 1240 e 1241).

No artigo *The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula*, Becerik-Gerber, Gerber e Ku (2011, p. 414) afirmam que "A rápida mudança de CAD para BIM por arquitetos profissionais, engenheiros e gerentes de construção criou vários desafios e oportunidades para programas educacionais de AEC.”.

Sobre a atuação empresarial atrelada à implantação da metodologia BIM, inúmeros estudos foram realizados ao longo da última década. Vários autores se debruçaram sobre o tema dos processos de implementação da metodologia em empresas do mercado da construção. Dentro desse contexto, um estudo intitulado *Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian Architect's Perspective* (Jamal, Mohammad, Hashim, Mohamed e Ramli, 2019) apresenta uma realidade evidenciada por diversos outros estudos. Segundo esse artigo, as principais barreiras para a implementação de BIM, apontadas pelo mercado da construção, são falta de mão-de-obra experiente em BIM, no primeiro lugar, a dificuldade na curva de aprendizado para as pessoas não familiarizadas com BIM em segundo lugar e, em terceiro, alto custo de operações - hardware e software. Conforme o estudo apresenta, os grandes entraves ainda existentes no mundo para a inserção de BIM nas empresas é, de fato, a falta de profissionais qualificados para atuação usando a metodologia e os altos custos de hardware e software no processo de implementação da mesma.

O mesmo estudo aponta que a educação em BIM e as certificações ligadas à profissionais formados na metodologia devem ser pensadas, pelas universidades e pela academia em geral, em diversos níveis de ensino e aprendizado como caminho para resolver esses impasses ligados à falta de qualificação para atuação em BIM. Os autores ainda demonstram que esse tipo de estratégia de investimento em educação e certificação de profissionais em BIM deve ocorrer de maneira dupla: internamente, nas empresas, para resolver as demandas atuais de qualificação dos profissionais que já atuam no mercado e precisam de reciclagem para atuação nas novas metodologias, e externamente, através da academia, com ensino e certificações para os estudantes, que serão os profissionais do mercado da construção em um futuro breve. Para os autores, ambas abordagens são necessárias para garantir um futuro do mercado da construção mais adequado à utilização do BIM em sua plenitude (Jamal, Mohammad, Hashim, Mohamed e Ramli, 2019, p. 4 e 5).

O artigo intitulado *Challenges of Integrating BIM in Architectural Education* (Kocaturk e Kiviniemitraz, 2013) promove uma abordagem holística sobre os avanços e mudanças curriculares ocorridas nos cursos de arquitetura frente às últimas mudanças tecnológicas ocasionadas pela globalização. Segundo os autores, durante grande parte do século XX, o ensino da arquitetura buscou estudos culturais e críticas literárias para construir seus modelos teóricos, dessa forma minimizou sua capacidade técnica e operacional. Assim,

ocasionou uma divisão entre a teoria da arquitetura e a prática. A década de 90 marcou grande mudança da teoria cultural para a prática de construção no meio acadêmico. Cada vez menos se tinha domínio da teoria, à medida que novas práticas arquitetônicas surgiram, práticas essas mais adequadas para enfrentar os desafios da globalização. "Hoje, a globalização, a tecnologia digital, as mudanças ambientais e a economia educacional cada vez mais orientada para o mercado já estão reformulando a academia (Ockman and Williamson, 2012)." (Kocaturk e Kiviniemitraz, 2013, p. 467). Sobre esse panorama trazido pelos autores, é importante refletir sobre todas as mudanças ocasionadas nos currículos de arquitetura e urbanismo frente às demandas da globalização, que, inclusive, traz o BIM como mais um avanço no aumento da eficiência de desenvolvimento de projetos da construção. Faz-se importante levantar informações para uma ampla reflexão sobre a relevância dos aspectos culturais na formação curricular dos arquitetos urbanistas, tendo em vista a hipótese de que são fundamentais e não devem ser desligados da formação desses profissionais. Entretanto, é uma área que tem sofrido pressão cada vez maior dos avanços da globalização. Ao mesmo tempo, faz-se necessário pensar no caminho sem volta que as tecnologias digitais têm trazido para o mercado da construção, sobretudo com o advento da metodologia BIM. É também preciso se debruçar em cima do tema de como a academia deve fazer, de maneira prudente, consciente e inteligente, a adoção da metodologia BIM nos cursos de arquitetura e urbanismo. Essa adoção deve visar ser a mais benéfica possível para os processos de aprendizado de projeto e da profissão de arquiteto e minimizar os impactos negativos da sua adoção na academia.

O trabalho a ser apresentado na presente pesquisa doutoral justifica-se, por um lado, pela pressão observada nas pesquisas acadêmicas relacionadas aos processos de implementação de BIM, que levantam como principais impasses atualmente a falta de qualificação de mão-de-obra preparada para atuação nessa metodologia, e por outro lado, pela compreensão de que a introdução do BIM nos currículos de arquitetura e urbanismo no Brasil deve ser feita cautelosamente, frente às mudanças que isso pode ocasionar no ensino e aprendizado de projetos - a fim de minimizar os impactos negativos e favorecer a melhoria da formação profissional dos alunos, para atuação dessa mão-de-obra no futuro do campo ampliado de projetos. Diante das particularidades do mercado da construção nacional e da estrutura acadêmica existente, compreender como o BIM pode contribuir para a formação profissional no Brasil, elencando seus ganhos e perdas quando empregado na academia, pode

significar um contributo para o avanço nas discussões acerca dos melhores caminhos para sua adoção no país.

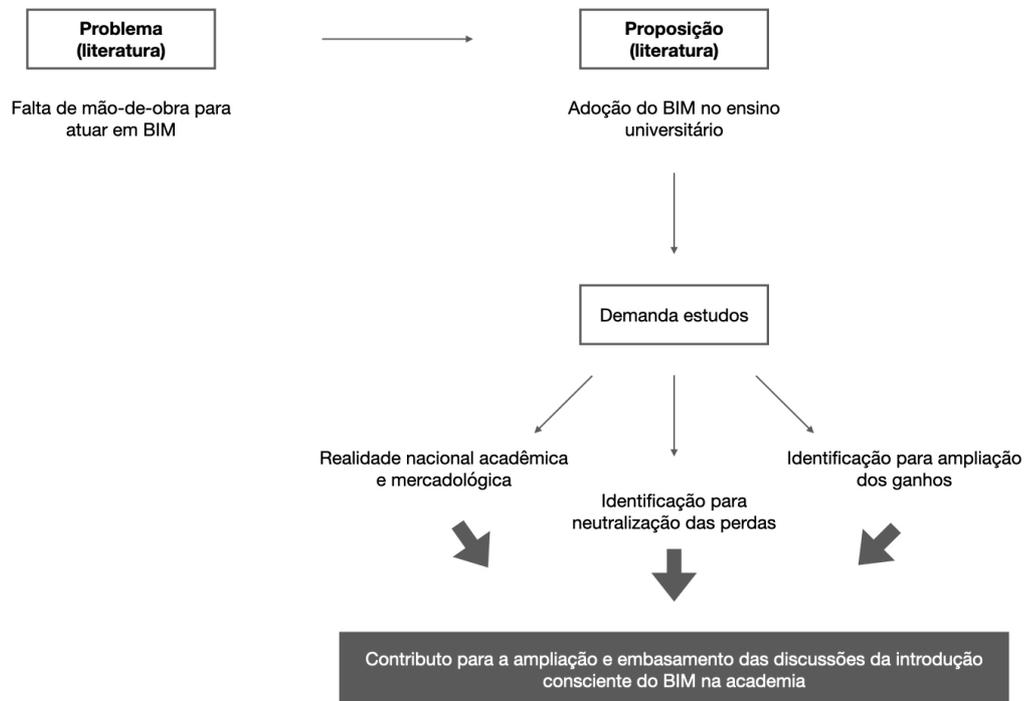


Figura 2 – Problematização e justificativa.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

2.3.HIPÓTESES

Com base nos questionamentos iniciais apresentados no item 2.1, foram levantadas as seguintes hipóteses acerca do objeto de estudo da a pesquisa:

- a) O ensino e aprendizado de projetos é impactado pelas mudanças trazidas por novas ferramentas digitais e metodologias de trabalho advindas do BIM;
- b) A percepção dos professores e profissionais da área de projeto pode contribuir para a compreensão do ensino e aprendizado de projeto frente à nova era digital, tendo em vista a utilização de novas ferramentas e tecnologias digitais pelos alunos;

c) Identificar quais os ganhos e impasses trazidos pela adoção das novas metodologias e ferramentas digitais no aprendizado de projeto no ambiente acadêmico pode contribuir para discussões relacionadas a redução de impactos negativos e aproveitamento dos ganhos, quando das suas incorporações nas universidades brasileiras e

d) Potencialmente, existem mudanças a serem realizadas nos cursos de arquitetura e urbanismo, visando otimizar a formação acadêmica frente às novas exigências do mercado em função das metodologias e ferramentas emergentes.

2.4. OBJETIVOS

Sistematizar o conhecimento com base em bibliografia estrangeira para entendimento do que já foi realizado e das melhores práticas de ensino e aprendizado de projeto frente a incorporação de novas tecnologias digitais tais como BIM e outras paramétricas.

Levantar o conhecimento retido nos gerentes e gestores de empresas de projeto acerca da mão de obra qualificada para utilização da metodologia BIM, a fim de apontar direcionamentos para formação de profissionais pelas universidades que atendam as necessidades identificadas pelo mercado.

Levantar, a partir da experiência prática e vivência do ensino e aprendizado de projetos, o conhecimento e a percepção de professores de projeto de arquitetura e de softwares BIM acerca da adoção dessas ferramentas digitais pelos alunos, buscando compreender ganhos e impasses no ensino trazidos pela metodologia, a fim de estruturar conhecimento sobre melhoria do ensino nos cursos de arquitetura e urbanismo.

Com base nos três objetivos anteriores, o principal objetivo da presente pesquisa doutoral é cruzar as informações obtidas através da bibliografia e das entrevistas com professores e empresários de projeto para gerar discussões sobre um futuro sustentável para os cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, frente a adoção de novas tecnologias digitais, tais como o BIM e demais tecnologias consequentes da utilização dessa metodologia.

Com o desenvolvimento dessa pesquisa doutoral, espera-se criar um contributo original para o campo do ensino e aprendizado de projeto, ainda que apenas como marco

teórico, a respeito da importância da introdução consciente do BIM na academia. Pretende-se estabelecer discussões e direcionamentos para um pensamento crítico dos cursos de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, tendo em vista o desafio que enfrentam para a inclusão das ferramentas digitais BIM e paramétricas nos seus currículos. Pretende-se alcançar a organização do conhecimento acerca do tema, de um lado analítico pelas melhores práticas que estão sendo realizadas em outros países para ensino e aprendizado de projeto frente às mudanças ocasionadas pela revolução digital e pelas novas ferramentas digitais disponíveis para exercício de projeto, sobretudo a metodologia BIM e outras ferramentas consequentes dessa metodologia, e de outro pela prática e experiência de professores e profissionais que estão a frente de empresas de projeto no Brasil. Com base nesses dois estudos acredita-se ser possível alcançar e organizar conhecimentos que apoiam e fomentam um melhor encaminhamento dos currículos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo no país, para uma adoção de BIM consciente e sustentável pela academia.

2.5. METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa se baseou em dois eixos principais de investigação. O primeiro eixo parte da compreensão de que outros países já estudaram e testaram a realização de ajustes no ensino e aprendizado de projeto frente à adoção de novas tecnologias digitais. Com isso em vista, é importante a realização de ampla revisão bibliográfica para compreender os principais casos de sucesso e as melhores práticas já estabelecidas em universidades de outros países do mundo relacionadas a adoção da metodologia BIM. Essas publicações podem também apontar para os pontos críticos de risco de perdas no processo de ensino e propor alternativas para transposição de algumas barreiras identificadas nesses casos.

Visto que o Brasil possui particularidades e excepcionalidades no mercado da construção interno, se faz também muito importante o estabelecimento de um segundo eixo de busca de informação. Esse eixo baseia-se em entrevistar personalidades qualificadas sobre as suas observações e o conhecimento prático vivencial acerca do tema da investigação. Essas personalidades são empresários do ramo de projeto e de professores voltados para o ensino e aprendizado de projeto no Brasil. Dessa forma, será possível compreender a forma como o mercado tem absorvido e percebido o perfil da mão de obra disponível, bem como as suas

qualificações, capacitações e formação necessárias para se trabalhar em BIM, a partir da visão dos empresários, e também como se dá atualmente a formação dessa mão de obra, ou seja, como os alunos tem absorvido as novas tecnologias digitais no aprendizado e como essas mudanças têm refletido no ensino e no aprendizado de projeto, pela experiência dos professores.

Com a análise crítica desses dois eixos de investigação, pretende-se alcançar uma visão mais holística do ponto de vista global e do ponto de vista nacional acerca do tema, e a partir do cruzamento desses eixos, pretende-se ampliar a discussão sobre a adoção da metodologia BIM no Brasil de maneira mais sustentável.

Para estudo do primeiro eixo temático: revisão bibliográfica, foi realizado o levantamento de uma bateria de, aproximadamente, 230 artigos acadêmicos produzidos por diversas universidades internacionais, através da plataforma de periódicos da CAPES. Para o levantamento desses artigos, foram estabelecidos critérios de introdução de palavras-chave relacionadas à metodologia BIM e à implementação de BIM e outras tecnologias digitais nos processos de projeto, tanto no mundo corporativo quanto no mundo acadêmico. As palavras-chave tiveram como ênfase o ensino e aprendizado de projeto somadas à palavras-chave relacionadas ao BIM. Após a seleção desses artigos foi feita uma leitura inicial de todos os artigos, durante a qual foram selecionados para leitura aprofundada aqueles que se mostraram efetivamente pertinentes para a discussão da presente pesquisa. A partir da leitura dos artigos selecionados permitiu um levantamento das discussões mais pertinentes levantadas por eles. Neles também foram marcados pontos dessas discussões que poderiam se tornar citações no texto da revisão bibliográfica.

Foi elaborada uma planilha na qual todas as citações dos artigos foram lançadas juntamente com a referência bibliográfica correlata a cada citação. Após o lançamento de todas as citações em planilha, as mesmas foram agrupadas em diferentes eixos temáticos de discussão, a fim de estabelecer paralelos e vínculos de informações atreladas a determinados assuntos ou discussões pertinentes para o desenvolvimento da pesquisa. No fim desse processo foram levantados 12 eixos de discussão relacionados à implementação da metodologia BIM no ensino e aprendizado de projetos, desde as vantagens e ganhos didáticos encontrados nas pesquisas realizadas em outras universidades acerca do tema até o levantamento dos desafios, impasses e barreiras que podem influenciar na tomada de decisão

das universidades quando da adoção da metodologia BIM no ensino. Com base na estratificação por eixos temáticos estabelecidos na planilha, o capítulo de revisão bibliográfica foi escrito e subdividido, visto a pertinência desses eixos para compreensão holística dos ganhos e desafios atrelados à implementação do BIM na academia.

A metodologia desenvolvida para o segundo eixo temático da pesquisa parte da realização de entrevistas com profissionais gestores de empresas de projetos e professores voltados para o ensino e aprendizado de projeto no Brasil. Para a realização dessas entrevistas, é importante ressaltar que foi feito um recorte para a região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, uma vez que o mercado do ensino e da produção de projetos dentro desse recorte é expansível para toda a região sudeste do Brasil e, em alguns casos, para extrapolação nacional. As entrevistas foram realizadas utilizando a metodologia acadêmica de entrevista semi-estruturada, com o propósito de permitir maior liberdade dos entrevistados em explanar sobre os temas perguntados pelo entrevistador baseados nas suas vivências práticas e experienciais de vida.

Os profissionais elencados foram convidados através de e-mail e, quando alcançada uma resposta positiva da parte do convidado, foi agendada uma reunião virtual que foi realizada pela plataforma de comunicação Zoom. O link para cada reunião foi enviado para cada profissional entrevistado também através de e-mail. Dentro da plataforma, as entrevistas foram gravadas. Quando iniciada, o entrevistado era arguido sobre a autorização de gravação para que a entrevista pudesse ser transcrita em sua totalidade após a realização da mesma. O propósito da gravação era permitir um diálogo mais fluido sem que houvesse a necessidade interrupções para anotações pelo entrevistador. Depois de realizada, cada entrevista foi transcrita na íntegra. Todas as entrevistas transcritas foram compiladas em um caderno denominado "CADERNO DE ENTREVISTAS", não incluso nos anexos da presente tese devido à sensibilidade das informações e o grande volume de informações geradas com base nas entrevistas. Após a conclusão de todo o processo de entrevistas com os 11 entrevistados que participaram, foi feita também uma leitura aprofundada da transcrição das mesmas, assim como foi feito na revisão bibliográfica. Foram realizadas marcações dos principais assuntos que poderiam se tornar objeto de citação para discussão acerca das entrevistas. Todas essas marcações foram tabuladas em uma planilha e, depois, permitiram que fossem elencados eixos temáticos de discussão que relacionavam as citações dos entrevistados em grupos que

serão apresentados posteriormente na apuração das entrevistas da presente tese. Foram, portanto, criados oito eixos temáticos de discussão levantados com base nas entrevistas conforme apresentado no subitem 5.4 de análise das entrevistas.

No capítulo relacionado à realização das entrevistas, o processo e sua execução serão detalhados de forma mais ampla, uma vez que será um capítulo isolado e específico sobre a sua realização. É importante frisar que tanto na revisão bibliográfica quanto nas entrevistas, o estabelecimento dos eixos temáticos de discussão permitiu agrupar informações e conteúdos pertencentes a um mesmo conjunto de ideias. Baseado nessa compilação de ideias foram desenvolvidos 12 títulos para a revisão bibliográfica e 8 títulos para as entrevistas que resumem o assunto que será discutido em cada uma dessas 20 seções. Ao final de cada uma das seções foi criado um diagrama para sintetizar as principais ideias e potenciais caminhos e solucionamentos apontados pela bibliografia e pelos entrevistados visando um futuro mais sustentável para a implementação do BIM no Brasil. A figura a seguir (Fig. 3) apresenta um diagrama da estrutura metodológica em que os dois eixos de pesquisa são somados para alcançar as conclusões que serão apresentadas ao fim da presente pesquisa.

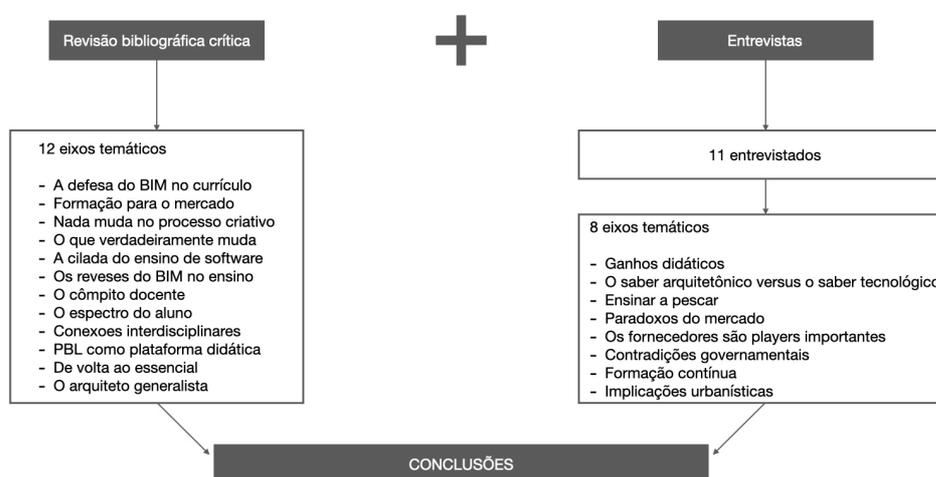


Figura 3 – Estrutura das discussões da tese.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3. CONCEITOS CONCERNENTES A PESQUISA

A pesquisa busca investigar os impactos da adoção da metodologia BIM no ambiente acadêmico através de uma robusta revisão bibliográfica cruzada com uma bateria de entrevistas realizadas com professores e empresários do setor de projeto com experiências vivenciais da adoção da metodologia BIM nas suas aulas e produção de projetos, respectivamente. Para fundamentar conhecimentos e métodos da pesquisa, serão apresentados a seguir dois ancoramentos teóricos importantes para a investigação. O primeiro trata de uma definição ampla e coesa sobre o que é a metodologia BIM. O segundo apresenta uma definição do instrumento acadêmico de entrevista semi-estrutura. O primeiro busca definir a metodologia BIM com base nos principais autores que contribuíram para a sua conceituação, dado que a pesquisa investiga diretamente os impactos, ganhos e impasses, dessa metodologia no ambiente acadêmico, nas grades curriculares de arquitetura e no ensino e aprendizado de projetos - fazendo-se importante definir BIM antes da investigação. O segundo se faz necessário como instrumento base da metodologia de trabalho da pesquisa quando da realização das entrevistas com os profissionais supracitados, a fim de extrair informações consistentes do pensamento e da vivência dos participantes.

3.1. O CONCEITO DE BIM

Segundo o maior teórico do campo, Charles Eastman¹ (2011), "BIM (Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção) é um processo de planejamento, design, construção, operação e manutenção da construção, baseado num modelo digital de informação que abrange todo o ciclo de vida da edificação.". Para que aconteça esse planejamento sistêmico/global da edificação, visando todo seu ciclo de vida, desde o exercício do projeto e a concepção da forma até a manutenção cotidiana dos elementos da construção, chegando inclusive ao momento de demolição e remoção do edifício projetado no fim desse ciclo, faz-se necessária a inclusão, no modelo digital de informação, de múltiplas dimensões de informação. Esse conceito foi bem explorado pelo teórico Lee (2003), que apresenta as múltiplas dimensões de informação que são associadas

¹ Charles Eastman é professor e pesquisador da Georgia Tech College of Architecture. É considerado o principal teórico da metodologia BIM tendo lançado e publicado a maior parte dos fundamentos da mesma desde os anos 1970. [Nota do autor].

ao BIM - como já é amplamente conhecido pelo mercado da construção e, inclusive, consagrado dentro do campo acadêmico. As múltiplas dimensões de informação apresentadas por Lee (2003), iniciam-se nas 3 dimensões básicas espaciais (2D e 3D), sendo que o 2D faz parte do universo do desenho projetivo, que ganhou força durante a Revolução Industrial no século XVIII, quando o desenho técnico foi sistematizado para trazer uma grande eficiência para o processo produtivo civil (nas cidades) e de outros bens de consumo (nas fábricas). Desde então, o desenho projetivo faz parte do universo cotidiano de projeto e as 3 dimensões de informação relacionadas ao espaço são representadas através do mesmo. É necessário ressaltar que, no século XIV, Filippo Brunelleschi, ao projetar a Catedral de Santa Maria Del Fiore, em Florença, já havia introduzido a perspectiva linear, característica essa que também foi aprimorada durante o processo da Revolução Industrial, para tornar essas 3 camadas de informação, a partir daí, essenciais para o exercício de pensamento, projeção e desenvolvimento de projetos e espaços no campo da arquitetura.

Mais adiante, próximo da contemporaneidade, uma quarta dimensão de informação (4D) se tornou também fundamentalmente importante para que a construção fosse planejada, levando em conta que cada elemento da edificação precisa ser introduzido num momento temporal preciso na construção. Essa dimensão é o tempo. Isso ganha força, principalmente, a partir dos primórdios da computação gráfica aplicada a projetos, como veremos no subcapítulo a seguir. Com o avanço e evolução dos primeiros softwares de projeto, que permitiram elaborar modelos tridimensionais simplificados de edificações - ainda não multidimensionais, foi possível incluir uma quarta camada de informação - a camada tempo, possibilitando visualizar um cronograma de evolução da construção e se pensar no ciclo construtivo, de obra, desses objetos arquitetônicos.

Após a introdução do tempo como a quarta camada nos modelos digitais para desenvolvimento de projeto, temos, com o advento do BIM especificamente, a introdução da quinta (5D) e das demais camadas de informação (ND) na modelagem das edificações. Essa quinta camada (5D), relaciona-se com os custos da edificação e sua construção, tornando possível, pela primeira vez, atrelar cada componente da construção ao seu custo de compra. Dessa forma, além do cronograma de evolução de obra (4D), ao atrelar custo aos objetos da edificação (5D), as listas de materiais e quantitativos para orçamento de materiais se tornam mais precisas. Após o 5D, temos outras múltiplas camadas de informações que podem ser

atreladas ao modelo, como origem, periodicidade de manutenção, descrição, códigos de fornecedor, nome do fornecedor, pegada de carbono do componente, momento de demolição, enfim, todas as camadas de informação possíveis que se queira atrelar a um dos componentes da construção, dentro do modelo BIM.

Para complementar a teoria de Eastman (2011) sobre o BIM e o conceito de múltiplas dimensões de informação apresentado por Lee (2003), temos também a compreensão trazida por Succar (2009) a respeito da evolução de estágios de maturidade na implementação da metodologia BIM, no exercício de projeto ou em empresas de projeto. Segundo Succar (2009) existe um estágio antecessor a adoção do BIM e três estágios de maturidade vivenciados pelas empresas de projeto durante o processo de adoção da metodologia BIM. Antes da adoção do BIM, existe a prática tradicional de projetos, uma prática pré BIM, já consagrada desde a Revolução Industrial com a sistematização do desenho projetivo, conforme descrito anteriormente. Esse processo sofre uma pequena evolução quando introduzido o computador aos escritórios de projeto, tendo em vista que permite uma aceleração e uma maior eficiência do processo de projeto, antes realizado manualmente na prancheta e, após os computadores, realizados com ferramentas CAD (Computer Assisted Drawing - Desenho Assistido por Computador). Essas tecnologias utilizam o mesmo princípio do desenho projetivo à mão, ao trazer para um software computacional o desenho através de linhas, hachuras e outros elementos de representação gráfica, que são introduzidos numa prancheta digital e posteriormente, através de uma impressora, podem ser impressos e levados ao canteiro de obras e apresentações. A partir da evolução dessas ferramentas CAD, foi possível também realizar a modelagem tridimensional dos objetos. As ferramentas permitiram alcançar certo nível de informação, como por exemplo, o 4D, mas ainda de forma básica - nada que se comparasse à revolução causada pela metodologia BIM aplicada a processos de projeto.

Durante o exercício dessa pesquisa doutoral, foi narrado por alguns dos entrevistados que a implementação das tecnologias CAD como ferramentas de trabalho configurou-se, de fato, como um acelerador no processo de desenvolvimento de projetos, trazendo mais eficiência para o mercado da construção. Esse processo configurou-se apenas como uma aceleração do processo de projeto, mantendo as práticas tradicionais tanto no mercado de

projetos quanto na universidade no ensino e aprendizado de projeto. O professor André Prado² (2021), um dos entrevistados para a pesquisa doutoral, deu a seguinte descrição do período histórico da utilização de CAD:

E no período em que eu estava na graduação, que foi entre 1992 e 1997, eu peguei a primeira transição de softwares na produção de arquitetura, que foi da fase totalmente à mão, do desenho à mão, do projeto entregue à nanquim e o projeto entregue no AutoCAD e os primeiros softwares estavam aparecendo ali. Então, eu fiz, por exemplo, os meus 3 primeiros projetos à mão e meus 3 últimos projetos no computador, então foi bem no meio assim, da minha graduação. Quando eu aprendi AutoCAD, comecei a fazer os projetos no AutoCAD, e ainda era uma época em que as coisas eram meio híbridas, assim, a gente fazia muitas vezes o desenho no CAD, imprimia e coria à mão e imprimia no vegetal e batia spray. Então, a gente tinha umas coisas assim.[...] Não existia praticamente laptop, para você levar para orientação, você não podia orientar no laboratório de informática, então você tinha que imprimir tudo a cada aula, levar aqueles formatos e assim, os professores não conseguiam enxergar o projeto impresso. Então o diálogo aluno/professor, ele continuava mediado pelo papel, então é engraçado porque, assim, a orientação de projeto, ela continuava essencialmente a mesma. Só que o desenho tinha sido produzido por um computador. Mas assim, você sentava na prancheta, abria o papel, o professor rabiscava o papel. Os processos continuaram iguais, eu acho.

Apesar disso, o CAD não encontrou grandes problemas para ser introduzido no mercado da construção, dado que é uma ferramenta de aceleração do processo já existente de desenho projetivo manual, facilitando processos de revisão e correção de desenhos. O BIM não se trata apenas de evolução tecnológica, mas sim de uma revolução metodológica, ou seja, uma nova metodologia de projeto introduzida no mercado da construção. Portanto, sua implementação não se dá de maneira simples, como foi a implementação das ferramentas CAD, apenas inseridas como nova ferramenta de desenho projetivo nas empresas de projeto, mas seguindo a mesma lógica do desenho tradicional. O BIM introduz uma metodologia de projeto que muda completamente a organização das pessoas, dos processos e das tecnologias dentro das corporações e empresas de desenvolvimento de projetos. Para que essa transformação aconteça nas empresas de forma plena, é preciso que o BIM seja incorporado por elas, paulatinamente. Com isso, a literatura acadêmica tem evidenciado a existência dos 3 estágios de maturidade na adoção da metodologia BIM, normalmente praticado pelas empresas de projeto e apontados por Succar (2009).

Num primeiro estágio de maturidade na adoção da metodologia, existe a migração da prática tradicional para a modelagem tridimensional paramétrica, ou seja, a edificação passa a

² André Prado é arquiteto e urbanista [1998], mestre [2005] e doutor [2014] em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura da UFMG. Atua também como professor do Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura da UFMG desde 2009 e como Coordenador do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Ibmecc BH, desde 2018. Sócio do escritório ARQUITETOS ASSOCIADOS desde 1996, atuando na área de projetos de arquitetura e urbanismo.

ser modelada ao invés de ser simplesmente desenhada (em desenhos projetivos simbólicos, com geometria plana), para que depois possa ser feito o fatiamento desse modelo em plantas, cortes, elevações e outros desenhos projetivos planos utilizando a automação do desenho ocasionada pela parametrização no software. Nesse estágio, o potencial do BIM é utilizado exclusivamente para realizar, a partir da modelagem, o rebatimento dos planos ortogonais necessários para representação do espaço e para transmissão da informação sobre a construção, ainda sob a lógica do desenho projetivo, para o canteiro de obras.

Num segundo estágio de maturidade, as empresas começam a perceber a oportunidade de utilização do modelo BIM não apenas para ganho na eficiência de desenho, através da utilização do desenho paramétrico e com a redução de custos e erros relacionados a retrabalho e duplicações. Dado que a alteração de um elemento em qualquer um dos desenhos impacta no rebatimento projetivo em todos os demais, existe um risco menor de erro no projeto. Nesse segundo estágio as empresas passam a perceber que elas têm muito mais vantagem na utilização do BIM do que o simples ganho na eficiência do desenho projetivo e começam a incorporar as primeiras ferramentas voltadas para a colaboração interdisciplinar do BIM. Cada disciplina desenvolve um modelo BIM, com maior grau de robustez da informação, mas ainda trabalhando de forma isolada o seu momento de desenvolvimento de projeto. Ao concluir uma etapa do projeto, os modelos são compartilhados entre as disciplinas, para que aconteça a compatibilização interdisciplinar. O desenvolvimento do projeto e a compatibilização ainda não acontecem em tempo real. Nesse estágio de maturidade na adoção do BIM também são iniciados os processos de geração de listas de materiais com base na modelagem e a importação de modelos de disciplinas diferentes para que aconteça a checagem de interferências com ferramentas específicas para essa tarefa - e não apenas pela análise humana.

O terceiro estágio de maturidade na adoção do BIM é a prática integrada da metodologia, em que cada disciplina trabalha em tempo real no seu modelo e é vista e vê os modelos das demais disciplinas simultaneamente. Para alcançar esse terceiro estágio, ainda existem alguns avanços necessários, inclusive no âmbito da computação e da velocidade da tramitação da informação em nuvem, para que empresas de diferentes disciplinas e em diferentes locais do globo consigam comunicar modelos complexos de construção dentro da metodologia BIM em tempo real.

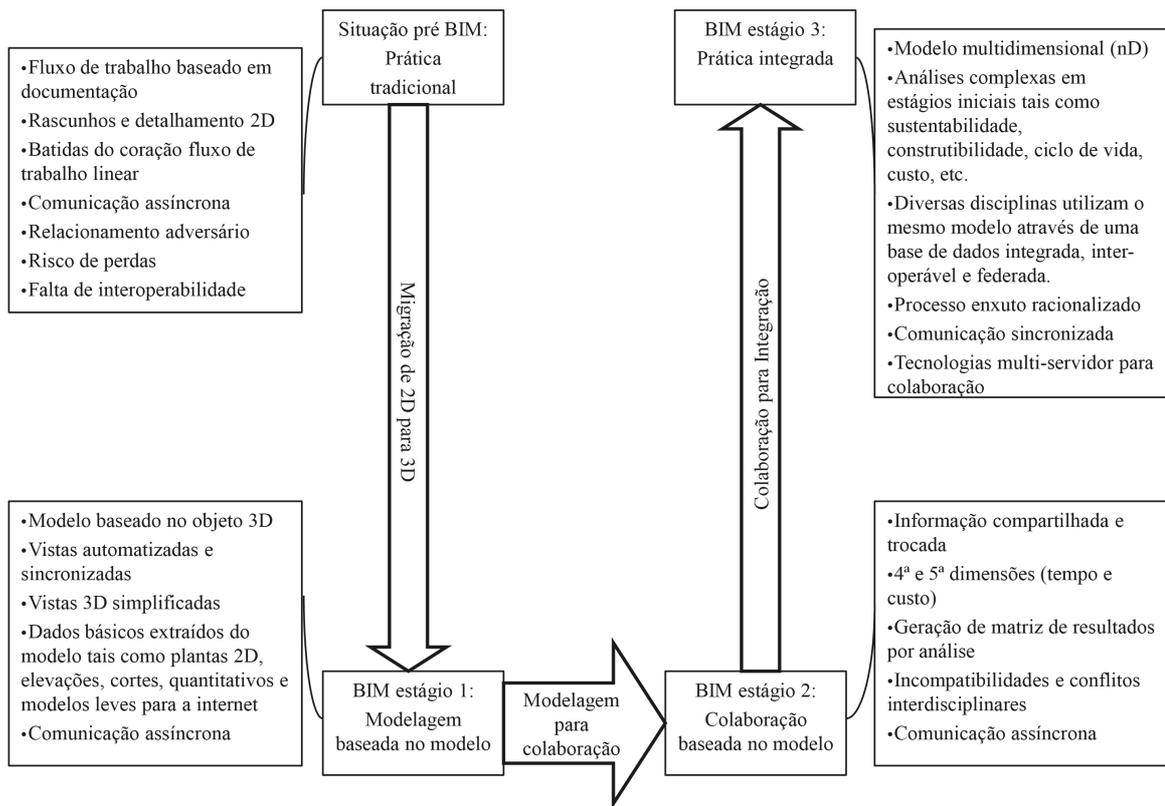


Figura 4 – Estágios de maturidade na adoção do BIM.

Fonte: Succar (2009)

Em resumo ao supracitado, pode-se dizer que quando uma empresa de projetos opta por adotar a metodologia BIM, ela sai da prática tradicional de projetos e passa por três estágios de adoção na implementação dessa metodologia. No estágio um, a produção é baseada no modelo com vistas a produção do desenho técnico tradicional, de forma mais eficiente que no CAD, dado ao advento da parametrização. No estágio dois, inicia-se o processo de colaboração e extração de informações dos modelos, baseado na modelagem interdisciplinar, embora ainda com distanciamento temporal entre as equipes e os processos de desenvolvimento de cada modelo acontecem de maneira isolada, sem comunicação em tempo real entre o desenvolvimento de cada equipe de projeto. E por fim, o terceiro estágio, a prática integrada de projetos em BIM, que ainda hoje não se faz absolutamente possível, devido a necessidade de evolução de algumas tecnologias que funcionam como tecnologias de suporte para que essa prática integrada aconteça de forma plena.

3.2. ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

A entrevista semi-estruturada foi um instrumento acadêmico utilizado durante a pesquisa para a realização das entrevistas com os professores e empresários que forneceram diversas informações vivenciais e práticas sobre a aplicação da metodologia BIM nas empresas e na academia no Brasil. Esse mecanismo de entrevista baseia-se no diálogo mais informal com o entrevistado, apesar de existir um roteiro semi-estruturado pelo entrevistador com perguntas e direcionamento amplo das discussões que devem ser levantadas com os entrevistados, a fim de obter informações, insight e opiniões dos mesmos acerca do objeto de estudo da pesquisa.

Para Aguiar e Medeiros (2009, pgs. 10710 e 10711) a entrevista semi-estruturada "é a técnica em que o investigador se apresenta frente ao investigado e lhe formula perguntas, com o objetivo de obtenção dos dados que lhe interessam a investigação."

As entrevistas são pensadas para extrair compreensões baseadas nas biografias, experiências, opiniões, valores, aspirações, atitudes e sentimentos dos entrevistados, sempre tendo como base o objeto da pesquisa do investigador. Os autores ainda reforçam que na pesquisa estruturada o entrevistado segue um processo de entrevista com base em roteiro rígido e perguntas-padrão. Já na entrevista semi-estruturada, a principal diferença é seu caráter aberto com aspecto de informalidade durante a entrevista. O entrevistado responde perguntas dentro da sua compreensão de maneira menos objetiva, mas o pesquisador busca manter o foco do diálogo em seu objeto de estudo. No artigo, ainda citam que "Gil (1999, p. 120) explica que "o entrevistador permite ao entrevistado falar livremente sobre o assunto, mas, quando este se desvia do tema original, esforça-se para a sua retomada". (Aguiar e Medeiros, 2009, p. 10712).

Dado o caráter livre do diálogo, o pesquisador não pode delegar a tarefa da entrevista para outra pessoa ao utilizar esse instrumento. Isso se dá devido à necessidade de compreensão clara e de conhecimento concreto sobre os assuntos que serão discutidos. A partir desse conhecimento do próprio pesquisador sobre os assuntos relacionados à pesquisa, ele poderá conduzir o diálogo (de forma mais livre) para obtenção das informações e extrair, a partir das vivências do entrevistado, dados que lhe permitam avançar na formação do conhecimento acerca do seu tema de estudo.

O pesquisador deve seguir um conjunto de questões previamente definidas, mas ele o faz em um contexto muito semelhante ao de uma conversa informal. O entrevistador deve ficar atento para dirigir, no momento que achar oportuno, a discussão para o assunto que o interessa fazendo perguntas adicionais para elucidar questões que não ficaram claras ou ajudar a recompor o contexto da entrevista, caso o informante tenha “fugido” ao tema ou tenha dificuldades com ele. (Boni e Quaresma, 2005, p.75).

Conforme apresentado na citação acima, é importante que o pesquisador tenha um roteiro previamente organizado, com as principais perguntas e temáticas a serem abordadas. O roteiro deve seguir de base (não rígida) para a condução da entrevista. As autoras (Boni e Quaresma, 2005, p.75) ainda afirmam

[...] a interação entre o entrevistador e o entrevistado favorece as respostas espontâneas. Elas também são possibilitadoras de uma abertura e proximidade maior entre entrevistador e entrevistado, o que permite ao entrevistador tocar em assuntos mais complexos e delicados, ou seja, quanto menos estruturada a entrevista maior será o favorecimento de uma troca mais afetiva entre as duas partes.

Esse instrumento se mostrou de grande valia para a presente pesquisa doutoral para obtenção de dados sensíveis, as opiniões e hipóteses dos entrevistados acerca da realidade do BIM no país e sobre possíveis caminhos para o futuro da implementação dessa metodologia no Brasil. Isso será melhor apresentado no capítulo da entrevistas, com a demonstração do processo de realização das entrevistas e o roteiro base que foi estruturado para condução das mesmas.

Para Manzini (1990/1991, p. 154), a entrevista semi-estruturada está focalizada em um assunto sobre o qual confeccionamos um roteiro com perguntas principais, complementadas por outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista. Para o autor, esse tipo de entrevista pode fazer emergir informações de forma mais livre e as respostas não estão condicionadas a uma padronização de alternativas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O principal objetivo do presente capítulo é apresentar uma visão ampla, organizada em doze temas de discussão, do que tem sido observado no levantamento de artigos científicos relacionados ao ensino e aprendizado de projetos, frente à adoção da metodologia BIM e de outras tecnologias digitais associadas ao processo de projeto no campo da arquitetura e das engenharias em outros países do mundo. A intenção da análise desses artigos é que eles possam servir como direcionadores para soluções possíveis para superação de desafios enfrentados pelos cursos de Arquitetura e Urbanismo brasileiros para a adoção de BIM. Através da revisão bibliográfica desses artigos, pretende-se levantar as experiências bem-sucedidas e mal-sucedidas em outros países e trazê-las para dentro do universo brasileiro, dessa forma buscar reduzir o cometimento erros e a adoção de alternativas não viáveis já testadas em outros lugares, assim como também adotar alternativas que apresentaram sucesso e que podem significar atalhos e direcionamentos mais precisos para as transformações nos cursos de arquitetura no Brasil.

A revisão bibliográfica também servirá como base para validar ou desvalidar colocações apresentadas nas entrevistas e também para trazer soluções relacionadas aos problemas levantados nas entrevistas, que já foram testadas e validadas em outros países, sejam elas com resultados positivos ou negativos. É possível concluir, portanto, que a revisão de bibliografia estrangeira é de extrema importância e pertinência para a presente pesquisa.

4.1. A DEFESA DO BIM NO CURRÍCULO

Fernanda Leite e Gregory Brooks em em um artigo publicado no ano de 2020, intitulado *Integrating an Architectural Engineering Undergraduate Program with Building Information Modeling*, apresentam uma descrição do processo de implementação de BIM no ensino de graduação na Universidade de Austin (Texas - Estados Unidos), nos currículos dos cursos de arquitetura e engenharia, levantando quais foram as iniciativas que embasaram esse processo. Nesse artigo, os autores identificam os principais resultados e impactos dessa intervenção no currículo. Eles indicam que a adoção das tecnologias da informação nos currículos de arquitetura e engenharia é algo que se faz necessário frente a necessidade de

preparação dos futuros profissionais do campo para a atuação em um mercado que progressivamente faz mais uso dessas tecnologias.

A tecnologia da informação em geral consiste em software, hardware e os processos que os cercam. O BIM é uma tecnologia de informação fundamental que ganha progressivamente a adoção na indústria de AEC. (p. 1).

No entanto, as instituições acadêmicas ainda estão se adaptando, adaptando seus currículos para melhor equipar a próxima geração de líderes da indústria de AEC para alavancar o BIM de forma eficaz.(p.2).

Os autores ainda complementam que ultimamente o objetivo da academia é prover aos futuros líderes da indústria da construção experiências educacionais que permitam que estejam mais preparados para as inovações tecnológicas e processos de entrega de projeto, melhorando dessa forma a indústria da construção como um todo. Segundo a visão dos autores e do corpo docente da Universidade de Austin, o BIM foi um paradigma que transformou a abordagem tradicional do desenvolvimento de projetos de instalações, arquitetura e construção. Isso trouxe para a universidade uma verdadeira oportunidade de integração dos currículos e da interligação entre diferentes cursos da universidade, unindo cursos de graduação aos cursos técnicos, entre outros.

Para gerar um ensino transversal, o corpo docente compreendeu que era necessário o ensino de BIM percorrer todos os anos do ensino dos cursos de arquitetura e engenharia, trazendo desde disciplinas introdutórias nos primeiros anos do curso até disciplinas de design avançado ao fim do curso. A experiência relatada por Leite e Brooks (2020) foi realizada entre os anos de 2008 e 2013 e, portanto, acompanhou todo o ciclo de formação de quatro anos desses cursos. No primeiro ano, dentro das disciplinas de introdução à arquitetura e engenharia, foram trazidas aulas teóricas sobre materiais no BIM e outras questões relacionadas à metodologia BIM de maneira mais básica, compreendendo inclusive o uso de materiais na construção e a forma de aplicação deles dentro da metodologia BIM. No segundo ano dos cursos, na disciplina de Design Auxiliado por Computador e Desenho Gráfico, os alunos tiveram por duas semanas a introdução de materiais no BIM e a utilização de ferramentas da metodologia para a instrumentação das turmas. Durante o terceiro ano, na disciplina de Introdução ao Design, onde os alunos desenvolvem seu primeiro projeto, o BIM foi usado na segunda metade do semestre como ferramenta para desenvolvimento de projeto a ser desenvolvido em um único semestre, incluindo estudos preliminares de massa e estudos de impacto energético da construção. Essas experimentações também embasaram soluções de

design através de análises dentro das plataformas BIM. Após a primeira etapa de análises/experimentações, foi passado para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, estruturais, mecânicos e outros sistemas que foram modelados por cada estudante no fim do semestre, dentro da sua disciplina de estudo. Ainda no terceiro ano, no segundo Studio de Design realizado durante o segundo semestre, o BIM foi usado para desenvolvimento de uma edificação por completo, com diagramação de sistemas, renderização arquitetônica e documentação de projetos.

Ainda no segundo semestre do terceiro ano, os alunos foram levados a desenvolver a documentação utilizando compartilhamento de arquivos e colaboração digital entre disciplinas. Portanto, os alunos puderam experienciar a interação com diferentes disciplinas a partir do modelo BIM, realizando a compatibilização digitalmente entre as mesmas. No fim do terceiro ano, houveram módulos que introduziram ferramentas de design paramétrico, de análise estrutural utilizando a metodologia BIM e outras ferramentas detalhadas de análise energética e sequenciamento da construção. Dessa forma, até mesmo o 4D, a dimensão tempo, e o planejamento de obra foram introduzidos durante o terceiro ano do currículo dos alunos. Já no quarto ano de curso, o destaque fica no desenvolvimento de projetos integrados utilizando a metodologia BIM. Dentro das disciplinas de Studio de Design Integrado e de um Studio denominado *Building Information Modeling for Capital Projects*, os alunos deveriam desenvolver um projeto integrado que trouxesse todo o conhecimento de implementação de BIM através do ciclo de vida de uma edificação para uma completa compreensão dos alunos de como é fazer o planejamento, o desenho e as operações da construção e a gestão da manutenção da edificação em BIM.

O que podemos observar dessa cronologia de desenvolvimento do currículo é a forma com a qual conseguiram estruturar um cronograma completo para tentar trazer uma visão da utilização do BIM como ferramenta e metodologia de trabalho para o ensino e aprendizado de projeto ao longo de todo o curso. A transformação proposta vem desde o início, nas disciplinas introdutórias com a compreensão de materiais de construção já utilizando ferramentas BIM como interface de ensino e aprendizado, passando pelas disciplinas intermediárias, nas aulas de desenho auxiliado por computador com a introdução da metodologia e utilização de algumas ferramentas, até as disciplinas finais, fazendo a aplicação dessas ferramentas nos studios de design e de desenvolvimento de projeto, sempre

levando em consideração a complexidade abarcada por cada um desses studios - compatível com a complexidade de conhecimento que os alunos possuíam no semestre de desenvolvimento do projeto. Dessa forma, o objetivo maior desse currículo reformulado apresentado pelos autores foi a integração completa com BIM na grade curricular dos cursos de arquitetura e engenharias da Universidade de Austin.

O estudo de caso de implementação de BIM no currículo da Universidade de Austin apresentado por Leite e Brooks (2020) ilustra como é, de fato, possível introduzir o BIM como pano de fundo e elemento integrador do currículo, de forma que traga ainda certa coerência e interdisciplinaridade dentro dos cursos de arquitetura e engenharia. O artigo demonstra claramente a possibilidade de utilização desse tipo de metodologia no ensino e aprendizado de arquitetura e engenharia. Os autores ainda afirmam que (p.6):

Há muitas vantagens para a educação que vêm com a adoção do BIM. O mais significativo é o aprendizado através da construção e a fácil visualização de componentes e sistemas em três dimensões. No passado, nossos estúdios de design utilizavam modelos físicos (por exemplo, madeira, papel) para construir soluções 3D para sistemas estruturais e mecânicos. Esses modelos eram demorados e de baixa resolução em comparação com os modelos BIM.

Entretanto, Leite e Brooks (2020) também percebem que a implementação do BIM no ensino traz alguns desafios. Um dos desafios identificados é a compreensão dos alunos do nível básico de complexidade que o modelo deve apresentar nas primeiras fases de desenvolvimento de um projeto. O modelo BIM, por natureza, precisa ser muito bem acurado e específico e, nas fases iniciais de projeto, isso pode gerar dificuldade no avanço das soluções por parte dos alunos. Os autores indicam que, algumas vezes, técnicas de simplificação são muito importantes de serem implementadas para a criação de modelos 3D que representam diagramaticamente as soluções, para que os alunos possam trazer essas soluções de forma mais fluida e assim discuti-las e aprimorá-las. Depois, essas soluções podem ser refinadas em softwares BIM. Uma extrapolação que podemos fazer a partir dessa fala é que outras ferramentas, possivelmente não-BIM como CAD, SketchUp ou croquis manuais, podem ser utilizadas para concepção das formas antes de serem refinadas dentro da metodologia BIM no computador. Leite e Brooks (2020) também apontam outro desafio dentro dos estágios iniciais de desenvolvimento de projeto: a compreensão de que as ferramentas BIM são restritivas quando se leva em conta a relação velocidade de imaginação versus transposição da imaginação para a modelagem. O método, que já é consagrado no

ensino e aprendizado da arquitetura, de vai-e-volta na solução de projeto, de testar uma hipótese no desenho/modelagem, analisá-la e buscar trazer sempre melhorias e novas soluções ao longo de todo o processo continua existindo. Dentro desses studios iniciais propostos e da concepção inicial de projetos é muito importante pensar que o BIM precisa dialogar com técnicas de desenho manual e outras formas de croqui para depois serem passadas para o computador. É preciso estabelecer fluxos de trabalho e auxiliar os alunos na compreensão desses fluxos para que esse desafio da complexidade inicial do modelo seja superado e assim o desenvolvimento das ideias possa fluir dentro dos studios de produção de projeto.

O artigo *Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students* (2020), do autor Asli Agirbas, apresenta algumas vantagens para a utilização do ensino do BIM em cursos de graduação de arquitetura. Uma das vantagens apresentadas é que os softwares BIM passaram por um desenvolvimento contínuo nos últimos anos e seu uso está se tornando cada vez mais difundido e aplicado no mercado da arquitetura e da construção. Além do desenvolvimento de um modelo virtual da edificação, que reflete toda sua realidade, o BIM auxilia com a geração de informações referentes a todo o ciclo de vida da edificação. O que significa, na verdade, que os alunos vão aprender, durante a construção dos modelos virtuais, as características físicas das situações reais da construção. "Assim, aprender as propriedades do ambiente BIM será vantajoso para estudantes de graduação em arquitetura." (p. 941).

No mesmo estudo, Agirbas (2020) exemplifica como a modelagem pode ser utilizada desde sua forma mais básica para simulações e análises de performance da edificação, principalmente na questão energética, relacionadas à sustentabilidade. Por meio dessas análises, os edifícios que consomem menos energia e utilizam fontes de energia renovável podem ser projetados e construídos, aplicando então o ensino de sustentabilidade e análise energética diretamente ao desenvolvimento de projeto. Dessa forma, melhores soluções de projeto serão desenvolvidas pelos alunos, devido a possibilidade de realizar essas análises enquanto ainda estão na etapa de concepção de projetos.

Outra vantagem apresentada pelo autor para o ensino e aprendizado de projetos utilizando a metodologia BIM é o fato de que as disciplinas de arquitetura e engenharia normalmente trabalham em um ambiente integrado e, portanto, precisam fazer a comunicação entre si para que o projeto possa ser desenvolvido em plenitude para a construção. Dentro do

ambiente BIM, os alunos já aprendem essas consequências de desenvolvimento de projeto e seus rebatimentos em outras disciplinas. Dessa forma, estão mais bem preparados para o ambiente de trabalho quando iniciarem sua carreira profissional e a compatibilização de projetos e interação com disciplinas complementares for necessário.

Uma terceira vantagem apresentada por Agirbas (2020) é que, com base na modelagem 3D, os alunos são capazes de extrair informações relacionadas a custos diversos da edificação. Com base nessas projeções de custos, os alunos constroem um aprendizado sobre as aplicações dos custos em cada elemento da construção e como é possível desenvolver construções mais baratas, num processo de tomada de decisão que acontece ainda nas fases mais iniciais do desenvolvimento do projeto. Assim, a construção é pensada também do ponto de vista de custo e do planejamento de execução, com base na realidade e nos custos efetivos do mercado de construção.

Por último, o autor reforça que é possível fortalecer a capacidade de modelagem de forma livre dentro do ambiente BIM através da utilização de plug-ins e outras ferramentas e recurso atreladas à metodologia BIM, como é o caso do Dynamo, para Revit ou o Grasshoper para Rhinoceros, que permitem o aluno experimentar formas e geometrias não euclidiana em seus projetos, dentro de um ambiente BIM, a partir da parametrização avançada.

Em outro estudo, intitulado *Practical challenges of BIM education* realizado em 2016 por Taija Puolitaival e Perry Forsythe, é possível enxergar a necessidade óbvia de um equilíbrio entre os objetivos de aprendizagem em BIM e as diretrizes curriculares gerais de um país, uma vez que "[...] BIM utiliza modelagem 3D, dinâmica e integrada em tempo real, para analisar situações do mundo real (Holness, 2008)." (Puolitaival and Forsythe, 2016, p.355). Tendo em reconhecido o quanto a modelagem da informação da construção está atrelada a simulação computacional do mundo real e a percepção de todos os ganhos trazidos por essa correlação no ensino e aprendizado de projeto com a realidade da construção permitida através da modelagem do edifício tal como será construído, os autores observaram que um dos grandes desafios na transposição desse conhecimento é o domínio e a segurança do corpo docente no conhecimento acerca de BIM e dos processos de transposição didática que essa mudança acarreta.

Puolitaival e Forsythe (2016) também apontam que no início do desenvolvimento das disciplinas e da preparação do currículo, as equipes precisavam de um tempo

consideravelmente maior para obter uma boa compreensão de BIM em geral e dentro da sua disciplina específica. Ou seja, cada professor demandava certo tempo para absorver e compreender a metodologia e as implicações práticas desta metodologia no seu campo de ensino específico. Para que os professores tivessem segurança e construíssem uma rede de conhecimento sobre BIM que embasasse o desenvolvimento de suas disciplinas, uma das soluções encontradas foi a criação de leituras compartilhadas, apresentações e discussões em reuniões departamentais. Em cada departamento, os professores possuíam um tempo voltado para discutir a metodologia BIM entre eles e avanços e outras formas de trabalhar o BIM no currículo. Com isso, "Quando um certo nível de conhecimento BIM era obtido, era necessário menos esforço para se manter atualizado." (Puolitaival and Forsythe, 2016, p.358).

O estudo de Taija Puolitaival e Perry Forsythe (2016, p. 358) indica que existe, de fato, dentro das universidades "[...]a necessidade de apoiar a equipe oferecendo treinamento adequado antes do curso e continuar o apoio durante o curso.". Portanto, é importante frisar a necessidade de criação de uma rede de suporte ao desenvolvimento da preparação do professor para essa nova realidade frente à sua disciplina, com compartilhamento de informações dentro dos departamentos da universidade que precisarão trabalhar com esse novo currículo em BIM, principalmente entre os professores e com treinamentos adequados. Se faz necessária, também, a compreensão por parte da universidade de que essa implementação deve ser feita em conjunto, não apenas com ações isoladas. Outra sugestão interessante apresentada pelos autores é de que "[...]um membro da equipe aprenderia um software e então realizaria workshops para a equipe interessada. Essa era uma opção demorada, mas relativamente econômica." (p. 358).

Por outro lado, também é compreendido pelos autores que, devido ao fato de as ferramentas BIM estarem em constante transformação, surgiria uma demanda dos professores de se manterem sempre atualizados em relação ao desenvolvimento de softwares. Para Taija Puolitaival e Perry Forsythe (2016, p. 358), "Por outro lado, alguns desses novos softwares oferecem interface mais simples, diminuindo o limite para usá-los.". Nesse trecho, a ideia central dos autores é, provavelmente, mostrar que após o aprendizado de um determinado software que utiliza a metodologia BIM, os professores estariam aptos a se adaptarem as melhorias e transformações ocorridas nas ferramentas de maneira mais leve e fluida, com absorção de conhecimento mais rápido, prático e menos oneroso.

Para facilitar também a compreensão da metodologia BIM como um todo e como será utilizada dentro da didática do ensino e aprendizado de projetos, os autores classificam os conhecimentos como aplicáveis dentro de dois grupos de recursos, divididos em recursos não ativos e recursos ativos: "Os primeiros foram relatórios, pesquisas, orientações e cartilhas; livros, artigos de revistas e conferências; sites, vídeos, webinars e blogs. Os últimos eram modelos BIM." (p.359). Ou seja existem dois tipos de recursos que podem ser utilizados tanto para o conhecimento dos professores acerca do BIM quanto para depois utilizarem os mesmos para o ensino e aprendizado de projeto, sendo os recursos não ativos uma fonte secundária de informação e teoria sobre o BIM e os recursos ativos modelos BIM diretamente utilizados como instrumento de ensino e aprendizado de projetos.

É importante frisar que alguns estudos apontam a disciplina de arquitetura, dentre as disciplinas da construção (arquitetura, engenharias e gerenciamento da construção), como a que mais se destaca em termos do avanço na implementação da metodologia BIM em cursos de graduação. Mesmo que ainda com ações isoladas e em disciplinas pontuais, assim como acontece no mercado em que existe um número maior de escritórios de arquitetura utilizando a metodologia do que escritórios da área de engenharia, foi observado o rebatimento dessa realidade na universidade, com os cursos de arquitetura apresentando maior aceite na implementação de BIM no currículo. Um estudo realizado em 2011 por Burcin Becerik-Gerber, David J. Gerber e Kihong Ku (p. 426), intitulado *The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula*, já apontava que:

[...] entre todos os três tipos de programas, os programas de arquitetura não apenas começaram a oferecer cursos BIM mais cedo do que os outros dois tipos de programas, os programas de arquitetura também oferecem mais cursos em BIM.

Ou seja, a disciplina da arquitetura liderou tanto no mercado quanto na universidade os processos da implementação da metodologia BIM: no mercado com a adoção pioneira para desenvolvimento de projetos de construção real e na universidade em termos de ensino e aprendizado de projeto utilizando ferramentas BIM como interface.

No estudo misto (Brasil e Estados Unidos) realizado em 2016 por Priscilla Elisa de Azevedo Basto e Alberto Casado Lordsleem Junior, denominado *Ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso*, é apresentado pelos autores um estudo de caso de implementação de BIM em uma universidade americana.

No artigo, os autores introduzem a pesquisa indicando que existem alguns obstáculos na implementação do ensino e aprendizado de BIM nas universidades, mas que "Apesar dos obstáculos citados, algumas universidades obtiveram sucesso na implantação do BIM na grade curricular." (p. 49). O estudo de Basto e Junior (2016) é baseado na experiência da Georgia Institute of Technology, precursora no movimento de introdução das ferramentas BIM ainda durante a década de 1990, com estudo e pesquisa sobre a implementação dessas ferramentas no mercado e no ensino.

O artigo faz uma breve revisão de casos de universidades que realizaram a implementação de BIM nos Estados Unidos e, depois, realiza uma transposição para a realidade brasileira. No Brasil, segundo Basto e Junior (2016, p. 49),

[...] a difusão das discussões sobre BIM foi impulsionada pela crescente preocupação com a implementação da Modelagem de Informação da Construção nos cursos de Arquitetura e Engenharia Civil.

É importante ressaltar que a pesquisa foi realizada em 2016 e, portanto, possui defasagem de 6 anos. O artigo discute algumas estratégias de implementação de BIM nas universidades, com base nos estudos de caso e conclui que a modelagem da informação da construção pode ser introduzida nos cursos de graduação com abordagens em forma de disciplina específica de BIM, com conteúdos que trabalhem os aspectos teóricos da metodologia, e/ou como recurso utilizado em outras disciplinas, ou seja, como ferramenta de trabalho para exploração de conteúdos relacionados à disciplinas diversas pertencente às grades curriculares dessas formações profissionais (arquitetura, engenharia e construção)." Além disso, a introdução do paradigma no currículo da graduação pode ser feito em diferentes níveis de complexidade (introdutório, intermediário e avançado)." (Basto e Junior, 2016, p. 58).

O estudo apresentado por Priscilla Elisa de Azevedo Basto e Alberto Casado Lordsleem Junior tem como maior contributo para o campo acadêmico a percepção de que assim como existe uma evolução nos cursos de arquitetura e engenharia sobre o conhecimento e aprendizado da construção, é preciso fazer essa transposição didática para dentro do uso da metodologia BIM como plataforma de auxílio no ensino e aprendizado de projetos, tendo em vista o nível de evolução dos alunos na grade curricular. No início do curso, desenvolve-se aspectos introdutórios da metodologia e tecnologias atreladas a ela, bem como processos de modelagem da construção de forma simplificada. Num nível intermediário deve-se abordar a

modelagem, levando em consideração aspectos de interdisciplinaridade e da documentação de projetos utilizando essas ferramentas e, num nível mais avançado do curso, o ensino buscando o alcance da compreensão do BIM em sua totalidade, tendo em vista inclusive a compatibilização interdisciplinar e a gestão do ciclo de vida das edificações do início ao fim.

Num estudo recente realizado no ano de 2020 denominado *The analysis of barriers to BIM implementation for industrialized building construction: a China study*, os autores Ping Wu, Ruoyu Jin, Yidong Xu, Feng Lin, Yiting Dong e Zhihong Pan levantam uma extensa revisão bibliográfica apontando as barreiras identificadas por autores que já estudaram processos de adoção de metodologia BIM em empresas de todo o mundo. Apesar de não ser um estudo relacionado ao ensino e aprendizado de projetos e sim aos paradigmas e desafios da implementação do BIM na indústria da construção industrializada da China, esse conjunto de barreiras levantadas são classificadas em 5 grupos diferentes e cada um contém um número específico de barreiras percebidas. A saber, os cinco grupos são: A) Fatores relacionados aos incorporadores imobiliários; B) Fatores relacionados ao financeiro; C) Fatores relacionados aos empregados da indústria da construção; D) Fatores relacionados ao ambiente externo; E) Fatores relacionados aos softwares e tecnologias digitais.

É no grupo C, que trata sobre os empregados da indústria da construção, que os autores levantam a grande carência existente no mercado de talentos com habilidades e conhecimentos relevantes relacionados à utilização de ferramentas BIM e da compreensão da metodologia na sua totalidade. Outro fator pertinente relacionado a esse grupo é a lenta compreensão e absorção das ferramentas BIM e das tecnologias relacionadas a ela. Há também outra barreira identificada por Wu, Jin, Xu, Lin, Dong e Pan (2020) que é a indisponibilidade de treinamentos apropriados para o ensino e aprendizado do BIM. Dentro desse grupo C, fica claro na pesquisa que a universidade possui papel importante na capacitação da formação de mão-de-obra para que a mesma saia da universidade com total compreensão do BIM como um processo metodológico de desenvolvimento de projetos e com domínio, pelo menos básico, das ferramentas BIM. Assim, os futuros profissionais poderão dar a sustentação necessária ao mercado para uma plena adoção da metodologia BIM nos próximos anos.

Apesar do apontamento feito por Wu, Jin, Xu, Lin, Dong e Pan (2020), de que existe grande pertinência em relação à formação, capacitação e qualificação de mão-de-obra para atuação em BIM, o resultado da pesquisa aponta que (p. 9):

Entre as múltiplas barreiras à implementação do BIM para a industrialização da construção, a influência dos fatores financeiros (B) é a maior. Entre os subfatores relacionados aos investimentos financeiros, o alto custo dos softwares BIM [...]

Fica claro que apesar da grande necessidade de qualificação da mão-de-obra, outros fatores são mais pertinentes atualmente no que concerne aos entraves existentes para a adoção de BIM no mundo. O fator que mais restringe a adoção da metodologia BIM na indústria da construção chinesa, e que pode ser facilmente transposto para a indústria da construção global, é o custo financeiro do investimento das empresas na sua implementação. Os altos custos financeiros são mais restritivos do que a necessidade de qualificação de mão-de-obra em si.

Apesar de ser fato conhecido que o maior desafio da implementação de BIM são os custos financeiros (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 99)

[...] a indústria da construção espera que os futuros funcionários tenham conhecimento e habilidades em tecnologia da informação, especialmente por meio de sua crescente demanda por profissionais da construção com conhecimento e habilidades em Building Information Modeling (BIM).

Após 30 anos de desenvolvimento, o BIM está rapidamente se tornando o padrão ouro e um dos desenvolvimentos recentes mais promissores na indústria de AEC (Azhar, 2011) e é também a base de muitas tendências tecnológicas na indústria.

De acordo com Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo (2015, p. 99) é muito perceptível na indústria da construção a necessidade de aprofundamento no ensino e aprendizado do BIM, tendo em vista que esse é um caminho sem volta na utilização de ferramentas digitais para produção de projeto e, portanto, nada mais justo ao olhar do mercado da construção do que as universidades se adaptem ao ensino e aprendizado de projetos utilizando as ferramentas BIM, que farão parte do futuro, pelo menos a médio prazo (se não a curto prazo), dos profissionais das áreas da construção civil que são formados nas atuais e próximas gerações.

Um estudo antigo denominado *Challenges of Integrating BIM in Architectural Education* (Tuba Kocaturk e Arto Kiviniemi, 2013, p.472), apresenta a necessidade do pensamento nas universidades sobre a abordagem de especializações relacionadas a novas

áreas de atuação entrelaçadas ao BIM, que surgem a partir da adoção de novas tecnologias digitais atreladas aos processos de projeto.

Novas especializações (como BIM Manager) devem ser apresentadas aos alunos como caminhos possíveis (alternativos) já durante sua educação de graduação, nas quais eles podem optar por se especializar durante seus estudos de pós-graduação.

Essa abordagem demonstra uma compreensão de que já existe no mercado da construção figuras profissionais relacionadas à gestão de processos em BIM e de ferramentas e processos de implementação da metodologia, e que devem ser incorporados aos currículos dos cursos de graduação de maneira optativa ou até mesmo em cursos de pós-graduação voltados para a especialização de profissionais na gestão e trabalho em metodologia BIM. O que se observa no Brasil é que, apesar das universidades ainda não terem incorporado de maneira ampla o ensino e aprendizado de BIM nos cursos de graduação, já existe a iniciativa de cursos de pós-graduação que visam a formação especializada de profissionais graduados em arquitetura, engenharia e áreas afins para atuarem na gestão de processos em BIM. Isso se apresenta inclusive como uma alternativa para a qualificação mais rápida e imediata dos profissionais que já se encontram no mercado de trabalho, suprimindo uma grande carência observada no mercado da construção brasileiro e em outros países, de que para o avanço da metodologia no mercado é necessário profissionais qualificados para o atendimento das novas demandas e processos de desenvolvimento de projetos trazidos pela metodologia.

Outro argumento pertinente apresentado no artigo *A Systematic Review of Current Strategies and Methods for BIM Implementation in the Academic Field* (Alia Besné, Miguel Ángel Pérez, Silvia Necchi, Enric Peña, David Fonseca, Isidro Navarro e Ernesto Redondo, 2021, p.1) é que faz-se importante a qualificação de mão-de-obra para atender ao mercado de BIM na construção, uma vez que os governos de diversos países forçaram, do ponto de vista legislativo, a adoção da metodologia nos seus mercados nacionais através de leis que exigem a aprovação de projetos públicos em BIM.

Desde que as instituições governamentais internacionais exigiam e/ou recomendavam (de acordo com as regulamentações de cada país e continente) que todas as obras públicas fossem certificadas na metodologia BIM (Building Information Modeling), instituições públicas e privadas e universidades têm buscado integrar o BIM em seus processos produtivos e educacionais. Isso exige que o ambiente acadêmico universitário concentre seus esforços na formação dos alunos nessa metodologia, pois eles precisarão aplicá-la em quaisquer atividades futuras de trabalho relacionadas à arquitetura e construção.

Os autores (Besné, Pérez, Necchi, Peña, Fonseca, Navarro e Redondo, 2021, p.18) ainda reforçam que

É importante ressaltar neste ponto que se o uso de metodologias BIM é uma exigência atual e futura no ambiente de trabalho, o ensino BIM nas universidades deve ser iminente, pois os profissionais de amanhã são os alunos de hoje.

Em 2020 também foi realizado um estudo por D. F. Çapkın, Ü. Işıkdag e T. Tong, *Design Students Viewpoint on BIM: a preliminary assessment of the indicators*, cujo foco central era mostrar a visão dos alunos dos cursos de arquitetura, engenharia e áreas da construção e sua percepção acerca do uso da metodologia BIM como interface de aprendizado. Diferente das diversas pesquisas apresentadas acima que se preocuparam em analisar a relação do ensino e aprendizado utilizando a visão do mercado da construção e suas necessidades ou com o ponto de vista do corpo docente sobre BIM dentro da academia, esse estudo capta a percepção dos alunos frente a utilização da metodologia BIM para desenvolvimento de projetos. O estudo apresenta vários pontos relevantes de crítica que serão apresentados nos sub-capítulos a seguir, mas já na introdução do artigo pode-se perceber, conforme apontado pelos autores (Çapkın, Işıkdag e Tong, 2020, p. 144), que:

A utilização do BIM na indústria de AEC ganhou impulso após o surgimento do modelo de informação padrão da indústria, IFC, no final da década de 1990, mas a aceitação real da indústria começou após 2010, quando o setor público e os governos emitiram requisitos e mandatos legais que obrigam a indústria a usar essas ferramentas, tecnologias e práticas de gerenciamento de informações baseadas em BIM. Em paralelo com a adoção industrial, aumentou a exigência de profissionais com conhecimento de BIM, o que por sua vez resultou em cursos e programas de treinamento BIM na academia e na indústria.

Diversos estudos apontam que "Existem vários cursos e programas de treinamento BIM na maior parte do mundo em níveis de pós-graduação." (Çapkın, Işıkdag e Tong, 2020, p. 144), o que reforça a realidade brasileira de que os cursos de pós-graduação atualmente oferecem programas voltados especificamente para gerenciamento de processos em BIM e para o aprendizado da metodologia como processo de projeto, visando suprir a demanda mais imediata do mercado através dos profissionais já graduados que se encontram na atividade profissional e precisam se capacitar para o processo de migração das tecnologias de desenvolvimento de projetos.

Outro estudo recente realizado em 2020 por Oludolapo Ibrahim Olanrewaju, Nicholas Chileshe, Sunday Ajiboye Babarinde e Malindu Sandanayake (p.2931),

Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry, aponta que

[...] apenas três (de 14) barreiras são identificadas como críticas (pontuação média superior a 3,5): (1) poucos estudos disponíveis sobre BIM e falta de conhecimento, (2) inexistência ou políticas governamentais inadequadas e (3) alto custo de implementação.

Ou seja, uma das principais barreiras identificadas pelo estudo é que existe pouco avanço em termos de estudo e conhecimento acerca de BIM, sendo esse aspecto diretamente relacionado às pesquisas e desenvolvimento de BIM nas universidades. No mesmo estudo, são identificados os 4 primeiros pontos de embaraço na implementação de BIM na indústria da construção nigeriana. O estudo, porém, pode ser facilmente transposto para outros países, inclusive para o Brasil. Esses pontos são:

- 1) Poucos estudos relacionados ao BIM e falta de conhecimento, o que pode se relacionar principalmente às pesquisas acadêmicas e a integração da academia com a indústria da construção;
- 2) Inexistência ou inadequação das políticas governamentais acerca da implementação do BIM;
- 3) Alto custo para a implementação da metodologia;
- 4) Falta de treinamento e habilidade para utilização das ferramentas BIM e da metodologia na atuação profissional.

Esse quarto aspecto, em termos de hierarquia das barreiras, aponta novamente para a necessidade da incorporação do ensino e aprendizado de BIM durante os cursos de graduação e pós-graduação em todo o mundo.

A análise da bibliografia brasileira, com artigos e pesquisas desenvolvidas no Brasil acerca do tema da presente pesquisa doutoral, está completamente alinhada com os estudos desenvolvidos em outros países. Os pesquisadores brasileiros apontam resultados, ganhos e benefícios trazidos pela implementação de BIM no ensino muito similares ao que é observado nos artigos e publicações estrangeiras. Será apresentado a seguir um pequeno resumo da leitura e observação desses artigos nacionais.

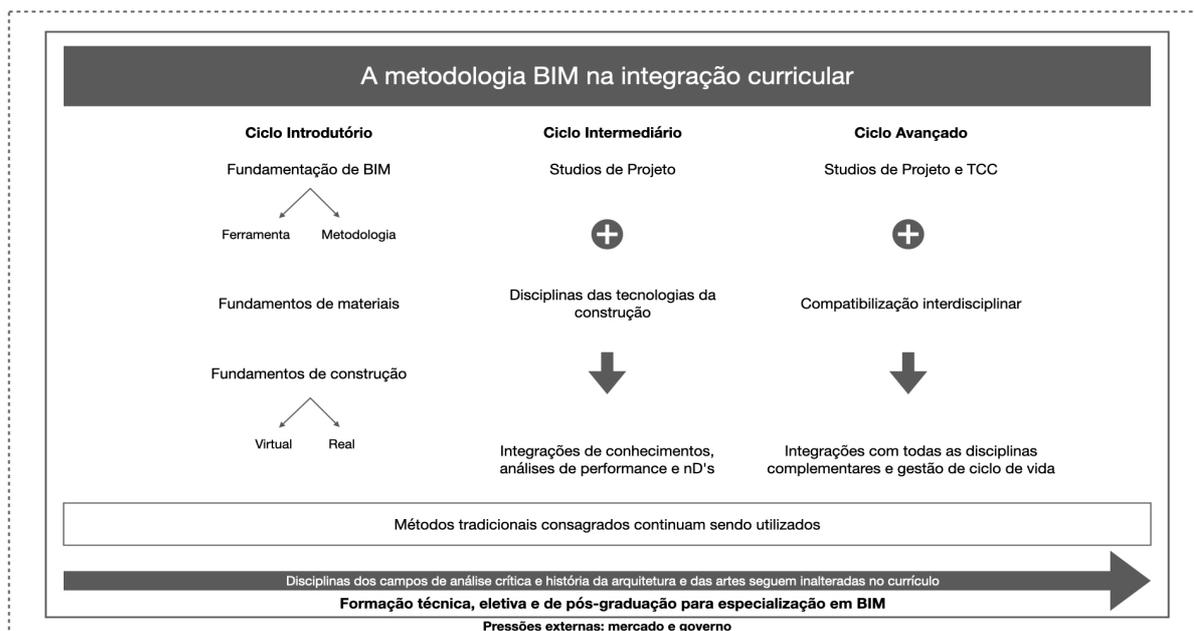


Figura 5 – Potencial modelo de adoção da metodologia BIM na integração curricular.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Um dos assuntos, que também será tratado em tópico específico na presente revisão bibliográfica, será o resgate à utilização de conhecimentos tradicionais, tais como geometria e matemática, como base e fundamento no ensino e aprendizado de arquitetura para fomentar a compreensão dos alunos sobre a utilização de ferramentas paramétricas avançadas. Dentro desse tema, o artigo intitulado *Conhecimento geométrico e modelagem algorítmico-paramétrica: um experimento prático-pedagógico sobre o processo projetual* (Fernando Tadeu de Araújo Lima, Ricardo Ferreira Lopes e José Gustavo Francis Abdalla, 2019, p. 122) defende

[...] a necessidade de uma boa aquisição de conhecimentos de Geometria² (Euclidiana, Cartesiana e Mongeana) para uma compreensão e uma utilização plena da representação espacial, enquanto uma importante característica para o desenvolvimento de projetos de arquitetura e urbanismo, ainda que eles sejam mediados por ferramentas de CAAD (*Computer-Aided Architectural Design*).

Para além dessa utilização das ferramentas CAD, as ferramentas de design paramétrico mais avançadas reforçam e exponenciam a necessidade desse conhecimento para uma profunda análise crítica e direcionamento dos algoritmos de geração de forma, com base em conhecimentos geométricos. Esse argumento se reforça a partir da seguinte afirmação dos mesmos autores

[...] mesmo um *software* gráfico com grande tecnologia agregada se torna muito pouco útil nas mãos de um profissional que não tenha conhecimentos espaciais e geométricos suficientes para operá-lo e, assim, responder minimamente às demandas e às exigências pertinentes. (Lima, Lopes e Abdalla, 2019, p.126).

Os autores ainda afirmam que novas possibilidades formais proporcionadas pelos mais avançados recursos digitais só podem ser plenamente exploradas por meio de uma sólida compreensão da geometria.

Esse estudo ainda realiza uma experimentação com alunos de arquitetura que não dominam ainda os conhecimentos relacionados à projeto mas que tiveram bases de ensino de matemática e geometria no início de seus cursos. Com essa base, foi possível que desenvolvessem, em ferramentas paramétricas, soluções espaciais coerentes com a lógica da geometria espacial construtiva. O artigo, portanto, mostrou

[...] que possuir bom arcabouço de conhecimentos geométricos é necessário para se conseguir uma implementação com maior eficácia desses recursos, uma vez que para modelar nessa lógica se notou ser relevante o conhecimento das regras necessárias para explicitar os parâmetros de descrição de um dado objeto. (Lima, Lopes e Abdalla, 2019, p.134).

Tendo em vista os resultados apontados por esse artigo nacional, reforça-se a necessidade de aprofundamento da discussão relacionada à volta ao essencial, às disciplinas básicas de geometria e matemática no ensino e aprendizado de projetos. Para tal, haverá seção posterior no presente capítulo de revisão bibliográfica que fará a análise mais apurada sobre outros artigos e autores relacionando o ensino e aprendizado de projetos para ferramentas paramétricas utilizando conhecimentos básicos de matemática e geometria.

Um outro artigo nacional que também traz uma temática que terá destinada a ela uma sub-seção da presente revisão bibliográfica é o artigo denominado *BIM como interface colaborativa no curso de Arquitetura e Urbanismo do IFF* (Zander Ribeiro Pereira Filho e Ana Julia Carvalhido Izabel Barreto, 2018), que aborda o aprendizado do desenvolvimento colaborativo de projetos, utilizado o cruzamento de diversas disciplinas da grade curricular de arquitetura, cada uma aprofundando no conhecimento específico da sua competência, para fomentar uma rede colaborativa no desenvolvimento de projetos dentro do próprio curso. Para isso, os autores descrevem um processo utilizado para testagem dessa metodologia colaborativa no ensino e aprendizado de projetos, desenvolvido a partir de um projeto piloto interdisciplinar no qual os professores utilizavam o mesmo modelo 3D (?) em suas disciplinas. Esse processo se deu, primeiramente, com os estudantes desenvolvendo na

disciplina de *Informática aplicada à arquitetura e urbanismo III* um modelo BIM de arquitetura do projeto-piloto. Na sequência, o modelo acompanhou a turma, sendo utilizado nas disciplinas denominadas *Sistemas Estruturais II* e *Instalações Prediais II*. A conclusão do estudo é que esse modelo integrativo das disciplinas "[...] têm contribuído para que os estudantes entendam a importância do desenvolvimento integrado entre o projeto de arquitetura e os projetos complementares." (Filho e Barreto, 2018, p. 99).

O estudo de Érica de Sousa Checcucci, *Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018*, publicado em 2019, apresenta uma excelente compilação de todas as produções acadêmicas realizadas no período compreendido entre 2013 e 2018 acerca da metodologia BIM. Dentro desses estudos, aparecem diversos artigos relacionados ao ensino e aprendizado de projeto - foco da presente pesquisa doutoral. O trabalho identifica e analisa teses e dissertações disponíveis no catálogo do portal CAPES. A metodologia da pesquisa ainda passa por realizar “ um recorte sobre aqueles trabalhos que discutem questões sobre o ensino de BIM buscando contribuir com a implantação desta modelagem nos cursos relacionados com a Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação de edificações (AECO).” (Checcucci, 2018, p. 019008-1). Numa análise estatística dos resultados encontrados nas pesquisas, foi identificado que

[...] já existem trabalhos sobre BIM nas diversas fases do ciclo de vida da edificação, mas a maioria deles trata da etapa de projeção; (b) 78,3% das pesquisas encontradas foram produzidas no eixo sul-sudeste do país e em instituições de ensino sediadas nas capitais e grandes cidades, indicando a necessidade de interiorização e difusão do BIM em outras regiões; (c) existe uma diversidade de temas já pesquisados relacionados com o BIM que encaminham questões sobre a modelagem e podem auxiliar na sua adoção tanto em instituições de ensino quanto no mercado de trabalho. (Checcucci, 2018, p.019008-1).

Mais especificamente sobre ensino e aprendizagem de BIM, foram encontrados 12 trabalhos que tratam do tema, sendo 4 de doutorado e 8 de mestrado. Como conclusão desses estudos analisados, a pesquisa constata que existe demanda por professores capacitados em BIM e que os alunos que utilizam a metodologia compreendem melhor elementos estruturais do projeto e se preocupam mais com o processo de construção. Essa temática, sobre o cômputo docente frente à introdução de BIM na academia, será tratada em subseção posterior com maior aprofundamento e cruzamento com bibliografia estrangeira.

[...] (a) necessidade de atualização dos cursos e de docentes; (b) BIM favorece o aprendizado de conteúdos de engenharia; (c) é preciso que haja colaboração entre docentes e disciplinas; (d) deve-se trabalhar BIM em diversos componentes ao longo da formação do estudante e desde o início do curso; (e) metodologias de ensino-

aprendizagem ativas são mais adequadas para a formação em BIM. (Checcucci, 2018, pgs. 019008-8 e 019008-9).

A pesquisa de Checcucci (2018) continua analisando os resultados obtidos pelos pesquisadores nos 12 trabalhos acadêmicos supracitados e algumas dessas pesquisas estão voltadas para o estabelecimento de alguns perfis de formação para especialistas BIM, indicando competências para engenheiros e arquitetos. Discutem também diferentes formas de colaboração para trabalhar em BIM no currículo, além de estratégias para introdução da modelagem nos cursos. As pesquisas apresentadas neste artigo também trabalham questões relacionadas ao nível de proficiência em BIM e a necessidade de acompanhamento da evolução da proficiência em BIM dentro da trajetória cronológica do currículo acadêmico. O artigo também identifica pesquisas que defendem a inserção do projeto paramétrico desde o início dos cursos e que permaneça ao longo da formação de forma gradual, diluída e com aumento crescente da complexidade.

Algumas das conclusões apontadas no artigo, com base no levantamento dos resultados das pesquisas acadêmicas de doutorado e mestrado voltadas para ensino e aprendizado de BIM no Brasil, levantam diversos pontos de discussão que serão apresentados e aprofundados em sub-seções posteriores, dentro do presente capítulo de revisão bibliográfica. Serão citadas a seguir algumas dessas identificações e conclusões do artigo produzido por Checcucci (2018) para que a presente pesquisa doutoral possa se relacionar com as discussões já levantadas no Brasil acerca da implementação de BIM na academia. É importante ressaltar que as 12 pesquisas levantadas pela autora apresentam as informações em suas conclusões de maneira ainda incipiente e o propósito da presente pesquisa doutoral é aprofundar essas discussões e encontrar, inclusive no processo de entrevistas, os paralelos e possíveis caminhos para a superação do que foi identificado dentro do arcabouço de teses e dissertações levantados pela autora.

Uma dessas conclusões ressalta que o BIM pode potencializar a aprendizagem de arquitetura, mas demanda desenvolvimento de práticas colaborativas, interdisciplinares e requer mudanças em pessoas e processos. Outra conclusão é que os estudiosos brasileiros defendem a adoção de métodos de ensino e aprendizado ativos, como o PBL e o PjBL. Os pesquisadores também apresentam diferentes propostas para inserção no currículos de TCIs, como o BIM, realidade aumentada, realidade virtual, prototipagem rápida, entre outros. Outra conclusão é que se faz necessário pensar em como será feita a adoção de BIM no ensino para

trabalhos relacionados à extração de quantitativos e realização de orçamentos da obra. Por fim, uma última conclusão é apontada, reforçando a necessidade de atualização dos docentes que atuam atualmente nos cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil, como um dos elementos mais essenciais para o avanço da implementação de BIM no ensino brasileiro.

Uma outra pesquisa nacional, intitulada *BIM no ensino de tecnologia da construção: estudo de caso* (Bianca Marques Figueiredo Leal, 2019), conclui e reforça que não tem sido discutidas as alternativas de utilização do BIM na exposição dos conteúdos próprios da formação de tecnologia da construção, sendo essa uma carência a ser suprida pela academia quando pensada a adoção da metodologia BIM pela mesma. O estudo ainda afirma

Os resultados apontaram um grande potencial de utilização do BIM no ensino de tecnologia da construção, bem como em outras áreas do curso de arquitetura e urbanismo sem necessidade de alteração curricular. Por fim, esse estudo evidencia as mudanças que podem ocorrer na sala de aula se o docente se apropriar das ferramentas digitais existentes e se a instituição e a coordenação apoiarem essa proposta. (Leal, 2019, p. 019027-1).

4.2.FORMAÇÃO PARA O MERCADO

Como argumento predominante para a defesa do BIM no currículo dos cursos de engenharia, arquitetura e construção, diversos estudos apontam como elemento fundamental para a superação dos desafios relacionados ao avanço da sua utilização ampliada no mercado da construção a necessidade de implementar BIM nos currículos dos cursos de formação dessas profissões. Serão apresentados a seguir os principais argumentos e afirmações apresentados nessas pesquisas sobre a necessidade de incorporação do BIM nas universidades.

Um dos principais pontos levantados pela bibliografia é a ocorrida migração do mercado da construção civil na última década para a utilização da metodologia BIM como principal plataforma de desenvolvimento de projetos, sobretudo após a implementação de legislações em diversos países que obrigam as empresas de engenharia e construção a se adaptarem ao desenvolvimento e entrega de projetos do poder público dentro das novas tecnologias digitais. O artigo de Leite e Brooks (2020, p. 6) previamente citado, reforça que

[...] Familiarizar os alunos com as práticas e expectativas da indústria também é importante. As empresas de engenharia valorizam os graduados que são alfabetizados nas ferramentas BIM mais recentes e podem usar essas ferramentas para resolver desafios de design integrados, [...]

Conforme mencionado no subcapítulo anterior, o artigo trata sobre a implementação de BIM no ensino e na grade curricular dos cursos de arquitetura, engenharia e construção da Universidade de Austin, no Texas, Estados Unidos. Segundo a pesquisa, as taxas de empregabilidade dos alunos mostraram uma diferença ao comparar aqueles que se formaram no currículo pré-BIM e pós-BIM, sendo a diferença positiva para o segundo grupo. Analisando os alunos formados até 2011, antes do ensino integrado de BIM, as taxas de emprego relatadas na universidade eram de aproximadamente 84%. Já após a formatura da primeira turma com currículo de BIM, a partir de 2012, a taxa de emprego subiu para 95%. Em 2013 chegou a alcançar 100% e, desde então, manteve-se no percentil de 90%, o que demonstra que a implementação de BIM no ensino pode elevar a aceitabilidade no mercado profissional dos alunos formados nessa metodologia. É preciso considerar que o mercado, nessa segunda década dos anos 2000, buscava profissionais com esse tipo de capacitação e que havia uma baixa oferta de pessoas com esse tipo de qualificação. Nesse primeiro momento de implementação de BIM, as empresas inclusive necessitaram qualificar e formar mão-de-obra já graduada e pertencente aos quadros das empresas, para que a migração pudesse acontecer dentro das empresas. O reflexo demonstrado nesse artigo é que as universidades que saíram na frente na formação em BIM permitiram o aumento da empregabilidade dos seus alunos (Leite e Brooks, 2020, p. 6).

Os alunos que foram educados desde o início de seu programa no novo currículo BIM foram vistos como profissionais de alta demanda que estavam entrando no mercado de trabalho bem preparados para enfrentar esse novo paradigma de entrega de projetos.

No artigo de Taija Puolitaival e Perry Forsythe (2016) também mencionado no subcapítulo anterior, os autores reforçam que a modelagem da informação da construção tem se tornado uma nova norma na indústria da construção e que tem sido parte de diversos projetos de gerenciamento da construção. O propósito da pesquisa é, de fato, encontrar resultados e recomendações que auxiliem os educadores numa maior compreensão dos desafios práticos relacionados ao ensino do BIM, especialmente os que tratam dos processos e instrumentos de ensino e aprendizado dos cursos de arquitetura, engenharia e construção. Apesar da ênfase do estudo ser voltada para o melhor ambiente de aprendizado para estudantes de gerenciamento da construção, o conhecimento encontrado no estudo pode

facilmente ser transposto para cursos de arquitetura e engenharia civil, disciplinas relacionadas diretamente ao desenvolvimento da construção.

Como base para desenvolvimento deste estudo, os autores realizaram grande revisão bibliográfica e nela encontraram algumas informações pertinentes à forma ideal de estruturação curricular e de pensamento didático para o ensino e aprendizado de gerenciamento da construção em BIM. O artigo (Puolitaival e Forsythe, 2016, p.354) evidencia que as descobertas do estudo realizado por Sacks e Pikas (2013) indicam que o BIM deveria ser introduzido não apenas como um tópico por si só, mas como uma ferramenta mais central nos programas desses cursos. Os conteúdos deveriam também ser focados em *soft skills*, tais como compartilhamento de informação, gerenciamento do conhecimento, os papéis profissionais de cada função na cadeia do desenvolvimento da construção e os contextos comerciais atrelados a essas novas atividades que advém da implementação de BIM nas empresas. O que Sacks e Pikas (2013) apontam, na verdade, é que não se deve pensar o ensino e aprendizado apenas do ponto de vista de disciplinas isoladas, com conhecimento teórico atrelados à metodologia. Elas se fazem necessárias, entretanto outras disciplinas devem ser incorporadas à grade curricular. Disciplinas essas que utilizam a metodologia BIM como ferramenta e instrumento de aprendizado dos conteúdos tradicionais dos cursos. Também defendem que as *soft skills* relacionados à habilidades sociais e ao perfil comportamental profissional dos engenheiros, arquitetos e gerenciadores da construção devem ter grande peso dentro dos currículos, dado que são essas características de um profissional capaz de atuar de maneira colaborativa no mercado da construção - também visto que a metodologia BIM traz a compatibilização interdisciplinar e a interdisciplinaridade no desenvolvimento em simultâneo de projetos de média a elevada complexidade como um dos maiores contributos para o mercado.

Outro assunto, que será tratado com mais detalhes em seção posterior, é a falta de experiência entre os professores e a equipe docente acerca das habilidades de utilização das ferramentas e das necessidades de se manter constantemente envolvidos com o ambiente relacionado ao BIM, com as discussões e a evolução acerca da metodologia e tecnologias ligadas à mesma, que o estudo de Puolitaival e Forsythe (2016) indica como um dos principais desafios práticos da educação em BIM. Os autores, após revisarem estudos de diversos outros autores, indicam que a compreensão do processo e a habilidade de uso do

software são dois fatores predominantemente importantes no entendimento dos professores do funcionamento da metodologia BIM e propõe, então, que os professores e o corpo docente dos cursos de arquitetura, engenharia e construção devem estar regularmente em contato com a indústria, ou seja, com o mercado de trabalho, para refletir as demandas, necessidades e a prática na realidade do país. O estudo de Oluwole Alfred Olatunji (2019, p. 1241) também fala sobre esse tema:

[...] os provedores de educação devem desenvolver conteúdos interagindo com a indústria, de modo que seus programas sejam projetados para atender às necessidades imediatas e futuras da indústria. No entanto, o desafio é: os provedores de educação geralmente constroem soluções para questões complicadas da indústria, algumas das quais são fluidas e amplas (Jensen et al., 2007).

Burcin Becerik-Gerber, David J. Gerber e Kihong Ku (2011, p. 412) ainda reforçam que "A falta de pessoal adequadamente treinado em BIM é uma restrição significativa que dificulta o uso e a adoção da tecnologia na indústria.". Os autores ressaltam que é importante lembrar que a indústria da construção está em constante transformação e que as próprias tecnologias digitais atreladas aos processos de projeto podem mudar de uma década para outra, de forma muito rápida. Tendo isso em vista, se faz pertinente o pensamento supracitado de que a academia deve manter diálogo constante com a indústria, para que se atualize das demandas e da forma de trabalhar do mercado e de possíveis demandas futuras para que os currículos fiquem alinhados com a formação de mão-de-obra qualificada para atuar no mercado, mas também entender que isso é um desafio.

Embora seja óbvio que os ambientes educacionais devem manter alguma semelhança com as práticas do mundo real da indústria, manter o currículo alinhado às necessidades da indústria é um desafio importante, uma vez que a indústria de AEC está pronta para uma rápida transformação.

Becerik-Gerber, Gerber e Ku (2011, p. 428), reconhecem a dificuldade de interlocução entre essas duas realidades, a academia e a indústria da construção:

Fazer a ponte entre a indústria e a academia requer a compreensão de ambos os mundos. Alguns dos desafios que os educadores enfrentam coincidem com os desafios que os profissionais enfrentam ao adotar o BIM.

Ou seja, os estudos apontam com clareza para a necessidade de acompanhamento das tendências de mercado pela academia, mas mostra que não é uma tarefa fácil e deve ser pensada de maneira crítica pela academia. É reconhecido em pesquisa realizada por Conrad Boton, Daniel Forgues, and Gilles Halin (2018, p. 873) que

[...] há uma demanda cada vez maior por novas especializações relacionadas ao BIM na indústria da construção. Como “um tamanho não serve para todos” (Kocaturk e Kiviniemi 2013), é importante trabalhar em estreita colaboração com a indústria para entender suas necessidades específicas.

A ideia dos autores é apresentar a necessidade da adaptação do ensino de BIM às necessidades do mercado e que, em geral, isso pode ser alcançado através de parcerias entre as universidades e as empresas de arquitetura, engenharia e construção para que ambas as partes se beneficiem nesse processo do ensino e aprendizado em BIM. As empresas têm a capacidade de fornecer às universidades um bom entendimento das suas necessidades, bem como identificar questões de pesquisa que podem ser aprofundadas dentro do campo acadêmico. As empresas ainda podem oferecer possibilidade de financiamento, abrir as portas para estudos de caso e, em contrapartida, oferecer oportunidades de emprego tanto para discentes quanto para professores, no intuito de ampliar a experiência dos docentes. Programas como os de estágio, relógio tecnológico e recursos de pesquisa e desenvolvimento podem partir da iniciativa privada para complementar a arrecadação de recursos para desenvolvimento e pesquisa nas universidades. Com essa parceria dupla, a universidade ganha no desenvolvimento de pesquisas atreladas ao futuro da construção e da utilização de tecnologias digitais vinculadas ao desenvolvimento de projetos e o mercado ganha com soluções mais sustentáveis e interessantes para o futuro da construção fomentado pela academia.

Em estudo denominado *Developing Project Managers' Transversal Competences Using Building Information Modeling*, os autores Francisco Zamora-Polo, Mercedes Martínez Sánchez-Cortés, Antonio Manuel Reyes-Rodríguez e Justo García Sanz-Calcedo (2019, p. 2) defendem veementemente a seguinte afirmação:

A adoção da metodologia BIM tem sido mais lenta do que o esperado [23]. Para superar essa dificuldade, a educação desempenha um papel crucial [14,24,25]. Há uma alta demanda por treinamento BIM por parte de empresas do setor de construção [26–29].

Essa ideia apresentada, de que a superação do entrave na implementação de BIM por falta de mão-de-obra qualificada no mercado da construção, abre caminho para a universidade pensar não apenas nos programas de graduação voltados para uma nova lógica de ensino em BIM, mas também para a oferta de cursos de pós-graduação e especialização nessa metodologias. Dessa forma, o mercado receberia da própria universidade a oferta para qualificação da mão-de-obra através de ensinamentos de extensão, que inclusive complementariam

a grade curricular dos cursos de graduação que já é saturada. No Brasil, podemos ainda observar o grande surgimento de cursos de pós-graduação voltados para o gerenciamento de processos em BIM na última década. Não apenas o sistema de ensino de pós-graduação é possível, como já está sendo implementado, mas também é possível pensar na oferta de cursos de curta duração para formação tecnológica tanto do domínio de ferramentas quanto para compreensão da metodologia BIM do ponto de vista teórico, capacitando pessoas para uma atuação mais imediata no mercado e mantendo-se sempre atual frente à evolução tecnológica, sem comprometer o currículo formal e tradicional de ensino, com conhecimentos fundamentais para o ensino e aprendizado de projeto, tais como questões culturais do campo da arquitetura (patrimônio, história, teoria crítica, entre outros) e tecnologias atreladas aos sistemas construtivos (sistemas estruturais, material de construção, resistência dos materiais, conforto ambiental, entre outros). Se faz válido, então, pensar quais seriam as melhores alternativas de desenvolvimento de currículo para atender as demandas do mercado, tendo em vista os desafios da grade curricular formal dos cursos e das necessidades perenes/tradicionais dos mesmos.

Apesar desta seção apresentar a importância da formação em BIM para o mercado, é importante ressaltar que esse tipo de informação também amplia algumas capacidades no desenvolvimento dos alunos durante seu curso de graduação. Portanto, conforme dito por Alia Besné, Miguel Ángel Pérez, Silvia Necchi, Enric Peña, David Fonseca, Isidro Navarro e Ernesto Redondo (2021, p. 19):

O BIM deve ser introduzido nos currículos não apenas para responder às demandas da indústria, mas também para facilitar o aprendizado, pois auxilia na compreensão do conteúdo [44,47–50,52].

Diversos conteúdos tradicionais do ensino e aprendizado de projeto podem ser transpostos para os alunos através da utilização do BIM como base de sustentação didática e de ferramenta para exploração de conhecimentos da construção, tais como os conhecimentos citados acima acerca das questões estruturais, sistemas construtivos, tecnologias da construção, entre outros.

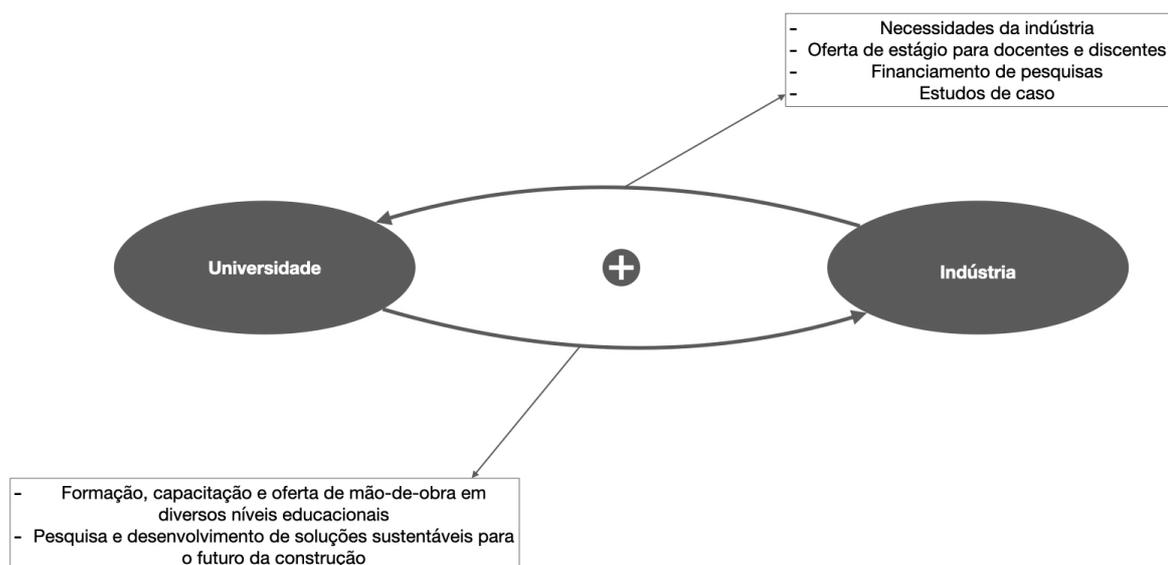


Figura 6 – Potenciais ganhos em parcerias da academia com o mercado.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.3. NADA MUDA NO PROCESSO CRIATIVO

A introdução do BIM no currículo dos cursos de arquitetura, engenharia e construção tem sido amplamente defendida por estudos - muitos deles relacionados à necessidade do mercado de profissionais capacitados nessa nova metodologia de trabalho. Uma reflexão que se faz extremamente importante é quais são os rebatimentos dessa adoção do BIM dentro da academia no que se relaciona aos processos cognitivos e criativos da produção de projetos. Nessa seção, serão discutidos esses rebatimentos, do ponto de vista do processo criativo e da produção do design da arquitetura.

Apesar de não haver quaisquer evidências científicas que comprovem que o processo cognitivo de criação de projeto seja afetado pelo BIM, existem passos da metodologia que interferem nos processos de projeto. É importante reforçar que nada muda no processo cognitivo tradicional da criação, do ponto de vista do processo criativo, que passa por imaginação de uma ideia, seu teste em alguma forma materializável visualmente - seja ela desenho manual, modelagem computadorizada, maquete física ou qualquer outro instrumento de verificação da ideia; análise crítica a partir da visualização e, posteriormente, uma nova reflexão cognitiva sobre alterações na solução para um contínuo aprimoramento dentro do mecanismo de *loop* de feedbacks e análises que desencadeia o processo de desenvolvimento

de projeto. Mesmo que não haja qualquer alteração no mecanismo supracitado, de feedback e análise de projetos, é importante entender alguns pequenos rebatimentos da metodologia BIM dentro desse processo, que pode trazer fatores positivos no processo de desenvolvimento e criação de projeto como também impasses e entraves, sobretudo quando analisado sob o viés da educação para a vida profissional futura, para o campo ampliado da arquitetura e da construção.

Dentro dessa lógica de análise dos processos cognitivos atrelados à criação e produção de projetos, é importante compreender que, apesar de não haver mudanças estruturais do pensamento criativo, o BIM pode trazer um contributo original no desenvolvimento de ideias de projeto, dada à agilidade de visualização de soluções e a possibilidade de testes mais rápidos, se comparado à processos tradicionais. É mais rápido testar diversas soluções volumétricas de uma edificação tridimensionalmente e suas relações com custos e performance bioclimática através de ferramentas computacionais do que através de maquetes físicas, que demandam tempo em sua formulação. Dentro desse contexto, um estudo denominado *Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios*, realizado em 2017 por Ashraf M. Soliman (p. 205), reforça que

A disposição tradicional das principais fases de projeto são as seguintes: fases de pré-projeto, projeto esquemático, desenvolvimento de projeto e construção de documentos. No entanto, cada disciplina de projeto pode passar por um arranjo particular de fases e processos de design, dependendo de seus objetivos e prioridades.

Mesmo com o reconhecimento do autor, de que existem particularidades relacionadas à complexidade de cada ateliê de projeto e da idealização de cada professor para a disciplina,

[...] esforços especiais devem ser feitos para tornar as aulas estruturadas interessantes, como a inclusão de multimídia, modelos físicos e software; um curso de análise estrutural terá um papel dominante no desenvolvimento de bons projetos em estúdios de design (Fahmi et al., 2012). (Soliman, 2017, p. 206).

A ideia central do autor, nesse contexto, é de que trazer ferramentas computacionais, tais como BIM, como plataforma de transmissão e obtenção de conhecimento pode significar um contributo original para campo das disciplinas relacionadas à construção civil e ao desenvolvimento de projetos, através da análise de modelos computacionais. A cargo disso, o autor utiliza o argumento de que um grupo de pesquisa criado no ano de 1996 no *MIT Media*

Laboratory denominado *Aesthetics and Computation Group* desenvolveu, do fim dos anos 90 em diante, diversos estudos relacionados à integração de tecnologias digitais aos processos de projeto no ensino. Foi observado, na universidade, ganhos notáveis que se refletiram em premiações dos alunos de graduação, em reconhecimento direto da academia e do campo ampliado da arquitetura aos ganhos que a computação gráfica e as novas tecnologias digitais podem trazer para o desenvolvimento de projeto e para as discussões contemporâneas e futuras da arquitetura. É importante ressaltar que nesse momento, em 1996 e até o fim da primeira década dos anos 2000, o BIM não tinha se consolidado no campo da construção. Apenas a partir da segunda década dos anos 2000 é que a metodologia, de fato, ganhou o mercado, mas o laboratório estudado e apresentado por Soliman (2017) em seu artigo permitiu a exploração de diversas tecnologias digitais, inclusive paramétricas como BIM. Tecnologias essas que auxiliaram no avanço do pensamento e aprendizado de alunos, trazendo ideias inovadoras e soluções projetuais que causaram ampliação de possibilidades para a produção de arquitetura contemporânea.

Uma outra compreensão importante observada na literatura é que a utilização do BIM como ferramenta de trabalho (metodologia e processo de produção de projeto), conforme apontado acima, nada interfere no mecanismo de idas e vindas do pensamento projetual, passando pela testagem de hipóteses e solucionamento paulatino através do *feedback* de análise dos testes. Portanto, o desenvolvimento de croquis e outros instrumentos mais simplificados e iniciais de testagem de ideias não devem ser descartados do ensino e aprendizado de projetos e continuam sendo fundamentais para a experimentação de ideias pelos alunos. Soliman (2017, p. 206) reforça que

A modelagem física, como método de comunicação do projeto, era utilizada anteriormente apenas na fase final de apresentação. No entanto, um experimento verificou que os modelos físicos também são eficazes durante a fase de criação da forma do projeto conceitual (Abdelhameed, 2011).

Essa afirmação confirma que a modelagem física pode se configurar como uma grande ferramenta participante dos processos de desenvolvimento de projetos. Esse tipo de ferramenta pode ser facilmente transposta para a lógica da metodologia BIM, onde a maquete computacional serve, como antes fazia a maquete física, para a análise de possibilidades de solucionamento de projetos de maneira mais acelerada que a primeira. Para uma melhor compreensão das práticas que mais impactam no entendimento dos alunos sobre o processo

de desenvolvimento de projeto, o estudo criou um questionário que foi administrado para acadêmicos de arquitetura, para identificar as melhores práticas realizadas nos studios de design.

O estudo de Soliman (2017) encontrou dois caminhos diferentes de transposição, onde em cada um deles existe um nível de maturidade atrelado à sua compreensão e absorção. O primeiro método é relacionado diretamente ao ensino explanatório, ou seja os professores explicam o processo cognitivo e técnicas para a produção e criação de projetos. Nesse método foi observado que ele permite certa padronização da compreensão da escala do projeto, do tema trazido pelo professor para desenvolvimento do projeto, dos principais desafios relacionados ao tipo de construção atrelada ao *briefing* do projeto e, garante também, uma forma de nivelar os conhecimentos da turma e as informações necessárias para que os alunos conduzam o desenvolvimento dos seus projetos. Para alunos iniciantes, não é adequado entregá-los a pesquisa profunda sobre um tema de desenvolvimento de projeto sem antes terem compreendido os parâmetros iniciais e as questões fundamentais do projeto. Portanto, foi percebido através do estudo que é essencialmente importante que os professores introduzam, primeiro, o assunto e as principais características do projeto para que os alunos tenham um norte de pesquisa e desenvolvimento a partir dos problemas trazidos pelos professores. O segundo método traz a possibilidade do aprendizado em projeto através da apresentação de soluções formais, ou seja, os aprendizes trazem os produtos de sua criatividade e de sua fase *pré-design* para discussão com seus pares e, dessa forma, as soluções para aquele caso podem ser discutidas. Num primeiro momento, o professor explica de forma a traduzir as principais ideias para o desenvolvimento do projeto e, num segundo nível de maturidade, o professor pode se ausentar desse papel, desde que os alunos possuam maturidade suficiente para compreender que um determinado problema de projeto pode ser equacionado a partir do seu repertório pessoal e pesquisas profundas acerca de obras análogas, e assim apresentarem pré-soluções de design como forma de construção de programa, escopo e de primeiras soluções formais para o desenvolvimento do projeto.

Apesar de nada disso se relacionar com a metodologia BIM, a mesma pode ser usada como ferramenta para esse tipo de articulação, tanto no primeiro método em que as condicionantes e parâmetros para desenvolvimento são apresentados pelo professor quanto no segundo método em que o aluno já utiliza a metodologia BIM como ferramenta de testagem

de soluções e hipóteses para a criação de seus próprios parâmetros, além de trazer visualizações das principais ideias e condicionantes do projeto (Soliman, 2017, p. 210).

Tanto a pesquisa quanto o estudo de caso são considerados as tarefas mais significativas para a fase de pré-projeto, que é um ponto de vista comum porque ambos os métodos são aplicados aos estúdios de projeto das escolas de arquitetura.

Como o foco dessa seção se volta totalmente para as questões relacionadas ao *studio de design* e a produção inicial/criação das ideias de projeto, é importante compreender que etapas mais avançadas de negociação e construção não estão relacionadas à essa discussão. Esse tipo de solução deverá ser aprofundada em outras disciplinas, inclusive relacionadas ao gerenciamento da construção. Mas, dentro da lógica do processo de *design*, existem algumas etapas que fazem parte de todo o processo da maioria dos cursos de arquitetura, na transmissão do conhecimento do processo de produção de projetos.

Pré-projeto, projeto esquemático e desenvolvimento de projeto são as três fases do processo de projeto implementado nos estúdios de projeto educacional dos cursos de projeto arquitetônico. A fase de construção de documentos é implementada através de trabalho e cursos de desenho. As fases de negociação e construção não são implementadas em estúdios educacionais. (Soliman, 2017, p. 214).

Se faz importante, então, notar que o BIM entraria nesses studios de projeto dentro das fases de pré-design, design esquemático e desenvolvimento das ideias. Em outras disciplinas poderia ser adotado como instrumento de produção de desenhos, de documentação para projeto e para o gerenciamento da construção, tendo em vista que as ferramentas atreladas à essa metodologia permitem o desenvolvimento do projeto desde a fase de pré-concepção até as fases de gerenciamento de todo o ciclo de vida da edificação.

Modelos propostos para estratégias de ensino e aprendizado

Fases	Pré-requisitos (cursos e habilidades)	Métodos de ensino e aprendizagem/Tarefas/Técnicas de apresentação	
Pré-projeto	-	Apresentação do instrutor	
	Métodos de ensino e aprendizagem	Habilidades de pesquisa e apresentação	Apresentação do instrutor e do aprendiz
		Habilidades e pesquisas avançadas	Apresentação do aprendiz
	Tarefas	Habilidades e pesquisas avançadas	Pesquisa
		Habilidades de pesquisa e pensamento	Estudo de caso
		Habilidades de pensamento	Briefing de projeto
		Capacidade de liderança	Conhecer o dono/usuário
Projeto esquemático	Métodos de ensino e aprendizagem	Habilidades de pensamento	Brainstorming
		Comprometimento	Feedback do instrutor
		Habilidades de pensamento e fala	Discussão instrutor/aprendiz
		Atributos de liderança	Discussão em grupo
		Valores éticos	Compartilhamento de ideias
		Auto-confiança	Opinião dos pares
	Tarefas	Habilidades de pensamento crítico	Análise do sítio
		Teoria de projeto e habilidades de pensamento	Diagramação de funções
		Princípios de projeto	Zoneamento
		Teoria, história, pensamento, habilidades de desenho à mão livre	Conceito de projeto
		Desenhos e rascunhos	Plantas
		Desenhos e rascunhos	Elevações
		Desenhos e rascunhos	Cortes
	Técnicas de apresentação	Criatividade, criação de modelos	Modelo físico
		Habilidades de desenho à mão livre	Esboços à mão livre
		Desenhos e rascunhos	Desenhos 2D
Desenhos e rascunhos		Desenhos modelo 3D	

Fases	Pré-requisitos (cursos e habilidades)	Métodos de ensino e aprendizagem/Tarefas/Técnicas de apresentação	
Desenvolvimento de projeto	Métodos de ensino e aprendizagem	Atributos de comprometimento	Feedback do instrutor
		Habilidades de pensamento e fala	Discussão instrutor/aprendiz
		Habilidades de pensamento crítico	Brainstorming
		Habilidades de observação	Apresentação de projetos bem-sucedidos
		Atributos de liderança	Discussão em grupo
		Auto-confiança	Opinião dos pares
	Aspectos de estudo	Desenhos e rascunhos	Arquitetônico
		Projeto de paisagismo	Paisagístico
		Análise estrutural	Estrutural
		Sistemas técnicos e de construção	Mecânico
		Sistemas técnicos e de construção	Hidro-sanitários
		Sistemas técnicos e de construção	Elétrico
	Técnicas de apresentação	Desenhos e rascunhos	Desenhos de detalhes
		Pesquisa, criatividade, habilidades de criação de modelos	Quadros de materiais
		Criatividade, renderização e design gráfico	Catálogos

Tabela 1 – “Proposta de modelos de estratégias para ensino e aprendizado”.

Fonte: Traduzido pelo autor (2022), retirado do artigo *Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios* (SOLIMAN, Ashraf M., 2017).

Conforme apresentado na tabela acima, as três fases de desenvolvimento do projeto - pré-design, design esquemático e desenvolvimento do projeto - demandam diversos conhecimentos, aprendizados e discussões que fazem parte do aprendizado do estudante de arquitetura, tanto do ponto de vista humano quanto técnico. Nada na tabela se relaciona ao uso de ferramentas específicas ou instrumentos de desenvolvimento e apresentação das ideias, entretanto, é possível perceber que todas as técnicas atreladas à metodologia CAD já conhecidas e amplamente utilizadas nas universidades atualmente podem ser transpostas para a metodologia BIM. Isso faz com que o mesmo mecanismo de funcionamento do ensino

cognitivo de projetos continue ocorrendo da mesma forma utilizando o BIM como base para desenvolvimento do aprendizado. Como foi apontado no início desta seção, essa utilização de BIM dentro do sistema de desenvolvimento das estratégias de ensino no studios de design pode ocasionar ganhos maiores do que os percebidos com a adoção do CAD, mas também alguns impasses que fazem com que ocorram fenômenos de aprendizado diferentes. Ou seja, é possível que os alunos ganhem facilidade na absorção de alguns conhecimentos através do uso das novas ferramentas digitais atreladas ao BIM e também a possibilidade de que alguns conhecimentos se tornem um pouco mais difíceis de se alcançar. Esse tipo de conhecimento poderá inclusive, com base na experiência docente, ser pensado do ponto de vista de que o BIM representa a adição/inclusão de um recurso - mas não anulação de outros já existentes e utilizados. Dessa forma, o BIM é utilizado em seu potencial máximo para o que pode agregar no ensino e aprendizado de projeto e as técnicas tradicionais se mantêm nas fases em que se mostram mais eficazes e positivas para o aprendizado dos processos cognitivos relacionados à produção projetual.

Além do reconhecimento de que as ferramentas BIM podem se atrelar à outras ferramentas tradicionais do processo de desenvolvimento de projetos, visando uma utilização com potencialidade máxima de cada uma delas, também é reconhecido que ferramentas computacionais de parametrização avançada permitem a possibilidade de desenvolver projetos não cartesianos, com formas inovadoras. Essas formas só são possíveis de serem calculadas, desenvolvidas e solucionadas, do ponto de vista estrutural, através de softwares computacionais avançados tanto na metodologia BIM como em outros processos de parametrização correlatos. Dentro desse contexto, um estudo de 2015, apesar de parecer obsoleto no tempo, trata de ferramentas digitais que estão em permanente mudança e evolução e traz pontos de vista conceituais importantes para a compreensão dos rebatimentos das tecnologias digitais no processo de projeto. Portanto, alguns conceitos e visões introduzidos pelos autores ainda são pertinentes atualmente. O propósito do estudo é “encontrar soluções ideais para automação de projetos conceituais, que podem ser integradas ao suporte Building Information Modeling (BIM) para automação de construção.” (Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah, 2015, p. 24). O intuito deste artigo, portanto, é explorar as melhores formas de desenvolvimento de soluções para o design de

edificações, cujo fundamento formal encontra-se na aplicação de dados em ferramentas computacionais de parametrização avançada.

Diante disso, postula-se que a aplicação do design generativo pode melhorar a experiência do design auxiliando os designers na geração interativa de alternativas e processos de parametrização (gestão de mudanças). Além disso, como os aplicativos BIM estão fornecendo cada vez mais suporte abrangente para modelagem e gerenciamento, sinergias adicionais podem ser examinadas para exploração adicional. (Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah, 2015, p. 24).

O estudo, portanto, confirma que o atrelamento dessas novas ferramentas computacionais de design generativo acontece com a metodologia BIM como forma de continuidade do processo de desenvolvimento do projeto após a etapa de criação nas outras ferramentas computacionais paramétricas não-BIM. Um problema levantado pelo estudo é que a fragmentação já reconhecida na indústria da construção ocasiona consequências como, por exemplo, problemas de documentação nos projetos com erros e duplicações desnecessárias, causados por falta de comunicação e informação vinculada de maneira incorreta aos processos de projeto.

Dentro do setor de AEC, a tecnologia da informação e comunicação revolucionou a produção e o design (Cera et al., 2002), o que levou a mudanças dramáticas em termos de mão de obra e habilidades (Fruchter, 1998). (Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah, 2015, p. 24).

Para as discussões trazidas a seguir, retiradas da conclusão da pesquisa acima citada, os autores desenvolveram uma pesquisa bibliográfica focada em 5 temas principais atrelados à aplicação das tecnologias digitais avançadas nos processos de projeto. Os temas foram:

- 1) Pesquisa sobre o processo de design: conceituação e pensamento atrelado à criação e ao design;
- 2) Oportunidades que o processo moderno de design traz, incluindo o design generativo;
- 3) Design paramétrico;
- 4) Inter-relações, ganhos e perdas relacionados à processos de design em BIM e em CAD; e
- 5) Design colaborativo, visando a compreensão do desenvolvimento das ferramentas colaborativas e do compartilhamento de conhecimento através de ferramentas digitais.

Tendo como base a robusta revisão bibliográfica acerca destes 5 aspectos, os autores conseguem apresentar algumas questões pertinentes para o pensamento do futuro do ensino e

aprendizado de projeto frente às novas tecnologias digitais de design paramétrico avançado, design generativo e o atrelamento dessas ferramentas à metodologia BIM como base e interface para o ensino e aprendizado de projetos.

Um dos apontamentos trazidos à tona pela revisão bibliográfica da pesquisa de Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah (2015, p. 32) são 2 definições bastantes pertinentes para a compreensão da contribuição das ferramentas digitais nos processos de projeto e como esses processos, utilizando essas ferramentas, podem se tornar únicos, específicos da utilização das mesmas. A primeira definição é sobre quais são os rebatimentos da metodologia CAD nos processos de criação e produção de projetos.

Uma das principais conquistas no projeto AEC foi a introdução do CAD. Essas ferramentas foram reconhecidas abertamente como capazes de aprimorar as capacidades dos designers – especialmente na elaboração e modelagem. Além disso, essas ferramentas possibilitaram trabalhar com formas complexas e tarefas de design complicadas, auxiliando os designers no desenho e edição de objetos e propriedades, recursos de edição de curvas e superfícies de forma livre, objetos compostos, iluminação, edição de materiais e recursos de renderização. No próximo passo, códigos e scripts algorítmicos foram integrados a ferramentas CAD para aprimorar o processo de design.

A segunda definição importante trazida pelos autores é a de design generativo, onde é possível compreender qual o ganho do design generativo na produção de soluções projetuais, dentro da fase de design e criação, que se diferenciam das rotinas e práticas tradicionais de projeto, trazendo então uma nova ampliação das possibilidades dentro do processo de design.

A integração de ferramentas generativas com modelagem de informações combinada com sistemas avançados 3D ricos em conhecimento estão criando novos caminhos para projetar e coordenar várias partes interessadas em AEC (Kocaturk e Medjdoub, 2011). De uma perspectiva de definição, o uso do design generativo pode ser definido como a exploração de parâmetros criados nas fases iniciais do design. Diante disso, as soluções geradas para o problema de projeto (população de alternativas de projeto) são resultados de um algoritmo (consistindo restrições de projeto, rotinas e arquivos de dados), e alterando as entradas [do algoritmo], o projeto final pode ser alterado de acordo – como criar um modelo básico baseado em “rotinas” e gerar diferentes alternativas de projeto ajustando parâmetros de projeto muito básicos (Figura 1). Além disso, materiais, restrições de fabricação e lógicas de montagem também podem ser parametrizados em resposta ao ambiente. (Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah, 2015, p. 33).

Pode-se concluir, portanto, com base no estudo *Virtual generative BIM workspace for maximising AEC conceptual design innovation: a paradigm of future opportunities* que tanto as tecnologias CAD como as tecnologias atreladas ao design generativo representaram contribuições para a ampliação de possibilidades de solucionamento de projeto, mesmo não

interferindo nos processos cognitivos da criação, conforme já afirmado anteriormente. Um estudo de 2014, denominado *Pedagogical foundations: deploying digital techniques in design /research practice* (Walliss, Hong, Rahmann e Sieweke, 2014, p. 75), também evidencia a importância da interrelação das técnicas tradicionais de desenvolvimento de projeto com as técnicas avançadas permitidas pelas novas tecnologias digitais num atrelamento de ambos os processos como forma de introdução do desenvolvimento do projeto nos studios de design.

Para preencher essa lacuna na compreensão, as disciplinas do primeiro semestre incorporam técnicas de modelagem física e digital, permitindo que os alunos desenvolvam alfabetização espacial ao operar perfeitamente entre os modos de representação bi e tridimensional. Os exercícios em ambas as disciplinas são coordenados para que os alunos possam interagir simultaneamente com o espaço virtual e físico a qualquer momento.

A incorporação das duas técnicas ao mesmo tempo permite aos alunos a compreensão espacial da modelagem física e da modelagem digital como interfaces de aprendizado de projeto. A exploração de maquetes digitais permite uma aceleração do processo de testagem de soluções de projeto. O atrelamento à maquete física permite que ideias mais amadurecidas ou iniciais sejam testadas e depois exploradas, em suas variações, nas ferramentas digitais, que aceleram o processo de remodelamento e testagem de hipóteses de pequenas alterações no corpo principal do objeto modelado fisicamente. Entretanto, esse tipo de utilização das maquetes digitais, como instrumento de ampla testagem de soluções, possui alguns reverses.

Em 2018, Arne Riekstins publicou o estudo *Teaching Parametricism as a standard skill for Architecture* (p. 35), onde o autor diz

O professor William Mitchell, da Universidade de Harvard, comenta que os professores que ensinam arquitetura nas principais escolas de arquitetura estão defendendo o ponto de vista de que essa simplicidade de experimentação às vezes resulta em menos tempo gasto para conceituação preliminar ou preparativos para muitos projetos originais, porque os alunos já sabem que pequenas modificações nos modelos digitais podem, de repente, criar um projeto inesperadamente perfeito.

De acordo com a ideia acima apresentada, os alunos, assim, atrasam o máximo possível a finalização da sua criação, tendo em vista essa possibilidade de aceleração da geração de formas. Entretanto, isso pode se configurar como uma cilada, dado que diversas experimentações no processo de projetos demandam tempo e pesquisa de referências e outras informações que permitem um melhor aprimoramento da forma, fazendo com que os alunos se acomodem com as primeiras soluções encontradas no software ou com soluções

encontradas de última hora para finalização de prazos de entrega e etapas no processo de projeto.

Outro apontamento importante desse estudo, que também será discutido no capítulo relacionado às entrevistas com professores de projeto, é que

Há também várias observações sendo feitas de um problema de “armadilha da criatividade” enfrentado por designers mais inexperientes – uma situação em que o software BIM está limitando o nível artístico e o controle do design com suas ferramentas pré-definidas e bibliotecas de objetos.. (Riekstins, 2018, p. 36).

Esse ponto de vista é pertinente, dado que se rebate também nas observações levantadas a partir das entrevistas que serão discutidas no capítulo VI. Porém, a abordagem de soluções pré-configuradas em software, principalmente nas bibliotecas de objetos que permitem a introdução de elementos prontos, tais como escadas ou outros objetos da construção, fazem com que os alunos não compreendam todo o raciocínio por trás da construção daquele objeto ou ainda limita a criatividade dos alunos no sentido de que, ao adotarem uma solução pré-estabelecida pelo software, eles dão a solução por concluída sem explorar outras possíveis variações. Dessa forma, as possibilidades de criação são limitadas pelas bibliotecas de objetos prontos. Como será melhor explorado no capítulo das entrevistas, um exemplo claro disso são as bibliotecas de escadas presentes nos softwares BIM. Algumas escadas padrão são estabelecidas e os alunos, ao resolverem o problema de transposição de níveis a partir de uma escada do software, não estudam outras formas e potenciais estéticos atreladas ao objeto para fazer com que o resultado seja diferenciado do ponto de vista conceitual/estético, simplesmente cumprem seu papel funcional. Isso, inclusive, gera um potencial rebatimento no ambiente construído de repetição de padrões, conforme o processo em CAD permitiu também em menor escala.

A defesa desse tipo de argumento é contraditória, dado que em diversos estudos outros autores defendem o argumento de que "Essa alfabetização em design digital prepara os alunos para integrar fluxos de trabalho avançados nos estúdios de design, dando mais liberdade para suas habilidades criativas." (Riekstins, 2018, p. 39). O próprio estudo de Riekstins conclui que

Muita documentação e análise dos resultados obtidos precisam ser feitas para entender completamente qual o nível de impacto profundo que o parametrismo trará para os futuros arquitetos na prática. (Riekstins, 2018, p. 39).

O autor ainda levanta o paradoxo de que ao mesmo tempo que as tecnologias digitais podem trazer uma certa limitação da criatividade dos alunos, devido às soluções *standard* e pré-estabelecidas pelos softwares, o design paramétrico pode trazer inúmeras possibilidades e novos fluxos de trabalho que não existiam anteriormente nos métodos tradicionais de desenvolvimento de projeto (Riekstins, 2018, p. 39): "O design paramétrico revela vastas possibilidades de novos fluxos de trabalho e processos inexistentes nos métodos tradicionais de busca de formas, deixando muito espaço para inovações futuras."

Outro artigo que analisa os benefícios e impasses na adoção do BIM no ensino de projetos foi publicado em 2018 por Wael Abdelhameed, denominado *BIM in architecture curriculum: a case study*. Nesse estudo, o autor pretende apresentar os ganhos e impasses da adoção do BIM no currículo através de

[...] casos de projeto dos alunos para destacar alguns benefícios do uso do BIM no processo de projeto, particularmente como a análise BIM em relação a fatores ambientais e sustentáveis ajudaria nas fases de projeto. (Abdelhameed, 2018, p. 480).

Na sua introdução, o artigo define que com o surgimento do conceito de BIM e seu potencial, os profissionais relacionados ao ensino de arquitetura enfrentam novas oportunidades e desafios para fortalecer e refinar a eficiência no processo de projeto dentro das universidades. A hipótese central do estudo é que estudantes que aprendem a aplicar o BIM associado à análise ambiental e à performance da edificação dentro da fase de conceituação de projeto seriam capazes de melhorar as soluções do projeto relacionadas à essas áreas, mesmo que não tenham conhecimentos prévios nos programas BIM. Como base de pesquisa e desenvolvimento do estudo, o artigo apresenta um estudo de caso de um curso eletivo de aplicação de tecnologias computacionais avançadas em projetos, onde os estudantes empregam o programa BIM denominado *Revit*, e outros subordinados à ele, para melhorar soluções prévias de design dadas para um projeto, do ponto de vista da performance bioclimática e de materiais da edificação.

O autor reconhece que o estudo é pontual, voltado para uma análise específica da utilização de análise de performance ambiental das edificações no processo de design, e ainda reforça que

Tem havido uma necessidade emergente de ter cursos de design habilitados para BIM. Propor estratégias pedagógicas para a educação BIM é uma tarefa desafiadora e complexa. Há resultados conflitantes e controvérsias em determinadas áreas pedagógicas. (Abdelhameed, 2018, p. 481).

O próprio autor reconhece que existem controvérsias no ensino e aprendizado de projetos com a adoção da metodologia BIM e tenta, através da revisão bibliográfica e do estudo de caso, preencher algumas lacunas desse conhecimento contraditório. Na revisão bibliográfica, Abdelhameed identifica que outros autores que realizaram estudos ligados à aplicação do BIM no currículo dos cursos de arquitetura e engenharia também identificaram controvérsias e concluíram que não existe um método ideal para a introdução do BIM na universidade. Ainda apontam que investigações mais aprofundadas devem ser realizadas no futuro, visando responder essas questões.

Como não há um conhecimento sólido relacionado à introdução do BIM no currículo, alguns mecanismos de inserção foram testados, no reconhecimento de que (Abdelhameed, 2018, p. 482)

Espera-se que a educação arquitetônica prepare os alunos para a prática integrada habilitada para BIM, particularmente no processo de projeto. A incorporação de BIM nos currículos de AEC pode ser realizada por meio de três métodos: (1) cursos BIM autônomos para cobrir diferentes aplicações BIM, (2) cursos existentes para se concentrar em usos específicos de BIM no núcleo do curso e (3) uma capacidade habilitada para BIM em curso integrado com uma combinação de ambos os métodos (Clevenger et al. 2010, 2015).

O que essa citação aponta, e que outros estudos analisados para a presente pesquisa doutoral também apontam, é que existem dois eixos principais, ou até três eixos, sendo o terceiro derivado da junção dos dois primeiros, de introdução do BIM no currículo. No primeiro, o BIM pode ser trazido em curso isolado sobre a metodologia e as ferramentas computacionais atreladas à ela, para aplicação posterior em projeto. O segundo eixo seria a utilização das ferramentas de maneira mais prática e exploratória dentro do desenvolvimento de projetos e de disciplinas cujos conteúdos podem ser estudados utilizando BIM como interface, por exemplo disciplinas ligadas à materiais, saberes construtivos, análise de performance da edificação, entre outras. O estudo apresentado se enquadra no segundo caso, focando no uso das ferramentas BIM para análise de performance da edificação e atrela esse tipo de utilização à prática de design de projetos, tendo em vista que os alunos, em ateliê de projeto, irão aprimorar sua solução inicial testando-a em software BIM, do ponto de vista da análise de performance.

O estudo também reconhece que BIM não pode ser a única ferramenta para resolver todos os aspectos do design nas fases iniciais de projeto e que futuras investigações precisam

ser realizadas sobre a introdução do BIM em fases iniciais. Já existe, porém, no artigo, a compreensão de que diversas ferramentas devem ser utilizadas no processo de concepção inicial do projeto, sendo o BIM apenas mais uma delas, não sendo empregado exclusivamente no desenvolvimento desse tipo de solução. Conforme outros estudos já apresentados acima, ferramentas tradicionais, como maquete física, croquis e ferramentas CAD, podem fazer parte do desenvolvimento do processo cognitivo de projeto. Sob essa ótica, a palavra ferramenta é, inclusive, o termo mais adequado para o contexto, dado que o processo cognitivo de criação não recebe nenhum contributo diferenciado na utilização das tecnologias BIM. Essas são apenas interface para esse processo de testagem de soluções, análise e *feedback* em *loop* de melhorias (Abdelhameed, 2018, p. 482).

Existem diferentes pontos de vista e conclusões conflitantes sobre o uso do BIM nas fases de projeto conceitual, particularmente as estratégias pedagógicas implementadas, bem como suas implicações e eficácia.

Após a realização do estudo de caso proposto no artigo, a conclusão central da pesquisa de Abdelhameed (2018, p. 482) é que

[...] o uso do BIM pode impactar negativamente a criatividade dos alunos e que as soluções de design podem se tornar meras saídas da funcionalidade das ferramentas BIM ao invés de emergir da criatividade dos alunos.

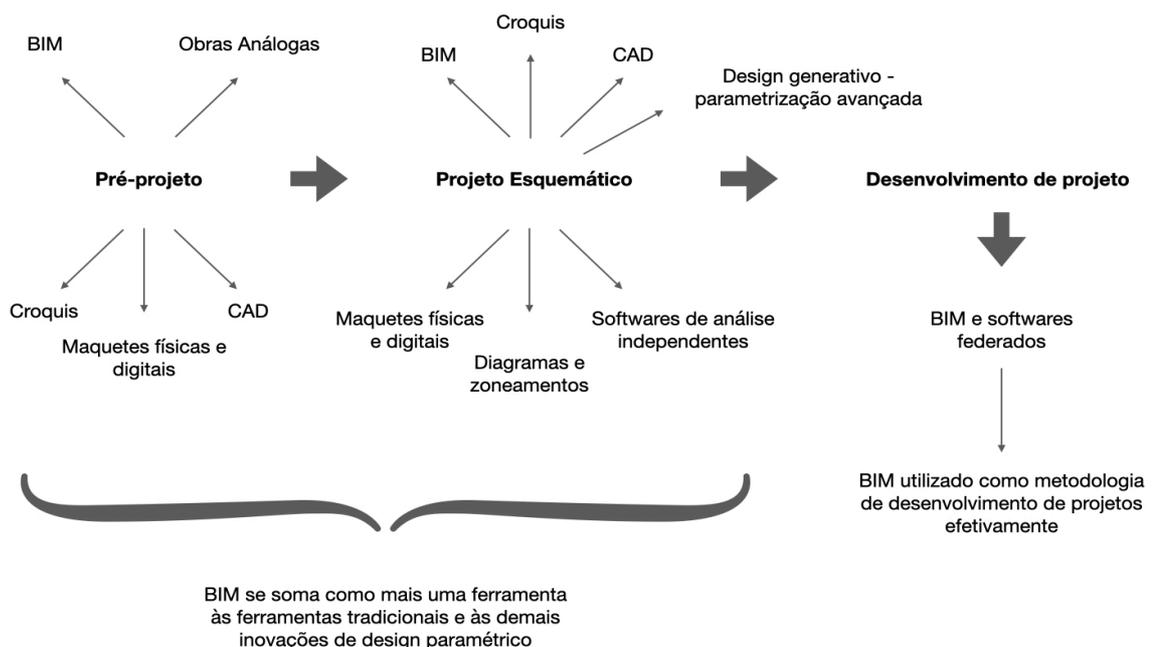


Figura 7 – O BIM no processo criativo de projetos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.4.O QUE VERDADEIRAMENTE MUDA

Conforme apresentado no subcapítulo anterior, a introdução de BIM no ensino de projeto nada muda no processo criativo. A ferramenta participa como auxiliar nesse processo, tal como outras ferramentas da metodologia CAD e ferramentas tradicionais manuais. Entretanto, existem outros ganhos reconhecidamente trazidos pela adoção de BIM no ensino de projeto. Serão apresentados a seguir estudos que evidenciam esses possíveis ganhos ocasionados pelo BIM na academia.

No artigo *Process-Oriented Approach of Teaching Building Information Modeling in Construction Management*, publicado em 2014 por Fernanda Leite e Li Wang, os autores afirmam:

A natureza rica em dados do BIM permite que o modelo não seja apenas uma representação digital do projeto, mas também dê suporte no levantamento de quantitativos, cálculos baseados em modelos, *clash detection*, análise de eficiência energética e documentos eletrônicos.

Conforme apresentado pelos autores na citação acima, o BIM pode trazer contributos para a academia em disciplinas relacionadas à gestão da construção, materiais na arquitetura e também de desempenho energético e eficiência das edificações. Nas disciplinas de gestão da construção, quantitativos e tabelas diversas podem ser extraídos automaticamente da modelagem. Também é possível realizar checagem de interferências trabalhando de maneira mais clara, objetiva e ilustrativa a compatibilização interdisciplinar e as interferências de canteiro de obras com os alunos. Outros ganhos na área de eficiência energética é a possibilidade da realização de análise de performances diversas da edificação, tais como térmicas, acústicas, lumínicas, com a utilização do modelo BIM como base, seja através do próprio software BIM ou de ferramentas auxiliares atreladas à ferramenta central BIM, em forma de plugins ou outras extensões. Diversos cálculos de engenharia estrutural também podem ser realizados através do modelo e toda a documentação do projeto e da edificação como um todo podem ser vinculados ao modelo, permitindo inclusive que todo o ciclo de vida da edificação seja registrado num modelo único, garantindo também informações acerca de manutenções futuras e outras intervenções que possam acontecer na edificação ao longo da sua existência, até mesmo um planejamento da sua demolição quando seu ciclo de vida for encerrado.

Leite e Wang (2014, p. 6) ainda demonstram algumas extrapolações de ganhos pouco percebidos na academia, mas que de fato representam contributos originais da metodologia BIM em algumas práticas do mercado da construção. Essa metodologia pode fazer o aluno

[...] obter experiências práticas na execução de tarefas como estimativa de custos baseada em modelos, simulações 4D, coordenação de projetos MEP, geração de nuvens de pontos 3D com fotografias e simulações de desempenho energético de edifícios; [...]

Em artigo intitulado *Virtual generative BIM workspace for maximising AEC conceptual design innovation: a paradigm of future opportunities* (Sepehr Abrishami, Jack Goulding, Farzad Pour Rahimian e Abdul Ganah, 2015, p. 29), os autores levantam os principais contributos da modelagem da informação da construção nos processos de criação de edifícios na construção civil. Esses ganhos são facilmente transpostos para a prática da academia no intuito de fazer com que o ensino e aprendizado de projeto utilize desses ganhos para uma maior compreensão dos alunos da prática que os espera na vivência profissional após a graduação. Os principais ganhos evidenciados na pesquisa são: realçar a colaboração da equipe; melhorar a integração do projeto; aproveitando um melhor fluxo de informações de construção; ajudando o fluxo de documentação e fornecendo simulação de construção para planejamento de trabalho em equipe, prevenção de *clashes* e interface de coordenação.

Outra utilização tecnológica interessante de se fazer na academia da modelagem BIM é a utilização do 4D para que os alunos possam compreender as fases de desenvolvimento de uma obra, dentro das suas etapas de execução e da compreensão do cronograma de execução. Para isso, Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah (2015, p. 30) afirmam

Os modelos 4D VR estão agora sendo usados para melhorar muitos aspectos e fases dos projetos de construção, proporcionando melhor comunicação entre os parceiros (Leinonen et al., 2003), aumentando a criatividade do projeto (Rahimian et al., 2011), melhorando a coordenação (Khanzade et al., 2007), melhorando os processos de construção (Fischer, 2000) e integrando com BIM para melhorar ainda mais a integração de dados (Xie et al., 2011).

Algo que realmente muda na academia, que deve ser repensado e será apresentado em capítulo posterior de análise das entrevistas com professores, é o processo tradicional de projeto voltado para o desenvolvimento baseado em desenhos. Com a modelagem da informação é importante canalizar esforços do ensino para o conteúdo do modelo, reduzindo a carga de conhecimentos e informações atrelada aos desenhos. Um estudo realizado em 2013

intitulado *Challenges of Integrating BIM in Architectural Education* (Tuba Kocaturk e Arto Kiviniemi, p. 469), demonstra que

A abordagem de modelagem inteligente, defendida pela mídia de design digital recente e pela tecnologia BIM, está mudando fundamentalmente a maneira como os arquitetos costumavam produzir e comunicar informações de projeto. Na educação arquitetônica, a reprodução do “desenho” tem um foco especial. A mudança fundamental que o BIM introduz é a separação da representação e do conteúdo; [...]

Apesar da modelagem da informação da construção ser capaz de carregar em um único modelo inúmeras informações atreladas a edificação, desde seus fundamentos de design até o fim do seu ciclo de vida, o ensino tradicional de projetos ainda pauta-se em demasia no desenvolvimento de desenhos voltados para a execução das obras. Nesse contexto, Kocaturk e Kiviniemi (2013, p.469) reforçam que “[...] há uma necessidade urgente de mudar o foco dos “desenhos” para a criação de modelos “inteligentes” do projeto (incluindo a possibilidade de gerar desenhos a partir do modelo)”. Conforme apresentado na ideia dos autores, se faz pertinente uma alteração no ensino e aprendizado de projetos mais voltada para a compreensão de modelos digitais inteligentes da informação do que a construção de desenhos simbólicos em projeção ortogonais, apesar de as plataformas BIM serem capazes de extrair esse tipo de desenho. O desenho ortogonal, portanto, deve ser algo secundário, pautado na automação permitida pelo software e na parametrização que permite a visualização gráfica da modelagem em 2D como rebatimento do modelo representando elementos reais do objeto construído digitalmente.

De maneira ainda mais clara, os autores (2013, p. 470) afirmam que

O que estamos propondo é uma mudança de ênfase da representação do produto final para o processo de criação, desenvolvimento, coordenação, comunicação e negociação do projeto por meio de representações.

Essa mudança no processo de compreensão do desenvolvimento do projeto pode representar o grande paradigma da mudança no ensino e aprendizado de projeto dentro da academia, visto que os processos de representação se tornaram secundários e o que fica em jogo no processo de aprendizado de projeto será a integração da grade curricular no desenvolvimento da modelagem da informação. Ou seja, o ponto chave será a integração de diversas disciplinas utilizando a modelagem da informação como base para discussão e aprendizado dos conteúdos de cada uma dessas disciplinas, não mais isoladamente, mas de forma integrada, numa verdadeira transdisciplinaridade que devia ser estruturada nos

currículos de arquitetura, engenharia e construção. Com essa transdisciplinaridade, os alunos seriam estimulados a desenvolver habilidades de comunicação, integração e colaboração para desenvolvimento de projetos que correlacionem todas as disciplinas da construção, sobretudo quando analisado sob a ótica do curso de arquitetura, uma profissão generalista, capaz de conciliar as demais disciplinas da construção com o projeto originalmente criado pelo profissional arquiteto.

Essa mudança, no entanto, deve ser pensada do ponto de vista da evolução do aluno dentro do seu percurso curricular. Uma hipótese da presente pesquisa doutoral, que é reforçada pela visão de alguns professores entrevistados e relatado no capítulo 6, é que possivelmente será necessário reduzir a carga de desenho técnico e representação gráfica no início do curso para dar espaço, desde o início da graduação em arquitetura, às disciplinas voltadas para a construção. As mesmas embasariam a capacidade de modelagem computacional dos alunos, já atrelando a construção real à construção virtual. De maneira progressiva, o aprendizado dos alunos deve passar pela compreensão da modelagem da construção atrelada a todas as questões curriculares de conhecimentos técnicos do curso de arquitetura, seguidas da elevação do nível de complexidade da modelagem conforme o nível de experiência que o aluno possui no curso de graduação. O estudo de Kocaturk e Kiviniemi (2013, p.470) conclui que

O aprendizado do aluno neste módulo deve progredir da compreensão dos fundamentos, depois desenvolvendo modelos inteligentes e, em seguida, compartilhando e trocando informações seletivamente em modelos ricos em dados. Os alunos também devem ser capazes de entender os conceitos subjacentes da modelagem criativa e operacional e o grau de abstração, clareza e precisão necessários em ambos.

Ainda dentro da lógica da necessidade de desenvolvimento de um currículo que atrela o nível de experiência do aluno ao nível de desenvolvimento da modelagem BIM que ele realizará durante o desenvolvimento dos projetos das disciplinas de projetos na graduação, um estudo de Conrad Botton, Daniel Forgues e Gilles Halin (2018, p. 869), *A framework for building information modeling implementation in engineering education*, indica que

O nível de educação aqui é semelhante ao “nível de um curso BIM” introduzido por Barison e Santos (2010b). Ele determina o nível em que o BIM é ensinado em um curso ou currículo e identifica três níveis: introdutório, intermediário e avançado. O nível introdutório corresponde à formação dos modeladores BIM, enquanto os analistas BIM e gestores BIM são formados respectivamente nos níveis intermédio e avançado.

A visão apresentada nesse estudo, de que existem níveis introdutórios, intermediários e avançados na introdução do treinamento em BIM, permite que os cursos de arquitetura, engenharia e construção entendam os níveis de complexidade pertinentes à graduação e quais níveis de complexidade deveriam ser atrelados à cursos de extensão externa eletivos e cursos em nível de pós-graduação. Tudo isso, tendo em vista a complexidade do pensamento do perfil profissional que se atrela a essas características de desenvolvimento em diferentes complexidades na modelagem BIM.

Ainda segundo a matriz apresentada no estudo, o nível básico de BIM se relaciona diretamente ao ensino da graduação para desenvolvimento de projetos e para a compreensão da modelagem da informação da construção. No nível básico ainda, o aluno é formado para modelar em BIM, no sentido de que o BIM é utilizado como metodologia, processo e instrumento para o desenvolvimento de projetos. Já os níveis intermediários e avançados são relacionados à gestão da construção e também a figura do *BIM manager*, que seria um gerente de implementação da metodologia BIM em empresas ou gestor da metodologia dentro das mesmas. Portanto, esse profissional poderia advir de formação em extensão ou em nível de pós-graduação.

Essa abordagem feita por Boton, Forgues e Halin (2018) auxilia, inclusive, na compreensão, por parte da academia, de que dada a grande sobrecarga de disciplinas já existentes sobre os alunos de arquitetura e outros cursos da área de construção civil, o objetivo do curso de graduação não necessariamente está atrelado à formação maciça de um profissional completo para atuar em BIM, mas sim de um profissional que consiga exercer as atividades do seu campo profissional dentro dessa nova metodologia. Para os profissionais que objetivam uma formação mais robusta em relação ao BIM, esses devem buscar outros níveis de formação curricular, que não a graduação, uma vez que o foco principal dessa não é a formação de perfis avançados, e sim de níveis básicos para um profissional habilitado a atuar no mercado contemporâneo e futuro, que será sem dúvida um mercado com constante utilização das novas metodologias de projeto e das novas tecnologias digitais.

O estudo ainda conclui que a abordagem didática utilizada para o ensino e aprendizado de BIM deve ser estrategicamente pensada e dosada da maneira ideal para que essas transposição dos conteúdos da graduação seja realizada com êxito, tendo o BIM apenas

como interface de comunicação e base de exploração dos conhecimentos acadêmicos necessários para a formação dos profissionais de arquitetura e engenharia.

O método de ensino é fundamental para o sucesso da educação BIM. Para garantir a eficácia da educação BIM, é importante encontrar um bom equilíbrio entre abordagens de aprendizagem centradas no professor e centradas no aluno. Isso significa que as atividades interativas em sala de aula devem ser misturadas com a abordagem clássica de “giz e conversa”. Por exemplo, no nível de bacharelado, “giz e conversa” podem permanecer preponderantes, mas apenas com uma boa dose de métodos de aprendizagem baseados em projetos. Essas atividades podem abranger estudos de caso, exercícios de modelagem e discussões temáticas. De acordo com Bishop e Verleger (2013), os métodos PBL podem ser muito eficazes para atingir os critérios ABET, mas as salas de aula invertidas também devem ser incentivadas para garantir um bom equilíbrio entre teoria e prática.

Conforme evidenciado na conclusão da pesquisa, apresentada na citação acima (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 870 e 871), instrumentos didáticos com o PBL podem servir como caminho de mudança na abordagem didática para uma maior eficácia da implementação do BIM dentro do ensino e aprendizado de projeto. O *Problem-Based-Learning* pode representar um mecanismo de transposição didática mais eficaz na transmissão dos conhecimentos necessários para a formação do arquiteto e dos demais profissionais da construção, usando como base de interlocução as plataformas BIM. Tendo em vista que o PBL pode ser o grande instrumento do que verdadeiramente muda no ensino e no aprendizado de projeto para a incorporação de novas tecnologias digitais, tais como a modelagem da informação da construção, uma sessão do presente estudo será dedicada para tratar desse tema exclusivamente.

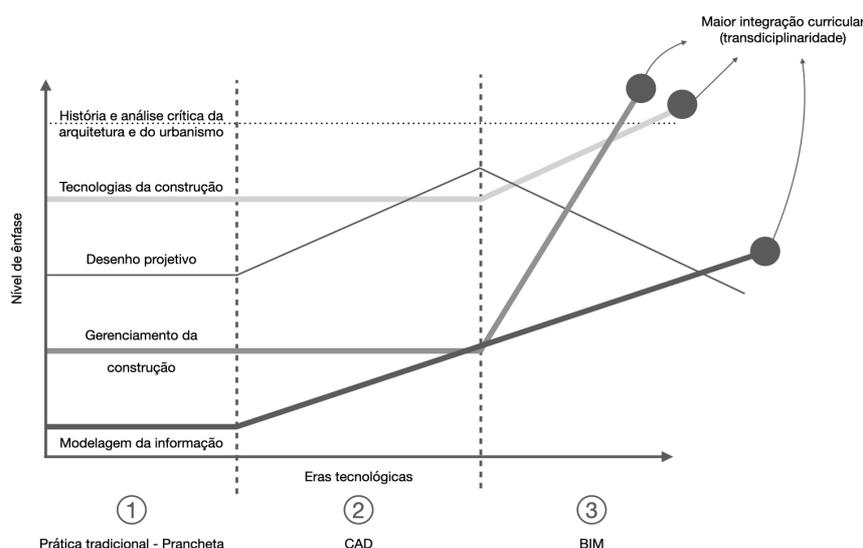


Figura 8 – Mudanças de ênfases dos conteúdos acadêmicos com a adoção da metodologia BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.5. A CILADA DO ENSINO DE SOFTWARE

Dentro das mudanças trazidas para o ensino de arquitetura ocasionadas pela adoção do BIM no ensino de projeto, é preciso compreender que BIM não é apenas uma nova ferramenta tecnológica, mas sim uma metodologia de trabalho, um novo método cujos processos precisam ser compreendidos pelos alunos para que os mesmos possam atuar futuramente no mercado de trabalho com bom entendimento dos processos e métodos atrelados a esse sistema de trabalho. A ideologia de que se refere apenas a uma nova ferramenta, um novo instrumento de trabalho e um software que o aluno será capaz de operar para desenvolver os seus projetos, é uma visão rasa e pouco proveitosa do ponto de vista didático, tendo em vista que é possível utilizar o BIM de maneira muito mais integradora do currículo de arquitetura. Nesta seção, serão apresentados os principais argumentos encontrados na bibliografia para a defesa de que ensinar BIM como uma tecnologia através de disciplinas que ensinam ferramentas BIM durante o curso pode representar uma verdadeira cilada no desenvolvimento dos alunos. Primeiro porque dessa forma o BIM não será compreendido em sua totalidade pelos alunos e, assim, não se integrarão às atividades do mercado e, segundo, porque o ensino de uma ferramenta hoje pode configurar um profissional defasado no mercado daqui a alguns anos, frente às cada vez mais ágeis mudanças tecnológicas. A bibliografia acadêmica relacionada a esse tema é ampla e aqui serão apresentadas as visões de alguns autores que mostram argumentos pertinentes para a questão da compreensão do BIM em sua totalidade como metodologia de trabalho e não como tecnologia ferramental.

No estudo de Leite e Wang (2014, p. 1), apresentado anteriormente, os pesquisadores partem do seguinte postulado:

É amplamente aceito que a evolução da modelagem de informações da construção (BIM) está afetando cada vez mais os papéis dos profissionais de gerenciamento de construção na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC). [...] Ensinar BIM no currículo de engenharia e gerenciamento de construção (CEM) requer mais ênfase no aprendizado de BIM como uma metodologia de melhoria de processos, em vez de apenas uma tecnologia.

O artigo apresentado pelos autores descreve a implementação de BIM num programa de pós-graduação em uma universidade americana, cujo principal objetivo era fazer com que os alunos compreendessem a função dos gerentes de construção e como usar o BIM de

maneira efetiva e ampla. Para isso, na disciplina denominada *Building Information Modeling for Capital Projects*, desenvolveu-se sobre um programa com base na utilização de projetos práticos onde os alunos adquiriam conhecimentos sobre implementação e conceitos de BIM ao longo de todo o ciclo de vida da edificação. Dentro do estudo, os autores apresentam a abordagem de ensino utilizada e compartilham, ao final do mesmo, as principais descobertas e lições aprendidas com a experiência de ensino nessa disciplina até o momento da publicação.

Sobre o argumento de que os softwares BIM hoje utilizados poderão se tornar ferramentas defasadas num futuro próximo, visto que a evolução das tecnologias se torna cada vez mais rápida nos dias atuais, os autores (Leite e Wang, 2014, p. 2) ainda reforçam com muita clareza que

BIM não é simplesmente um novo software ou uma ferramenta independente que suporta uma disciplina individual. Portanto, entender como o BIM agiliza o processo de colaboração de um projeto de construção é muito mais importante do que dominar o software (Hietanen e Drogemuller 2008; Kymmell 2008). Em segundo lugar, considerando a velocidade de evolução cada vez maior da tecnologia da informação, é muito provável que o conteúdo ministrado em sala de aula, especialmente o treinamento prático sobre aplicações BIM, esteja desatualizado em um futuro próximo. Portanto, é importante que os educadores universitários coloquem mais ênfase na capacidade de aprendizagem autodirigida dos alunos, concentrando-se no processo de aprendizagem e não estritamente no conteúdo.

Apesar da rápida evolução das ferramentas digitais atualmente, a metodologia BIM vem sendo discutida desde os anos 60 e seu amadurecimento teórico pouco mudou desde que foi deslumbrado. A partir dos primeiros experimentos da computação gráfica, um futuro da construção baseado na modelagem paramétrica e na utilização de bibliotecas de objeto para desenvolvimento de projetos, com pequenas evoluções nos anos 80 e 90 sobre 4D, 5D e ND (múltiplas dimensões de informações atreladas ao modelo) apenas reforçaram uma metodologia que já havia sido vislumbrada anteriormente. Essa mesma metodologia se faz hoje presente graças à atual capacidade computacional que permite a performance das ferramentas BIM. Portanto, podemos defender o argumento de que a metodologia será algo duradouro, já que as ferramentas sofrem constantes evoluções dadas às potencialidades computacionais ofertadas ao seu tempo. Essa questão fica ainda mais clara no seguinte trecho apresentado pelos autores: "Especialmente com a expansão da tecnologia da informação, os produtos BIM também estão avançando rapidamente; dominar um ou mais softwares não deve ser o foco da educação BIM nas universidades." (Leite e Wang, 2014, p. 2).

Após a apresentação de todo o estudo de caso atrelado à disciplina *Building Information Modeling for Capital Projects*, os autores concluem que

Para tecnologias e tendências emergentes como BIM, a educação universitária deve colocar mais ênfase no "porquê" e "como", em adição ao "o que" (por exemplo, por que o processo BIM é melhor do que o processo tradicional? Por que o aplicativo de software é bom ou não? Como você pode melhorar isto?). Os alunos se beneficiariam mais sabendo como aprender e pensar com uma ferramenta do que simplesmente sabendo como usá-la. (Leite e Wang, 2014, p. 8).

É possível, portanto, facilmente compreender que a conclusão desse estudo demonstra que o ensino de BIM deve ser pensado do ponto de vista crítico na universidade e não apenas como ensino ferramental, algo que também já havia sido discutido na academia, no final dos anos 90, quando da introdução das ferramentas CAD. As discussões atreladas ao uso da metodologia CAD e das suas diversas ferramentas (sendo SketchUp, AutoCAD e derivados as mais usadas no Brasil) voltam à tona com a mudança de metodologias (CAD para BIM) nas universidades, tendo em vista também que o ensino das ferramentas BIM demanda muito mais tempo do que o ensino de ferramentas CAD, dada sua complexidade processual e de interação interdisciplinar da construção que é fundamento de sua tecnologia. Faz-se então extremamente importante que a universidade utilize o BIM como uma metodologia de desenvolvimento de projetos e que gere nos alunos uma crítica sobre sua utilização, seus benefícios e quais outras ferramentas acessórias não BIM podem continuar sendo utilizadas, dado que o BIM pode não atender melhor algumas demandas que já são bem atendidas por ferramentas tradicionais (Leite e Wang, 2014).

Outro estudo analisado para a revisão bibliográfica da presente pesquisa doutoral, já citado acima e denominado *Practical challenges of BIM education* (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 358), também utiliza o artigo de Leite e Wang (2014) como parte de sua argumentação. Segundo os autores, "A literatura não discute detalhadamente o equilíbrio entre teoria e prática, mas Wang e Leite (2014) destacam a importância de ensinar BIM como um processo e não como uma tecnologia.". Mesmo sendo um estudo do ano de 2016, toda a literatura posterior a essa data, que foi estudada para a pesquisa doutoral, continua não apresentando qual seria o balanço ideal entre teoria e prática. Entretanto, novos artigos reforçam o argumento de que é preciso haver esse equilíbrio entre teoria de BIM e aulas práticas, em que os alunos utilizam o solucionamento de problemas (PBL) como meio didático de aprendizado de projetos e da utilização das ferramentas BIM. Através do PBL,

também se reforça a necessidade de ensinar o aluno a compreensão e a crítica da utilização das ferramentas através da solução de problemas e não sua utilização pura e simples.

Outro artigo já apresentado e que trata da temática de que o ensino de BIM deve ser focado na compreensão da metodologia e não no uso das ferramentas é o *Challenges of Integrating BIM in Architectural Education* (Kocaturk e Kiviniemi, 2013, p. 466), que se propõe a introduzir um roteiro para uma gradual e progressiva adoção de BIM e sua integração no currículo de arquitetura.

Uma visão do BIM apenas como um software seria uma abordagem bastante superficial e insustentável. O foco deve estar nos princípios em que o conceito de “design e entrega de projetos integrados” foi fundado em primeiro lugar, para que as mudanças no currículo não se tornem obsoletas cada vez que uma nova tecnologia BIM é desenvolvida e introduzida.

Essa afirmação mostra que os princípios conceituais do BIM ligados à integração do design e a entrega do projeto são fatores muito mais pertinentes na formação dos alunos para a prática do mercado do que a utilização de ferramentas. Assim como atualmente acontece na prática CAD, o domínio de ferramentas, pelos alunos, pode ser obtido de maneiras independentes do curso de graduação, através de formações externas ou da oferta de cursos de extensão/disciplinas eletivas pela universidade. É importante permitir que o aluno compreenda o uso da ferramenta e consiga executar tarefas na mesma para desenvolvimento e solucionamento de projeto. O que a presente pesquisa defende não é a anulação completa do ensino de software nas universidades, mas o ensino de ferramentas de maneira crítica e de forma eletiva, externa ou até mesmo de maneira secundária durante as disciplinas de desenvolvimento de projeto com o uso do PBL, devido à grande carga de conteúdo já existente nos cursos de arquitetura. Dessa forma, a problematização do solucionamento do desenho e da modelagem geram no aluno a necessidade da busca pelo aprendizado do software para que a entrega de projetos aconteça com base na utilização das ferramentas BIM.

Nesse contexto, com o aprendizado dos alunos sobre a metodologia BIM na sua completude, o conhecimento da ferramenta se torna algo auxiliar no desenvolvimento da carreira e da atuação profissional desses graduandos. Quando as ferramentas atuais se tornarem obsoletas, esse profissional terá capacidade de formação crítica para compreender as mudanças nas ferramentas dentro da metodologia BIM e se adequar às novidades tecnológicas do mercado ao longo dos seus anos de atuação profissional.

Cientes da transformação nos processos de produção de projeto ocasionada pela metodologia BIM, Tuba Kocaturk e Arto Kiviniemi apresentam a compreensão de que a mudança para o BIM é totalmente diferente da mudança ocorrida nos anos 90, saindo do desenho manual para o desenho assistido por computador (metodologia CAD). Nos anos 90, apesar de ser uma mudança na tecnologia de produção de projetos, a metodologia não interferiu em nada no output e nos materiais que eram entregues no processo de projeto. Já o BIM interfere em toda a cadeia da construção, por todo o ciclo de vida da edificação e, na área de projetos, influencia inclusive nas formas que são realizadas as etapas de entrega de projeto e na abertura de campos de atuação ainda não existentes quando comparado à metodologia CAD. Isso é algo que precisa ser observado na universidade, que deve prever alterações curriculares para contemplar a existência dessas novas atuações profissionais.

Um dos maiores equívocos sobre o BIM e as mudanças associadas à sua integração em nossas práticas de trabalho é compará-lo com a mudança do desenho (em papel vegetal) para o CAD. Em primeiro lugar, a mudança de papel vegetal (como desenhos 2D) para CAD (como arquivos de computador 2D) não alterou as saídas que foram emitidas para a indústria (Kiviniemi e Fischer 2009). Conseqüentemente, não teve grande impacto na estrutura e nas hierarquias do setor, nem exigiu novos métodos de trabalho. No entanto, já a mudança do BIM de nível 0 para o BIM de nível 2 (modelos federados específicos de domínio) traz de fato mudanças fundamentais, como: manipulação e criação de modelos ricos em informações, novas formas de trabalhar com outras partes interessadas, realinhamento dos papéis disciplinares e responsabilidades, oportunidades para novas funções adicionais para Arquitetos. Embora até a definição do nível 3 BIM (modelos totalmente integrados) seja no momento um tanto vaga, ela introduzirá novos desafios no futuro. Estas mudanças tornam-se grandes desafios que se relacionam com a formação e educação dos Arquitetos que não podem ser resolvidos simplesmente com a adição de novos conteúdos e competências ao currículo existente, mas também necessitarão da modificação e eliminação de alguns dos conteúdos existentes. (Kocaturk e Kiviniemi, 2013, p. 467).

Apesar dos últimos artigos citados serem dos anos de 2013 a 2016, o que configura uma possível defasagem na informação atrelar ao ensino e aprendizado de projetos utilizando a metodologia BIM, um estudo recente de 2021 demonstra que as visões apresentadas pelos autores citados acima permanecem as mesmas no mercado da construção. Mesmo com as ferramentas computacionais relacionadas ao BIM tendo se aperfeiçoado nos últimos anos e melhorado questões pertinentes de sub-ferramentas específicas, as reflexões permanecem ao longo da última década para o ensino e aprendizado de projetos. Conforme Yanwei Li (2021, p. 2), em seu artigo *Suggestions on setting up BIM course in architecture major of colleges and Universities*

Nesta fase, algumas faculdades e universidades não reconhecem corretamente o importante papel da Tecnologia BIM e a necessidade de integrar a Tecnologia BIM

ao ensino. Eles simplesmente consideram a Tecnologia BIM como uma ferramenta de software ou um meio técnico, o que leva à falta de planejamento, ensino sistemático e prático da Tecnologia BIM. Isso afeta a eficiência e a qualidade do ensino da Tecnologia BIM e leva ao fracasso no cultivo de talentos profissionais qualificados em Tecnologia BIM para a sociedade.

O autor inclusive indica que uma das implicações da falta de compreensão e atenção na adoção da metodologia BIM nos currículos de arquitetura é que "muitas faculdades e universidades não criaram cursos BIM especiais." (Li, 2021, p. 2). Nesse contexto, ele ainda afirma que "Devido à falta de cursos profissionais BIM, é difícil para os alunos aprender sistematicamente o conhecimento teórico e as habilidades práticas da Tecnologia BIM." (Li, 2021, p. 3). Com essa argumentação, fica claro que a falta de compreensão de como a metodologia BIM deve ser introduzida nos currículos, tendo em vista um balanceamento das atividades práticas com atividades teóricas, que pode significar uma geração de estudantes sendo formada sem a total compreensão das metodologias de trabalho atreladas à prática profissional, cabendo ao mercado de trabalho a oferta de reciclagens para os profissionais que estão sendo formados nas universidades neste momento. Uma possível solução seria a união da universidade com o mercado para desenvolver soluções em busca de uma formação mais ampla em BIM, visando inclusive recuperar a defasagem já existente no mercado e capacitar novos formandos nesse conjunto de habilidades e competências atrelados ao novo profissional da arquitetura e do urbanismo contemporâneos.

No estudo *A framework for building information modeling implementation in engineering education*, os autores Conrad Botton, Daniel Forgues e Gilles Halin (2018, p. 870) definem a necessidade do salto na compreensão do pensamento sobre o ensino de BIM através da seguinte afirmação:

Ao contrário do desenho assistido por computador (CAD), o BIM é considerado uma tecnologia disruptiva (Eastman et al. 2011). De fato, enquanto o CAD apenas reproduziu em computadores as práticas tradicionais e acelerou sua realização, o BIM deve mudar o paradigma de organização dos projetos de construção.

Apesar de parecer uma afirmação pedante, dado que é presente na bibliografia de toda a década de 2010, ainda assim, em 2021, é apresentado o mesmo argumento em um artigo, reforçando a importância dessa compreensão na academia, uma vez que ela demora a absorver a implementação do BIM no currículo. Obviamente, existem diversos fatores negativos dessa implementação que iremos discutir nas sessões posteriores, mas o argumento mais importante no presente subcapítulo é que o BIM precisa ser compreendido como

metodologia e não como simples evolução tecnológica. Ele é, de fato, uma revolução tecnológica que atrela um novo método às novas ferramentas digitais de produção de projeto, que conduzirá toda a cadeia da construção numa nova forma de desenvolver, executar e planejar a manutenção das edificações nos projetos do presente e do futuro.

Boton, Forgues e Halin levantam uma discussão extremamente importante para a compreensão de como funcionam os conjuntos de aprendizados atrelados ao BIM. Eles classificam três tipos de conhecimento que são atrelados a essa metodologia. O primeiro deles é a habilidade de modelagem. Nesse conjunto de habilidades, de fato, estão relacionadas as ferramentas computacionais e o aprendizado, pelo menos conceitual básico, da utilização de softwares para que os alunos consigam desenvolver soluções de projeto e crítica no processo criativo de projeto utilizando a ferramenta. Portanto, se faz importante sim que existam fundamentos básicos, no mínimo, das utilizações das ferramentas dentro desse conjunto de conhecimentos denominados pelos autores como habilidades de modelagem. Existem, entretanto, outros dois conjuntos de habilidades e conhecimentos que não estão atrelados à tecnologia de software, mas sim à compreensão mais sistêmica da metodologia BIM. A primeira dessas é a habilidade de gerenciamento, relacionada aos processos de projeto e ao gerenciamento da construção e do processo de produção. Habilidades essas que estão atreladas também a outras disciplinas do campo de aprendizado da construção e da arquitetura, como gerenciamento de obras, análise de custos, gerenciamento de cronogramas e outras questões voltadas para a tecnologia da construção e departamentos de tecnologia, materiais e recursos atrelados à construção civil. O último tipo de habilidade identificado pelos autores é relacionado ao regimento legal dos países, voltado para o conhecimento teórico sobre o funcionamento da metodologia e seus rebatimentos em diversas questões do mercado de trabalho e das regras para desenvolvimento de projetos local, tais como legislações e outras políticas públicas que possam influenciar o mercado de cima para baixo. "Essas habilidades não são esperadas na mesma proporção para todos os especialistas em BIM." (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 870). Os autores ainda concluem que é importante haver um reconhecimento desses três tipos de habilidades específicos: (1) habilidades de modelagem, (2) habilidades de gerenciamento da construção e (3) teoria do BIM, padrões e políticas relacionados; mas lembrar que todos esses aspectos devem ser relacionados ao nível de complexidade do aprendizado dos alunos ao longo dos cursos de graduação e alguns deles

podem não estar atrelados ao nível de graduação, podendo configurar cursos de extensão, formações em pós-graduação e disciplinas eletivas, visando a formação mais especializada do que a formação integradora e generalista das graduações.

A universidade deve, portanto, se preocupar com a formação de profissionais que possam compreender as necessidades do mercado e se adequar à elas, visto que dentro dos três eixos de habilidades/conhecimentos apresentados acima, apenas o primeiro se relaciona às ferramentas computacionais. Os demais estão voltados para a compreensão do gerenciamento da construção e as realidades do mercado que são fatores que independem da decisão do profissional, como critérios legais, normatizações, entre outros. É importante dar autonomia para os alunos escolherem quais ferramentas utilizar e como utilizá-las.

Embora o ambiente tecnológico seja fundamental para o sucesso de um currículo BIM, ele não se limita a dominar o software atual. De fato, conforme demonstrado recentemente por Liu e Berumen, a tecnologia está evoluindo rapidamente; Ao longo de suas carreiras como profissionais BIM, os alunos terão que se adaptar às novas tecnologias (Liu e Berumen 2016), tornando “a capacidade de avaliar tecnologias, tomar decisões sábias e escolher a tecnologia apropriada para usar [é] mais importante do que dominar o software atual” (Liu and Berumen 2016). (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 871).

A pesquisa ainda extrapola o pensamento e traz uma concepção que também será discutida posteriormente, no capítulo das entrevistas, uma visão de que o mercado da construção poderia/deveria caminhar para utilização de um BIM *open source* e não utilizar ferramentas computacionais que dominam o mercado e que ditam todo o rebatimento das tecnologias atreladas à metodologia BIM no mercado da produção de projetos da maneira que convém aos desenvolvedores de softwares. "Um foco particular deve ser em tecnologias de código aberto para contribuir para o desenvolvimento da iniciativa OpenBIM." (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 871).

A cilada no ensino de software se faz presente também através desses mecanismos da academia de reforçar o ensino de uma ferramenta específica em que existe por trás um desenvolvedor de software obtendo lucros através do monopólio desse mercado, induzindo alunos a se formarem numa ferramenta que depois utilizarão na prática e vida profissional. Ou seja, os alunos, após formados, irão comprar licença do software que foram ensinados a usar para acompanhá-los em sua vida profissional, sendo que uma iniciativa de OpenBIM permitiria uma grande neutralidade da universidade em relação ao ensino e aprendizado de softwares pagos ao mesmo tempo em que se tornaria um grande celeiro de discussão crítica,

formação de conhecimento para melhoria da metodologia e suas ferramentas computacionais e até mesmo no desenvolvimento de melhorias nas ferramentas de código aberto.

Promover o OpenBIM e iniciativas semelhantes é importante, pois é uma forma de as universidades manterem uma abordagem neutra na escolha do software BIM e incentivar o uso de formatos de interoperabilidade neutros (como IFC) para melhorar as práticas de colaboração de forma sustentável. (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 872).

Para encerramento desta seção, foi analisado um último estudo, denominado *Bibliographic analysis of BIM Success Factors and Other BIM Literatures using Vosviewer: A Theoretical Mapping and Discussion* (Al-Ashmori, Othman e Rahmawati, 2020), que, conforme proposto pelo título do mesmo, realiza uma vasta análise bibliográfica para compreensão de quais são os fatores de sucesso na implantação de BIM no ensino acadêmico. O estudo conclui, assim como os demais acima apresentados, que é importante compreender o BIM em sua totalidade para ensiná-lo de maneira crítica e ampla. Os autores, então, fazem uma ampla definição de BIM que pode clarear a compreensão da academia sobre todas as potencialidades e aspectos da cadeia produtiva atrelados ao BIM, no propósito de fazer a transposição desse conhecimento de maneira menos restrita ao pensamento de ferramentas simples de trabalho.

Building Information Modeling (BIM) não é apenas uma ferramenta ou conjunto de softwares que exige algum treinamento para ser implementado com sucesso. BIM é uma tecnologia de modelagem n-D, modelo virtual ou prototipagem virtual [1], [2]. Abrange todos os aspectos do projeto, construção e operação de um edifício [1]. Ele gerencia os dados do design e do projeto do edifício em formato digital e retém esses dados durante todo o ciclo de vida do projeto [3], permitindo que as partes interessadas insiram, extraiam, atualizem ou modifiquem informações durante o processo BIM [4], proporcionando a troca e interoperabilidade de informação entre as partes interessadas[3], e oferecendo a colaboração das partes interessadas em diferentes fases do ciclo de vida de um edifício [4]. (Al-Ashmori, Othman e Rahmawati, 2020, p. 1).

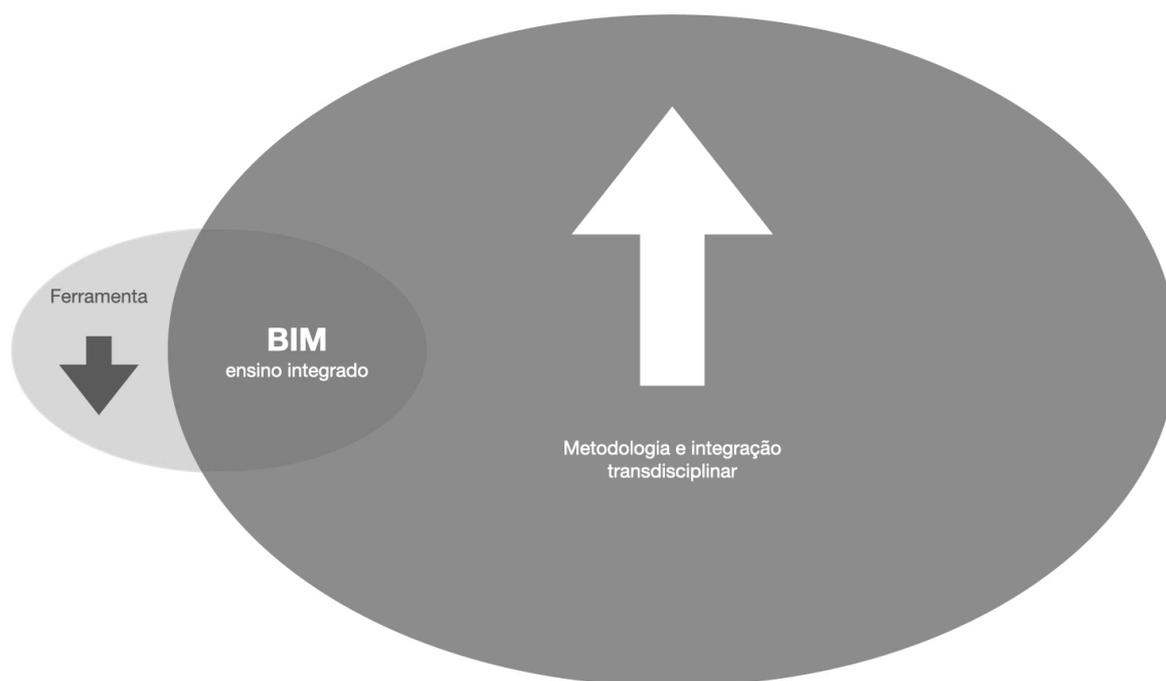


Figura 9 – O ensino integrado de BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.6. OS REVESES DO BIM NO ENSINO

Toda a bibliografia acadêmica, voltada para a adoção de BIM no ensino, apresenta diversas dificuldades, impasses e problemas relacionados à implementação de BIM nas universidades, para além de pontos favoráveis e ganhos para o ensino e aprendizado de projeto. Um estudo intitulado *Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students* (Asli Agirbas, 2020) apresenta uma revisão bibliográfica na qual são apontados os principais impasses na adoção de BIM no ensino. Os desafios são diversos, entre eles a questão de que o BIM deve ser adotado no ensino com muita cautela, como é apontado no estudo e também em capítulo posterior sobre a análise das entrevistas realizadas. Isso se deve a sua falta de flexibilidade na etapa de design e modelagem conceitual do projeto, que pode ocasionar limitações na criação. Limitações essas que se dão em função de diversos objetos e formas em BIM possuírem mecanismos específicos de modelagem já envolvendo conhecimento da construção, dificultando que a modelagem inicial seja feita de forma fluida e fácil. Com isso, potencialmente, o processo criativo dos alunos é limitado. Agirbas (2020, p. 942) ainda afirma que "em vez de reforçar a capacidade de pensamento

crítico dos alunos na educação, o BIM os sobrecarregou com excesso de conteúdo técnico (Holzer, 2015)”.

Sobre a ideia de que o BIM pode limitar o processo cognitivo de criação dos alunos, o artigo ainda defende que os alunos, ao desenvolver a modelagem diretamente em BIM, podem acabar pulando estágios de cognição importantes no processo de projeto, principalmente os processos de esboço arquitetônico, em função do ambiente restrito de modelagem que funciona com determinados objetos 3D. Em contraste, durante o processo de esboço, os alunos podem explorar novos relacionamentos usando métodos diversos, como desenho manual, modelagem de maquete física e outras modelagens em ambientes tridimensionais mais leves e práticos para a criação. Dessa forma, relacionam diversos métodos de modelagem digital à metodologia clássicas de modelagem e desenho, o que pode orientá-los na redefinição de suas ideias. Para Agirbas (2020, p. 942)

Além disso, quando os alunos realizam seus projetos usando determinados objetos 3D no ambiente BIM, eles podem contornar inferências fenomenológicas no processo de projeto e podem não experimentar desenvolvimentos no processo de busca de forma, como a hermenêutica.

O autor também defende a ideia de que, para obter uma modelagem mais fluida dentro do ambiente BIM, é requerido dos alunos um conhecimento mais aprofundado das ferramentas atreladas ao processo de projeto na metodologia BIM e, assim, o software não se apresentará como um limitador do processo criativo. Portanto, para a introdução de BIM em studios de design e criação é preciso que os alunos já tenham base de fundamentação mais robusta, tanto em termos de construção quanto em termos de utilização da ferramenta.

Se o BIM for ensinado em cursos que envolvam estúdio de design, os alunos precisarão de um certo nível de conhecimento relevante (Kocaturk e Kiviniemi, 2013), e aprender o uso do BIM em um nível suficiente é necessário para que o processo de projeto não seja restrito. Caso contrário, os alunos aprenderão BIM diretamente, em vez de aprender sobre projeto, o que direcionará o resultado final do projeto. (Agirbas, 2020, p. 942).

Conforme apontado pelo autor, o conhecimento prévio da ferramenta faz-se importante para que as disciplinas de projeto não se tornem disciplinas de descoberta e busca de compreensão da utilização do software. Isso significa um verdadeiro impasse na implementação de BIM no ensino: ao mesmo tempo em que o ensino de software deve ser restrito na universidade, como defendido em seções anteriores, uma fundamentação básica é necessária para que o aluno consiga desenvolver, com facilidade, a modelagem das suas

ideias. Uma alternativa importante a ser pensada para esse paradigma é o fato de que a criação dos alunos pode ser estimulada em processos e práticas já consolidados, fazendo a utilização de outras ferramentas e, apenas no momento imediatamente após a etapa de criação, seja aprofundada a modelagem e utilização de ferramentas BIM para desenvolver o restante do processo atrelados ao desenvolvimento de projeto.

Esse problema ainda se agrava quando observamos um dos papéis fundamentais das oficinas de projeto nos cursos de arquitetura que é extrapolar o pensamento do ambiente construído para além das práticas tradicionais e de formas ocasionadas pela geometria euclidiana. Formas livres e inovadoras entram em confronto com a base da programação desses programas BIM, dado que são pré-configurados com elementos da construção *standard* que não são facilmente configuráveis para uma criação fora dos padrões, característica presente na arquitetura contemporânea. No momento, o BIM permite uma fácil modelagem de estruturas quando são de geometrias simples. Os estudantes podem facilmente modelar suas soluções baseadas em elementos *standard* da construção e alcançar formas próximas dos padrões mais básicos da construção, o que os leva a desenvolver geometria básicas e fundamentais dentro dos studios de projeto (Agirbas, 2020, p. 942).

No entanto, o BIM não é específico para modelos de projeto individuais e únicos, que avança com o desenvolvimento de impressoras 3D, robôs e máquinas CNC multieixos. A formação de estruturas com diferentes formas é uma característica da arquitetura moderna, que consequentemente está se distanciando da geometria euclidiana de fácil produção.

Apesar da pertinência da colocação do autor, é importante reforçar que outros softwares, inclusive aqueles vinculados à um software principal BIM, podem permitir processos de *form-finding* mais fluidos e livres, trazendo muitas vezes novidades do ponto de vista da capacidade criativa quando pensamos, por exemplo, na arquitetura paramétrica e em softwares como o Dynamo, voltado para a ferramenta BIM Revit, e o GrassHopper+ Rhinoceros, que também permite interface com a ferramenta BIM ArchiCAD. Dentro dessas plataformas auxiliares, a modelagem paramétrica avançada e o design generativo são facilmente exploráveis e, a partir da experimentação da forma, o aluno é capaz de exportar seu modelo para o ambiente BIM e assim seguir com seu projeto. É também pertinente, dentro da visão de Agirbas (2020), reforçar que apesar da existência dessas novas ferramentas computacionais auxiliares que permitem o *form-finding* de uma maneira que antes era impossível, os alunos podem acabar encontrando um "lugar de conforto" na modelagem BIM

e suas bibliotecas de objeto paramétricas simplificadas dentro da geometria euclidiana, devido à carga curricular e grande demanda de trabalho dentro dos cursos de arquitetura. Com isso, ainda podem acabar não explorando profundamente ferramentas como as auxiliares citadas acima.

Embora as opções de forma livre no ambiente BIM aumentem continuamente, os alunos de graduação em arquitetura encontram dificuldades no uso dessas opções (em suas formas atuais). O BIM precisa de muito tempo e esforço. Assim, os alunos preferem não se ocupar muito com este tema devido à natureza já exigente de um programa de graduação em arquitetura. (Agirbas, 2020, p. 942).

Outro estudo, denominado *Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios* (Ashraf M. Soliman, 2017, p. 205), aponta que a sobrecarga que o BIM pode trazer para os alunos, do ponto de vista da necessidade de compreender uma ferramenta de desenvolvimento de projetos extremamente complexa dentro de uma grade curricular altamente demandante de trabalho, pode aumentar a escala de um problema que já acontece hoje: studios de projeto que muitas das vezes não conseguem ter tempo suficiente para aprofundamento de ideias e melhoria contínua das mesmas, deixando muitas ideias incipientes e os solucionamentos de projeto ficam por ser aprimorados.

Consequentemente, os alunos também não têm tempo suficiente para desenvolver, aprimorar e produzir projetos holísticos. Sob a configuração atual do sistema educacional, a implementação de várias estratégias de ensino e aprendizagem, a busca de diferentes métodos de ensino e a atribuição de tarefas holísticas para alunos de projeto são impossíveis de realizar.

No estudo de Taija Puolitaival e Perry Forsythe (2016) citado anteriormente, é defendida a ideia de que os alunos ainda são muito limitados no conhecimento específico da disciplina, apesar de, atualmente, serem nativos digitais, o que favorece a facilidade de absorção dos conhecimentos atrelados ao uso de softwares. Estudantes possuem pouca experiência e compreensão dos sistemas de construção, sobretudo os alunos dos primeiros studios de projeto da grade curricular. Pensando, ainda, que existem programas de arquitetura cuja escolha das disciplinas de projeto é livre - em qualquer momento da formação do aluno, esses estudantes podem saber pouco sobre os processos que ocorrem em projetos grandes e complexos e, serem colocados à prova em ferramentas computacionais que demandam grande conhecimento da construção e um gerenciamento de processo de projeto robusto e complexo.

Existe uma chance muito real de que um ambiente BIM excessivamente complexo (como pode vir da indústria) possa ser excessivamente pesado, demorado e

ineficiente em termos de resultados de aprendizagem do aluno (LOs), dado o tempo disponível para aprendizagem estruturada. (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 352).

O resultado do que foi exposto pelos autores é que uma parte significativa do dilema de ensino e aprendizado de projeto é como alcançar uma abordagem simples e orientada de forma conceitual para aprender sobre BIM, abordagem essa que pode ser acoplada a uma abordagem orientada pela experiência e que permita aos alunos, de diferentes níveis de conhecimento sobre construção, realizar explorações com a tecnologia e ensaiar processos num ritmo adequado ao seu nível de experiência e necessidades de aprendizado que se propõem dentro de uma determinada disciplina. Dessa forma, o conhecimento sobre projeto atrelado ao uso de BIM a ser passado para os alunos deve ser escalável para se adequar a diferentes demandas situacionais, sem deixar de lado o equilíbrio entre os métodos tradicionais e emergentes da gestão da construção atrelados ao BIM (Puolitaival e Forsythe, 2016).

Apesar de ter sido defendido na presente tese doutoral a possibilidade da inclusão de disciplinas eletivas e outras formas de inclusão, para além da grade existente, de disciplinas BIM nos cursos de arquitetura e urbanismo, é apontado por Puolitaival e Forsythe (2016, p. 356) a significativa sobrecarga curricular que já existe nos alunos, fazendo com que disciplinas eletivas tornem-se um desafio de capacidade de tempo disponível para realização das mesmas.

[...] os currículos existentes são muitas vezes muito lotados, o que torna difícil encontrar espaço para cursos eletivos adicionais, e esse pessoal não está disposto a mudar o currículo existente para incorporar o BIM. Becerik-Gerber et al. (2011) discutem o mesmo tema, afirmando que muitas vezes não há apoio suficiente dos colegas ou da equipe administrativa para realizar as mudanças no currículo.

Confrontados com esse impasse, os pesquisadores desenvolvem uma pesquisa exploratória que busca interagir com professores e estudantes para encontrar quais práticas funcionaram e quais não e os novos procedimentos que podem ser incorporados para reduzir os impactos ocasionados por esse paradigma. Na pesquisa exploratória apresentada no artigo, os autores analisaram descrições dos cursos para compreender os escopos das disciplinas, realizaram entrevistas, observaram aulas e fizeram pesquisas para levantamento de dados com os alunos.

Como produto dessa pesquisa exploratória, os autores encontraram algumas possíveis generalizações de melhorias nos programas e em conhecimentos específicos do

curso de arquitetura e urbanismo para facilitar as dificuldades apresentadas acima. São elas: tirar vantagem do PBL para simular projetos reais; criar um ambiente de aprendizado que dê suporte no aprendizado visual e espacial; engajar os estudantes no processo de aprendizado; encontrar o equilíbrio e uma forma de sair do currículo “superlotado”; desenvolver novas estratégias para o desenvolvimento de pesquisas de ensino e aprendizado e dar suporte ao corpo docente em seu desenvolvimento profissional.

Numa sintetização do conhecimento adquirido na pesquisa, os autores elencam os desafios práticos encontrados em três grupos combinados de desafios. São eles: encontrar o balanço entre teoria e prática, tecnologia e processo e entre métodos tradicionais e emergentes; facilitar o desenvolvimento profissional do corpo docente e avaliar a disponibilidade de recursos de ensino e aprendizado de BIM nos cursos atuais.

Esse estudo reforça uma questão que pode esclarecer um pouco da demora nas universidades em absorver o ensino e aprendizado de BIM. Os autores (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 358) defendem que

No início havia algum ceticismo sobre se o BIM ganharia força suficiente na Nova Zelândia para justificar a inclusão do BIM nos cursos e programas e, embora o ceticismo tenha diminuído após alguns anos, discussões ativas continuam na disciplina sobre quanta ênfase BIM deve ter no currículo do CPM e como encontrar espaço para isso no currículo.

Portanto, é possível concluir que o atraso da discussão sobre ensino e aprendizado de BIM no Brasil não é um caso isolado e sim algo que permeia as discussões e incertezas em todas as universidades do mundo, como é o caso da universidade neozelandesa usada como estudo de caso no artigo apresentado.

Sobre a questão de instrumentalização dos alunos para utilização dos softwares BIM em sua atuação acadêmica, o estudo ainda aponta que:

[...] na maioria dos casos, era melhor que os alunos fossem incentivados e orientados a buscar recursos por conta própria. Esta abordagem tem a vantagem de ser útil no contexto dos princípios de aprendizagem ao longo da vida; reduz a carga de trabalho da equipe e, se bem implementado, produz os recursos mais atuais e relevantes para cada curso em que o BIM é utilizado. (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 360).

Essa conclusão do estudo permite definir que a utilização das ferramentas BIM deve passar pela exploração de recursos necessários pelos alunos para o desenvolvimento de seus projetos e, portanto, a ferramenta PBL (*Problem-Based Learning*) que será discutida em seção posterior, pode ser uma metodologia de ensino fundamental para o desenvolvimento dos

alunos. Dessa forma, o estudante irá focar no aprendizado de partes da ferramenta necessárias para o solucionamento de um problema de projeto, seja ele projetual, de fato, da forma como apresentar na modelagem a solução idealizada ou ainda de como documentar em desenho, perspectivas e outros, a ideia iniciada no papel. Assim, os alunos aprendem o necessário para cada disciplina e, ao mesmo tempo, exploram as ferramentas BIM de maneira objetiva e prática.

Outro estudo, *Promoting student commitment to BIM in construction education*, conclui que o desafio de implementação de BIM nas grades curriculares é algo que, apesar de ser discutido desde o início dos anos 2000 e de forma mais forte na segunda década, ainda é vago em todo o planeta. "Alcançar o desejo de introduzir o BIM em conteúdos e pedagogias tradicionais não é exatamente simples. Isso ocorre porque não existem modelos universais definitivos sobre isso, embora estudos existentes tenham sugerido várias abordagens." (Olatunji, 2019, p.1241).

É sugerido pelo mesmo autor que um debate deve ser levantado, de forma separada, nas universidades, questionando se o BIM é de fato a metodologia e plataforma necessária para criar espaço de reestruturação de conteúdo nas universidades. Também deve ser debatido se tal adição deveria influenciar em resultados de aprendizado.

A mesma dicotomia enfrentada pela universidade, ainda hoje é enfrentada pelo mercado profissional. Arquitetos ainda encontram-se confrontados pelo paradigma da adoção do BIM e a falta de informação pode gerar manobras arriscadas nas tentativas de melhoria de processos internos em seus escritórios. Jamal, Mohammad, Hashim, Mohamed e Ramli (2019, p. 1) afirmam que

O Building Information Modeling (BIM) foi amplamente divulgado pelo governo com o objetivo de aumentar a produtividade da indústria, instigando inúmeras iniciativas destinadas a liderar sua progressão. Em contraste com a aspiração, os arquitetos como atores-chave da indústria da construção ainda enfrentam problemas na adoção do BIM na prática.

No estudo *Challenges of Integrating BIM in Architectural Education* de Tuba Kocaturk e Arto Kiviniemi (2013, p. 472), os autores levantam uma questão também pertinente e extremamente desafiadora na implementação de BIM: os cursos devem pensar o BIM de maneira integrada, sem que o mesmo seja produto de disciplinas isoladas apenas. No pensamento crítico dos autores sobre as abordagens educacionais para a introdução de BIM nos currículos, "[...] como os estúdios integrados BIM, revelaram que as implementações

atuais são bastante oportunistas, desintegradas do resto do currículo e carecem de uma agenda estratégica e/ou pedagógica clara.”. Os autores ainda demonstram a complexidade do desafio da adoção do BIM no currículo frente à complexidade de conhecimentos atrelados à formação generalista do arquiteto e urbanista.

Portanto, o desafio subjacente é renegociar as múltiplas identidades dos arquitetos e redefinir a relação problemática que existe há muito tempo entre a academia e a prática; técnicas e estética; ciência e humanidades. (Kocaturk e Kiviniemi, 2013, p. 472).

Outro grande desafio pouco discutido na academia, e que deve ser levado em conta, é apresentado pelo estudo *BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular* (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 14). O desafio apresentado pelas autoras se relaciona à compreensão da utilização do BIM na escala urbana, em que os alunos irão desenvolver em studios de projeto urbanístico soluções dentro dessa nova metodologia de trabalho.

[...] percebe-se certa dificuldade e menor autonomia do acadêmico, ao final do curso, para trabalhar com escalas maiores de projeto – projeto urbano e planejamento urbano e regional, embora domine muito a escala do detalhe. Neste sentido, destaca-se aqui a necessidade de revisão da inserção dos componentes curriculares que trabalham especificamente estes conteúdos no processo de projeto a partir do City Information Modeling (CIM), para conseguir alinhar o processo de projeto nas duas macroáreas do conhecimento.

O CIM (City Information Modeling - Modelagem da Informação da Cidade) é algo pouco explorado pela academia. Apesar de o mercado da construção civil já estar absorvendo a metodologia BIM no campo das edificações, pouco se fala sobre essa metodologia de trabalho na escala urbana. Essa discussão é algo extremamente importante para as pautas internas das universidades, dado que o curso de arquitetura e urbanismo possui grande carga horária voltada para disciplinas com foco no desenvolvimento de projetos urbanísticos.

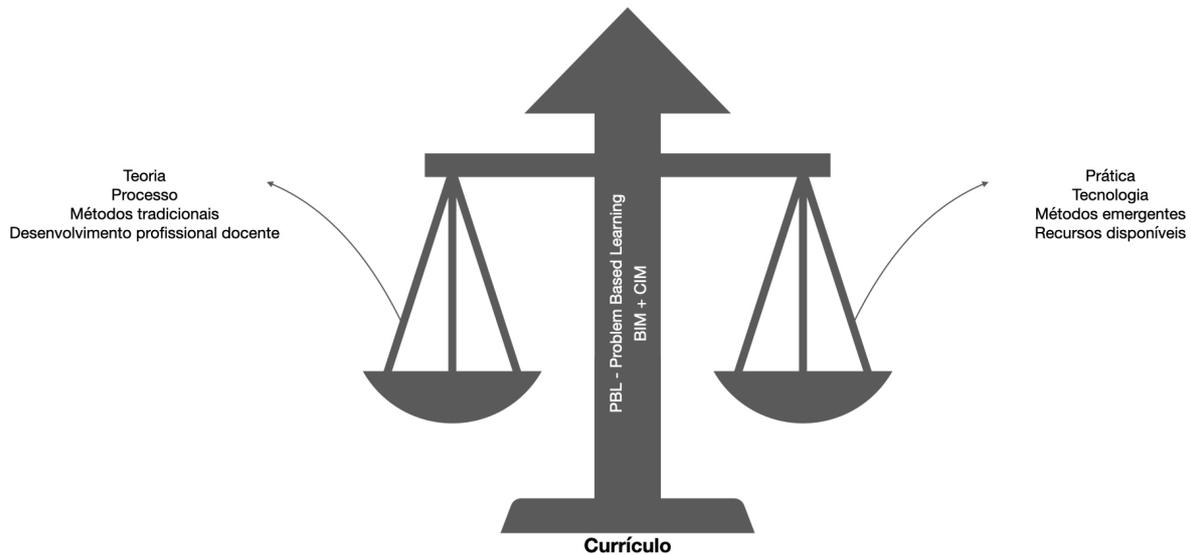


Figura 10 – Balança de equilíbrio do pensamento curricular com a adoção da metodologia BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.7. O CÔMPITO DOCENTE

A introdução do BIM nos currículos de arquitetura e urbanismo, sobretudo sua aplicação direta nas disciplinas de projeto e de tecnologia da construção em geral, deve ser realizada pelos professores. Esses são os personagens fundamentais que enfrentam a necessidade de realizar ajustes e mudanças em suas disciplinas para introduzir o BIM como meio de transposição didática dos conhecimentos atrelados a todas as disciplinas da construção. Nesse contexto, apenas os professores de disciplinas culturais não sofrem com a adoção dessa metodologia, mas até os professores de urbanismo necessitam pensar a introdução do BIM no currículo, juntamente com os demais professores de projeto e tecnologias da construção. Isso ocasiona um grande peso e responsabilidade sob os professores, que são os agentes motores dessa mudança. Dada a falta de estudos conclusivos na bibliografia acadêmica que demonstre os melhores mecanismos e práticas para realizar essa migração, os docentes enfrentam grande impasse no entendimento de como adotar a metodologia BIM em cada disciplina, muitas delas inclusive com conhecimentos extremamente específicos e que demanda um domínio parcial ou até aprofundado de softwares BIM para que o conhecimento a ser explorado na disciplina seja visualizado e transposto através da utilização dessas plataformas como meio de transmissão do conhecimento.

Tendo em vista esse impasse, algumas pesquisas levantam informações pertinentes acerca da falta de professores capacitados para a implementação de BIM nas universidades e do rebatimento dessa situação na não adoção da metodologia BIM em alguns currículos de arquitetura e urbanismo pelo mundo. No estudo de Burcin Becerik-Gerber, David J. Gerber e Kihong Ku (2011, p. 419) previamente referenciado, os autores apontam a complexidade do problema de gerenciamento da informação que ocorre com a introdução de BIM nos currículos, dados os questionamentos dos alunos em disciplinas de projeto, muitas vezes ainda em anos iniciais dos cursos de graduação, sobre questões mais avançadas de tecnologia da construção, ao mesmo tempo em que ainda existe uma grande ausência de professores capacitados para o uso de ferramentas computacionais BIM nas universidades.

O BIM solicita que os alunos façam perguntas avançadas sobre estruturas, montagens de materiais e detalhamento que exigem que os instrutores sejam relativamente mais ágeis em sua capacidade de responder. Cinquenta e cinco por cento dos programas que não possuem cursos BIM disseram que o motivo é que não há ninguém para ensinar BIM (Fig 7). Quarenta e cinco por cento disseram que não têm recursos adequados para fazer a mudança curricular. Os pacotes e conceitos de software BIM são significativamente mais complexos do que as ferramentas CAD e, portanto, o BIM requer espaço no currículo que o CAD não exige (Scheer, 2006).

Dentro do corpo docente das universidades, se faz necessária a presença de uma liderança que compreenda o BIM em sua completude e domine, mesmo de forma parcial, as ferramentas, para que possa orientar e movimentar toda a rede de professores atrelados à disciplinas de projeto, urbanismo e tecnologias da construção para uma mudança de pensamento acerca de como deverá ser o fluxo de ensino e aprendizado e, por consequência, as mudanças necessárias na grade curricular para essa migração. Sem lideranças, é praticamente impossível implementar BIM no currículo de arquitetura. Ou seja, o grande impasse da academia na atualidade é: como introduzir profissionais com conhecimento acerca de BIM e como fomentar a atualização tecnológica e metodológica de conhecimento da produção de projeto em professores que já estão incorporados na academia. Obviamente, não existe a possibilidade de uma rápida renovação do quadro docente dentro de uma estrutura curricular como a dos cursos de arquitetura e urbanismo, em que professores com vasto conhecimento em projeto são formados ao longo de muito anos de carreira, portanto não são facilmente substituíveis, e professores de tecnologias da construção são profissionais com especialização demasiadamente específica e não são formados com facilidade no mercado para a docência de tais disciplinas. Sendo assim, essa solução (de renovação do quadro

docente) não faz parte de nenhum propositivo da presente pesquisa doutoral. O que se propõe é que a universidade precisa oferecer mecanismos e dispor recursos para a formação e atualização tecnológica de professores já presentes no corpo docente. A ideia também é reforçada por Alberto Sánchez, Cristina Gonzalez-Gaya, Patricia Zulueta e Zita Sampaio (2019, p. 2)

A realidade acadêmica confirma uma melhora substancial na adoção e aplicação do BIM em ambientes educacionais. No entanto, a comunidade profissional avança mais rapidamente do que a comunidade acadêmica. Atualmente, confirma-se uma lacuna entre o rápido crescimento do mercado de trabalho em relação ao BIM e os incentivos necessários para estimular os professores a atualizar suas habilidades com BIM e transmiti-las aos alunos. Uma das principais questões na incorporação do BIM no ensino de engenharia é conscientizar os educadores sobre vários aspectos da utilização do BIM e incentivá-los a encontrar possíveis soluções para otimizar o uso do BIM em seus cursos existentes.

Com base em toda a bibliografia acadêmica levantada acerca dos processos de implementação de BIM nas universidades e as conclusões que essas pesquisas trazem sobre o papel da docência nessa mudança, fica claro que existe uma necessidade de investimento, por parte das universidades, na atualização e no estímulo aos professores para a introdução do BIM em suas disciplinas. "A atual falta de educadores BIM qualificados exige educar os educadores e, assim, familiarizá-los com os processos, conceitos e tecnologias BIM." (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta e Sampaio, 2019, p. 2). É importante também refletir sobre a questão de que, dada a complexidade de mudança de visão metodológica no uso do BIM em comparação ao CAD, a implementação de BIM nas universidades deve ser pensada como algo de longo a médio prazo, não sendo possível uma migração instantânea dos cursos para adoção dessa tecnologia como meio de interlocução e transposição didática com os alunos. Isso acontece também nas empresas. Quando ocorreu a migração da prancheta para o CAD, nada mudou nos processos de transmissão de conhecimento de projetos, tanto nos ateliês de projeto quanto nas disciplinas de tecnologia da construção. Com a nova migração de CAD para BIM, é preciso pensar em todo o rebatimento do conteúdo que será apresentado aos alunos dentro de uma nova metodologia e de novos processos de desenvolvimento de projetos. Essa mudança no fluxo de desenvolvimento de projetos, assim como nas empresas é um exercício de migração paulatino, que também deve ser rebatido na universidade. "[...] o treinamento BIM requer visão de longo prazo, liderança e cooperação no ambiente acadêmico." (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta e Sampaio, 2019, p. 2).

Basto e Junior (2016), em estudo brasileiro que observou a introdução do BIM nos currículos de graduação em engenharia civil de uma universidade americana, levantam dados que demonstram a complexidade do problema atrelado à atualização tecnológica do corpo docente, sobretudo levando em conta que a carreira acadêmica é uma carreira de longo prazo, com pequena atualização do quadro docente ao longo dos anos. Mesmo sendo um estudo de 2016, o resultado dos dados apresentados na pesquisa, muito provavelmente, ainda retratam a realidade das academias tanto no mundo como no Brasil, devido a baixa rotatividade dos profissionais na docência. O estudo de Basto e Junior (2016, p. 50) também fez revisão bibliográfica que leva em conta estudos realizados no Brasil sobre a implementação de BIM. Em um destes estudos analisados pelos autores, dois outros pesquisadores, a saber Pereira e Ribeiro (2014), "fazem uma investigação a respeito da capacitação no uso de BIM, de modo a conhecer pesquisas que abordam essa questão e as possibilidades de inserção integrada nas disciplinas de graduação de Engenharia Civil no Brasil. Para isso, os autores desenvolveram um questionário que foi respondido por 48 professores de universidades brasileiras públicas e privadas. Em seus resultados constataram que mais da metade desses docentes (62%) possui mais de 15 anos de docência, e se encontram na área de atuação de construção civil (35%) e estruturas (25%). No entanto, dentre esses profissionais apenas 27% já utilizaram BIM durante sua atividade de docência, em que a maioria (58%) trata do assunto de forma introdutória, ou seja, o enfoque fica na modelagem paramétrica.”.

Essa migração para as metodologias BIM dentro das universidades é algo que deve ser pensado pelos docentes de maneira muito crítica e cuidadosa, frente ao tamanho do paradigma da mudança no mercado que essas ferramentas ocasionam, apesar das pressões do mercado de arquitetura e construção para que as universidades capacitem os alunos para atuar em BIM e de todas as pesquisas atreladas à implementação de BIM no mercado e nas empresas apontarem para a falta de profissionais capacitados para atuação na metodologia.

BIM não é apenas uma nova tecnologia. Se fosse apenas mais um CAD, ou outra tecnologia, os arquitetos já teriam sido os primeiros a adotar e defender, como já vimos através do uso altamente criativo e inovador do recente “software de design digital” paramétrico e computacional tanto na prática e em várias Escolas de Arquitetura. O BIM tem uma proposta implícita de como o setor deve/poderia ser realinhado, reestruturado e trabalhar em conjunto. Em outras palavras, terá implicações sociais e profissionais mais amplas dentro do setor, o que torna seus potenciais futuros usuários mais hesitantes. E isso provavelmente está no cerne de uma das razões menos pronunciadas de resistência ao BIM, especialmente por parte dos educadores em arquitetura, [...] (Kocaturk e Kiviniemi, 2013, p. 468).

Na bibliografia acadêmica, são propostos alguns caminhos possíveis para facilitar os processos de incorporação, pela docência, do ensino e aprendizado de BIM. No estudo *Suggestions on setting up BIM course in architecture major of colleges and Universities* (Li, 2021, p. 3) o autor afirma que é necessário reconectar ao mercado de trabalho e suas demandas os professores voltados de forma exclusiva à academia. Essa discussão se faz relativamente presente em outras pesquisas e discussões sobre a formação acadêmica nos cursos de arquitetura, engenharia e construção em geral.

[...] alguns professores profissionais carecem de pesquisa sobre tecnologia BIM, não prestam atenção ao aprimoramento de suas habilidades profissionais e estão divorciados da situação real da indústria e das empresas há muito tempo e não têm uma compreensão clara do talento empresarial demanda e situação de desenvolvimento da indústria.

A busca por essa atualização tecnológica e de estudo aprofundado sobre a metodologia BIM pode não acontecer de maneira espontânea pelos docentes e, portanto, é importante haver um alinhamento dentro da universidade para estimular o interesse dos professores no conhecimento dessas novas ferramentas digitais, através de programas de incentivo, grupos de discussão e outras ferramentas importantes.

[...] faculdades e universidades devem enviar professores principais para participar de treinamento relacionado à tecnologia BIM, para melhorar sua compreensão da tecnologia BIM e capacidade de aplicação, capacidade de ensino. (Li, 2021, p. 3).

Ainda reforçando a ideia de que sem a atualização tecnológica dos professores é praticamente impossível a implementação de BIM nas universidades, dado que estes são agentes fundamentais na transposição de metodologias e propositores das interfaces de diálogo e transmissão do conhecimento, um estudo denominado *BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular* (Paula Batistello, Katiane Laura Balzan e Alice Theresinha Cybis Pereira, 2019, p. 14) aponta que:

[...] alguns obstáculos são encontrados ao longo da execução da matriz. Um deles é a falta de domínio da tecnologia BIM e as ferramentas que a compõe, por parte de professores que trabalham conteúdos do núcleo de conhecimentos profissionais. Em um cenário em que a ferramenta sugere mudança no processo de projeto, o domínio da mesma por parte do docente tem se mostrado fator diferencial para maior aproveitamento do componente curricular.

O estudo também apresenta alguns dos impasses observados na docência quando os professores iniciam a adoção da metodologia BIM como processo desenvolvimento de projeto pelos alunos em suas disciplinas. Um deles é “A falta de interoperabilidade entre softwares e

da atualização docente dificulta o aproveitamento da tecnologia BIM no processo de ensino-aprendizagem, especialmente para alcançar com plenitude o estágio 2, ou ainda, avançar para o estágio 3.” (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 14). Isso demonstra que, além do incentivo aos professores na busca pelo conhecimento sobre BIM, ainda existe a necessidade da constante atualização dos mesmos, mesmo depois da compreensão da metodologia BIM em sua plenitude e sua adoção na grade curricular, frente às mudanças nos softwares que tendem a evoluir cada vez mais rápido. Esse fator dificulta, inclusive, a construção de um fluxo de desenvolvimento da disciplina e de transmissão dos conhecimentos necessários, através dessa interfaces que estão em constante mudança, pelos professores.

É ainda observado nesse estudo que os estágios de maturidade mais elevados na adoção do BIM é algo muito complexo e difícil de se trabalhar na academia, visto que demandam alterações curriculares, do ponto de vista da transdisciplinaridade e da inter-relação entre disciplinas distintas da grade curricular, na evolução de um conhecimento atrelado à colaboração no desenvolvimento de projetos. Ou seja, algumas disciplinas da área de tecnologias da construção ou de projetos complementares, por exemplo, precisam dialogar com as disciplinas de projeto arquitetônico para que a testagem de interferências e instalações prediais correlacionem-se com o projeto arquitetônico que está sendo desenvolvido pelos alunos. É algo que se mostra extremamente desafiador numa grade curricular fragmentada, como as grades atuais, onde cada disciplina trabalha isoladamente seus conteúdos. Para os professores e para a docência, esse será um exercício de extrema complexidade: realizar essa mudança nas grades curriculares contemplando a interdisciplinaridade, e até mesmo a transdisciplinaridade, como plataforma de transmissão do conhecimento.

A maioria dos estudos, relacionados aos entraves da implementação do BIM na academia, apresentam como principal razão a falta de capacitação e qualificação dos professores para a adoção do BIM nos currículos. Entretanto, outros fatores devem ser levados em consideração, como a falta de recursos para realizar essa migração, sejam recursos monetários para investir em capacitação externa dos professores ou atualização de hardware nos laboratórios de informática das universidades visto que a capacidade computacional exigida pelo BIM é muito superior à necessária nos softwares CAD, assim como outros recursos diversos necessários para essa atualização. Conrad Boton, Daniel Forgues e Gilles

Halin (2018, p. 868) no estudo *A framework for building information modeling implementation in engineering education* afirmam que

Becerik-Gerber et al. (2011) identificaram os fatores limitantes para a não incorporação do BIM nos programas de educação. Parece que o principal motivo foi a falta de pessoas qualificadas para ensinar BIM (55% dos programas pesquisados). Os demais motivos estão relacionados à falta de recursos adequados para realizar a mudança (45%), à falta de espaço adequado (36%), ao fato do BIM não ser critério de acreditação (27%), etc.

Nessa atualização dos professores, é importante pensar que o conhecimento não deve ser apenas sobre o uso das ferramentas, mas também sobre os padrões e políticas que mudarão no mercado da construção com a implementação de BIM e também como deverá ser feita a transmissão do conhecimento pedagógico através dessas ferramentas (Boton, Forgues e Halin, 2018, p. 871).

[...] é importante garantir que o professor tenha conhecimento de ensino BIM (BTK). [...] o BTK está na interseção de três áreas de conhecimento interligadas: conhecimento de software BIM, conhecimento de normas e políticas BIM e conhecimento pedagógico.

Um estudo denominado *Developing Project Managers' Transversal Competences Using Building Information Modeling* aponta que, frente à adoção das novas tecnologias digitais atreladas aos processos de projeto, o ambiente virtual se torna, atualmente, a principal plataforma de exploração e transmissão do conhecimento dentro da academia. "Os resultados parecem indicar que o BIM pode ser usado como um ambiente virtual de aprendizagem. No entanto, os docentes devem criar condições para que este ambiente seja explorado ao máximo e todas as suas potencialidades sejam desenvolvidas." (Zamora-Polo, Sánchez-Cortés, Reyes-Rodríguez e Sanz-Calcedo, 2019, p. 8).

Nesse contexto, dos desafios enfrentados pelos professores, é muito comum que a discussão sobre a implementação de BIM nos currículos sobrecaia, principalmente, sobre a área de representação gráfica. Um ponto, que será levantado em capítulo posterior da presente pesquisa doutoral, é que existe uma mudança na representação gráfica que deve ser pensada pelos professores. Essa mudança ocasiona uma nova forma de se pensar o ensino de projeto, mais voltado para a modelagem da informação e menos voltado para as minúcias de desenho projetivo, hoje muito ensinadas e reforçadas ao longo dos ateliês de projeto. Entretanto, essa mudança no pensamento do desenho técnico não pode ocorrer de maneira isolada, devendo ser pensada de forma integradora no currículo e levando em conta que a mudança na

representação é apenas um pequeno rebatimento da mudança de pensamento que acontece em todo o ciclo de vida da edificação pensando pelo BIM.

Portanto, os professores devem estar cientes de que esse tipo de implementação não afeta apenas a área de expressão gráfica. A área de expressão gráfica deve liderar esse tipo de integração, mas todos os envolvidos no currículo devem colaborar [29]. (Besné, Pérez, Necchi, Peña, Fonseca, Navarro e Redondo, 2021, p. 19).

Portanto, nada será alcançado se não pela ampla colaboração de todos os componentes curriculares dos cursos de arquitetura, nos segmentos de tecnologia da construção, projeto arquitetônico e projeto urbanístico.

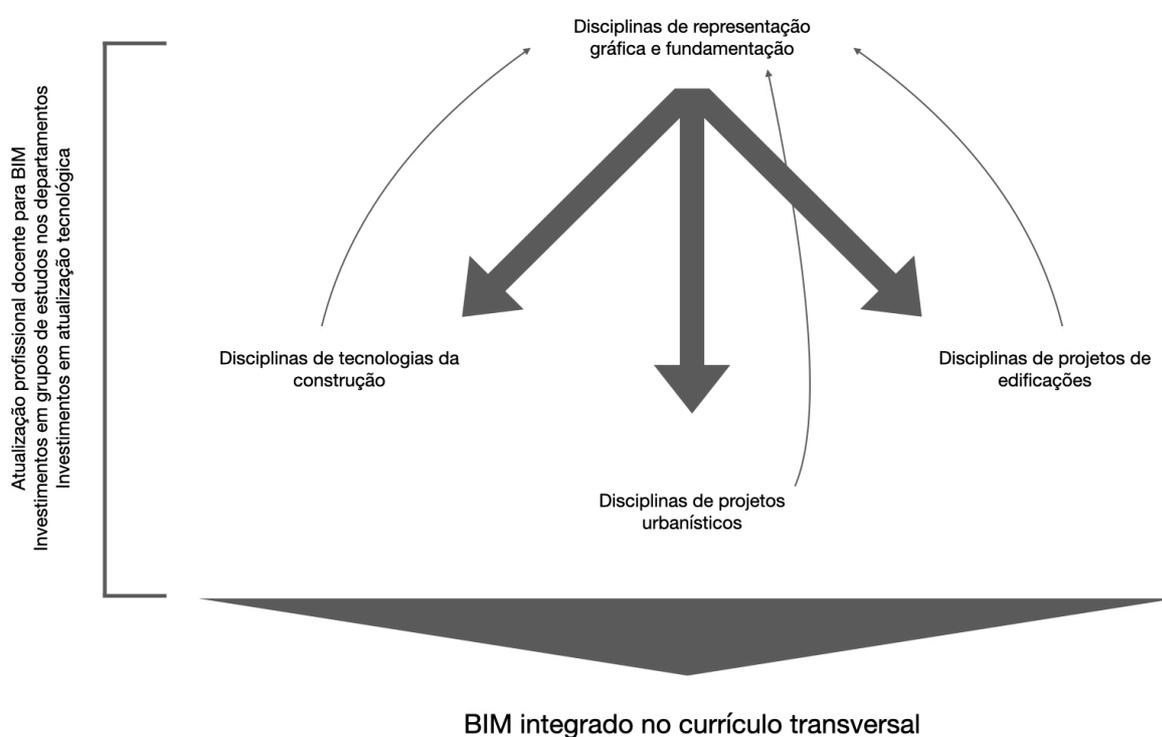


Figura 11 – Transversalização curricular na adoção da metodologia BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.8. O ESPECTRO DO ALUNO

Outro agente fundamental e muito importante de ser investigado nesse processo de ensino e aprendizado de projeto utilizando a metodologia BIM são os discentes. Algumas pesquisas foram desenvolvidas no intuito de avaliar a percepção dos alunos de graduação nos cursos de arquitetura, sobre a utilização do BIM na universidade. Um estudo denominado *Promoting student commitment to BIM in construction education* (Oluwole Alfred Olatunji,

2019) realiza uma vasta pesquisa de opinião com estudantes de arquitetura do ensino universitário sobre suas percepções acerca da implementação de BIM no ensino. A pesquisa desenvolve 29 perguntas relacionadas a 29 fatores de decisão que podem levar os alunos a optar por uma determinada ferramenta e pela implementação de BIM no seu dia-a-dia de desenvolvimento de projetos na universidade dentro dos studios de projeto. Essas perguntas, baseadas em vasta revisão bibliográfica realizada pelos autores, foram apresentadas aos alunos através de uma pesquisa de opinião com classificação de pontuação e ordenamento dos fatores que mais influenciaram na escolha da ferramenta BIM pelos alunos. Cada fator está atrelado a afirmações simples, afirmações essas que o aluno deveria classificar de forma hierárquica quais mais influenciaram na sua tomada de decisão. As frases estavam classificadas em oito grupos diferentes:

- 1) a possibilidade de/ acesso a treinamento numa determinada ferramenta;
- 2) estímulos que determinada ferramenta pode gerar no processo criativo;
- 3) facilidade de uso;
- 4) razões econômicas e de custo de software e de hardware;
- 5) suporte contínuo oferecido pelo desenvolvedor do software ou outros;
- 6) interesse nos ganhos de aprendizado oferecidos por uma ferramenta;
- 7) suporte e infra-estrutura disponíveis para utilização de uma determinada ferramenta e
- 8) outros fatores, tais como popularidade da ferramenta ou até mesmo que o aluno não teve nenhuma razão motivadora na escolha da ferramenta.

A partir desses agrupamentos, portanto, foram estabelecidas 29 afirmações para que os alunos pudessem classificar, de forma que o resultado pudesse elencar quais os principais fatores influenciadores na tomada de decisão dos alunos acerca das ferramentas BIM. Compreender as principais motivações na escolha de uma ferramenta pelos alunos pode ser fundamental para o processo de ensino e aprendizado de projetos, tendo em vista que a metodologia BIM permite o uso de ferramentas desenvolvidas por empresas diferentes e que a decisão dos alunos sobre a utilização dessas ferramentas podem rebater na forma como os professores utilizarão o BIM como interface de transposição didática.

A pesquisa aponta que os principais fatores relacionadas a tomada de decisão dos alunos estão atrelados à questões culturais e sociais, ou seja, eles optam por determinado

software BIM levando em consideração o favorecimento do uso dessa ferramenta dentro do seu curso de graduação, o suporte e apoio dos professores em relação a ela e da rede de conexões sociais que se permite estabelecer, a partir do uso de determinada ferramenta, com os demais alunos, construindo uma rede de suporte para aumentar a segurança na utilização desse recurso. Essa descoberta da pesquisa mostra que os fatores mais determinantes para adoção de uma ferramenta BIM não estão ligados à oferta, por exemplo, de licenças educacionais gratuitas por um desenvolvedor de software ou sequer ao marketing do mesmo. Esses fatores não são influentes na tomada de decisão. Também é percebido na pesquisa que os alunos não fazem a escolha por potenciais ganhos de criatividade ou facilidade de uso da ferramenta. O fato de colegas estarem utilizando uma determinada ferramenta é um dos fatores mais decisivos para que um aluno escolha utilizá-la, tendo em vista sua busca pela segurança de que será possível compartilhar informações e ter ajuda de pessoas próximas nas dúvidas de uso do software. Dentre as 29 afirmações feitas pelo pesquisador (Oluwole Alfred Olatunji, 2019) sobre as principais razões para adoção do software, destacam-se as seguintes afirmações, por ordem de prioridade (primeira afirmação é a mais relevante):

- 1) Suporte contínuo está disponível para mim se eu usar a ferramenta;
- 2) Sou obrigado a usar a ferramenta para passar na minha avaliação;
- 3) A ferramenta ajuda na minha visualização de elementos de projeto;
- 4) Sou obrigado a usar a ferramenta no trabalho;
- 5) Meu professor usa a ferramenta;
- 6) A ferramenta é muito popular;
- 7) A ferramenta é compatível com BIM.

O que é observado com os dados apresentados na pesquisa é que o ambiente acadêmico e o ambiente de mercado são mais influentes nos alunos do que as questões relacionadas à crítica sobre qual será a melhor ferramenta para uso do aluno. O estudante observar qual ferramenta o professor tem condições de fornecer maior suporte em sua utilização, qual software é indicado pelo professor para atender as demandas da disciplina e também quais são as possibilidades de suporte e de atrelamento social de informações acerca da utilização da ferramenta. Num segundo momento, os alunos são impelidos a optarem por questões de popularidade do software. Podemos observar, portanto, que a popularidade do software dentro do ambiente acadêmico e do mercado da construção do país no qual o aluno

está inserido são os fatores mais influenciadores na tomada de decisão dos alunos. A conclusão que se chega é que os estudantes são facilmente influenciáveis, com relação a tomada de decisão de uso de um software, pelas características supracitadas, sem que façam críticas sobre o valor da licença futura que deverá ser paga ao desenvolvedor durante sua atuação profissional após a graduação ou outros fatores, como a complexidade de utilização do software. Olatunji (2019, p. 1254) afirma que:

As evidências do estudo são conclusivas de que a motivação dos alunos para receber educação BIM em gerenciamento de construção é maior quando eles têm a oportunidade de desenvolver suas habilidades de software além de suas habilidades sociais, pois ambas não são mutuamente exclusivas. Eles também são motivados se suas tarefas de avaliação se relacionam com problemas da vida real e são capazes de usar a habilidade no curso de seus estudos no trabalho e vice-versa.

Outra observação importante nas conclusões da pesquisa é que os alunos não são motivados à escolha de uma determinada ferramenta BIM dentro de uma disciplina de projeto em função de treinamento prévio. Ou seja, os alunos que vão explorar uma nova ferramenta não se preocupam em demasia com o fato de terem treinamento prévio na ferramenta, mas sim com a significância que aquela ferramenta pode ter na conclusão de suas tarefas, o que demonstra, inclusive, o papel e a influência do professor nesse processo de tomada de decisão e na exploração de tecnologias digitais que estejam alinhadas com as características do mercado. Os estudantes também não levam em consideração os custos de licença, dado que os desenvolvedores de software normalmente habilitam versões educacionais sem custo para os estudantes. Eles não estão sendo direcionados pelo marketing ou pela persuasão dos desenvolvedores, sendo esse um fator totalmente desconectado da escolha do software que será utilizado pelos alunos. Os estudantes, de fato, escolhem as ferramentas pela popularidade da mesma dentro do ambiente acadêmico e pela possibilidade de utilização delas no futuro, tanto dos trabalhos acadêmicos, quanto na atuação profissional (a partir da aceitação do profissional capacitado naquela ferramenta pelo mercado).

Olatunji (2019, p. 1254) ainda aponta para a percepção dos alunos sobre tecnologia e como ela é determinante na exploração de soluções de projeto pelos alunos na atualidade. Esse novo perfil de alunos, nascidos na era digital, enxergam a tecnologia como algo inerente à sua relação com o mundo.

Em vez disso, é significativo para eles se puderem interagir com outras ferramentas de maneira a aprimorar sua compreensão das ferramentas de criação de modelos e suportar visualizações, virtualização e processos autônomos que agora estão evoluindo em ambientes de modelagem digital. Estas são as verdadeiras direções

futuras em uma era impulsionada pelo BIM; A educação BIM não está completa sem eles.

Ainda existem poucas pesquisas que buscam compreender a percepção dos alunos sobre a adoção da metodologia BIM no seu cotidiano, sobretudo nas oficinas de desenvolvimento de projeto. Nada ainda tem sido explorado sobre essa visão mais sistêmica da adoção de BIM na universidade a partir da compreensão dos alunos, tendo a interdisciplinaridade como plataforma predominante e utilização da metodologia em sua plenitude, como é reforçado também por Jin, Zou, Li, Piroozfar e Painting (2018, p. 1899):

Os estudantes universitários são as futuras forças motrizes e líderes do avanço da indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Embora os estudos pedagógicos BIM tenham sido realizados em diferentes instituições, não há pesquisas suficientes que forneçam uma perspectiva global da educação BIM e as percepções dos alunos em relação à prática e aplicação do BIM após o progresso do aprendizado.

Dada à pequena disponibilidade de bibliografia sobre a percepção dos alunos frente à adoção de BIM e que poucos ainda são os estudos relacionados à utilização de ferramentas BIM no ensino e aprendizado de projeto, não é possível alcançar conclusões sobre a melhor forma de realizar a introdução dessas ferramentas para os alunos. É importante, porém, pensar que os mesmos são peças chave no processo de ensino e aprendizado universitário, assim como os professores são a chave para o fomento e transposição do conhecimento.

Embora muitos estudos tenham explorado as novas habilidades de ferramentas de computação e a dinâmica de compartilhamento e colaboração de arquivos, poucos investigaram como o ensino relacionado a processos integrados pode envolver melhor os alunos no avanço de seu desenvolvimento metacognitivo e epistemológico.

Tendo em vista essa baixa capacidade de crítica dos alunos sobre a adoção das ferramentas digitais, enfatizada por Nikolic, Castronovo e Leicht (2021, p. 2252), é importante que o corpo docente discuta com bastante crítica a adoção dessas tecnologias e sempre reflitam criticamente em cima dos casos que estão sendo vividos a partir da adoção de BIM na universidade dentro das disciplinas da construção e dos ateliês de projeto que utilizam a metodologia como plataforma e interface de diálogo e transmissão de conhecimento.

No estudo denominado *Developing Project Managers' Transversal Competences Using Building Information Modeling*, os autores Francisco Zamora-Polo, Mercedes Martínez Sánchez-Cortés, Antonio Manuel Reyes-Rodríguez e Justo García Sanz-Calcedo (2019, p. 1) defendem que devido ao fato de os alunos serem nativos digitais, eles enxergam grande valor

na utilização do BIM como plataforma de aprendizado para o desenvolvimento de suas habilidades e competências profissionais no campo da arquitetura de edificações. "[...] O BIM pode ser considerado um ambiente virtual de aprendizagem, a partir do qual os alunos valorizam as competências desenvolvidas."

Neste contexto, o estudo de Theophilus Olowa, Emlyn Witt e Irene Lill (2020, p. 551) também afirma que

A educação mediada por inovações tecnológicas, como o BIM, tem demonstrado apoiar a motivação, a satisfação e o desempenho dos alunos tanto acadêmica quanto profissionalmente (Ferrandiz et al., 2018).

Conforme a análise da bibliografia acadêmica relacionada a percepção dos estudantes em relação à adoção da metodologia BIM no ensino e aprendizado de projeto, é possível concluir que não existe bibliografia acadêmica suficiente voltada para a análise do comportamento dos estudantes nas universidades frente à essas mudanças curriculares para abarcar o BIM. Os estudos se mostraram extremamente incipientes e relacionam-se apenas à compreensão da opinião dos alunos em relação a essas tecnologias. A elaboração de estudos mais críticos e aprofundados sobre impactos na curva de aprendizado dos alunos frente a todas as características de conhecimentos específicos necessários para o aprendizado de projeto é ainda algo muito carente na academia.

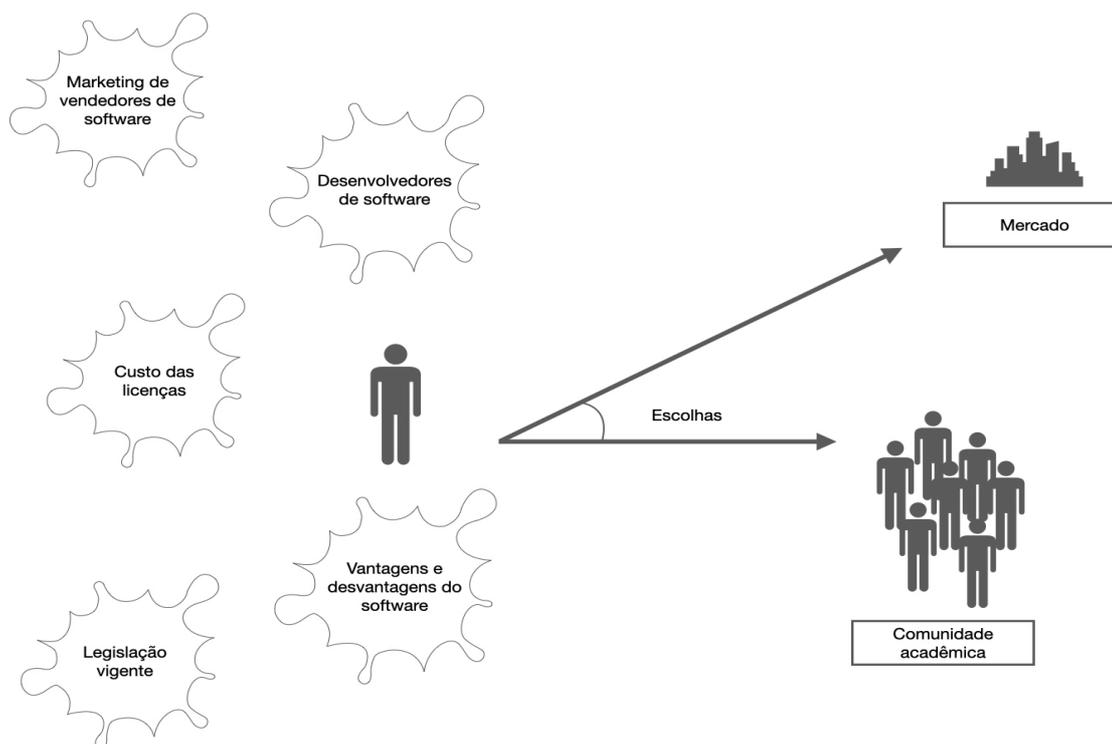


Figura 12 – Fatores influenciadores dos alunos nas escolhas atreladas à utilização de BIM.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.9. CONEXÕES INTERDISCIPLINARES

Um dos ganhos reconhecidos e mais consagrados da implementação de BIM nas empresas de projeto é a interdisciplinaridade, onde todas as disciplinas da construção trabalham de maneira integrada na modelagem de informação de sistemas, desde a arquitetura até sistemas de instalações prediais e estruturas, buscando uma visão mais interativa do processo de construção. Frente à essa questão da interdisciplinaridade ocasionada pelo BIM, algo que é de fato um advento dessa metodologia, é importante se pensar nessa integração atrelada aos currículos de arquitetura e urbanismo.

Por meio da modelagem de informações de construção, equipes interdisciplinares podem realizar vários aspectos de um projeto baseado em desempenho, incluindo sistemas arquitetônicos, de interiores, ambientais, estruturais, mecânicos, elétricos e hidráulicos (InPro, 2009). (Soliman, 2017, p. 206).

Dado esse postulado, faz-se extremamente importante a discussão de como os currículos de arquitetura irão se adaptar a esse esquema de interdisciplinaridade atrelado à prática cotidiana do arquiteto urbanista. É sabido que, apesar de ser a disciplina que lidera os processos de compatibilização de projetos, a prática de ensino de arquitetura não contempla esse tipo de relação dos alunos com projetos de outras disciplinas dentro de um ambiente

computacional que favorece a checagem de interferências da construção. Da maneira tradicional, que hoje é utilizada para o ensino da arquitetura no Brasil, o aprendizado básico das disciplinas complementares - cadeiras voltadas para o aprendizado de instalações elétricas, hidrossanitárias e outras instalações prediais - acontecem de maneira isolada, sem a inter relação das mesmas com o objeto arquitetônico que está sendo desenvolvido pelos alunos num ateliê de projeto. Soliman (2017, p. 207) diz

O trabalho em equipe interdisciplinar é uma estratégia pouco implementada nas instituições de ensino por diversos motivos, embora essa estratégia seja essencial para as empresas do setor de construção. A participação interdisciplinar em todas as fases de projeto pode evitar reprojeto e modificações não planejadas, garantindo assim um plano totalmente viável para a fase de construção (Sebastian, 2006).

Vislumbrar a metodologia BIM como algo que possa ser uma plataforma de interligação entre disciplinas de tecnologias da construção, por exemplo, que hoje são ministradas de maneira isolada nos currículos de arquitetura e urbanismo, com as disciplinas de projeto, pode significar um contributo original do BIM na academia e favorecer processos de formação de uma mão-de-obra mais preparada para a prática interdisciplinar que essa metodologia oferece ao mercado de trabalho. Como também será apontado no capítulo das entrevistas, outras pesquisas da revisão bibliográfica apontam para a percepção do mercado de projetos de que o maior ganho trazido pela metodologia BIM para o setor da construção é exatamente a checagem de interferências e a compatibilização interdisciplinar. Para que isso aconteça no ambiente acadêmico, não basta a introdução da metodologia BIM como plataforma de ensino nas disciplinas de projeto, ela deve ser pensada como uma plataforma de interligação de conhecimentos e comunicação constante entre disciplinas do campo técnico e as do campo de desenvolvimento de projeto.

O próximo estágio de discussão na literatura de educação em gerenciamento de construção publicada tem sido se o BIM deve ser ensinado como um tópico interdisciplinar ou deve ser infundido em vários assuntos, incentivando assim uma abordagem multidisciplinar (Majumdar, 2007; MacDonald and Mills, 2013). (Puolitaival e Forsythe, 2016, pgs. 352 e 353).

A grande aposta dos estudiosos acerca da implementação de BIM nos currículos de arquitetura é que essa abordagem deve ser feita de maneira multidisciplinar, ao contrário do que tem sido feito, com a introdução de apenas algumas disciplinas isoladas que não se relacionam com as demais nem com o conhecimento generalista necessário para o desenvolvimento de projeto e atuação do profissional de arquitetura e urbanismo no mercado.

Apesar desses desenvolvimentos, na realidade o BIM ainda pode ser ensinado em um número muito limitado de cursos e estes podem estar no contexto de disciplinas eletivas em vez de disciplinas centrais (Pikas et al., 2013) (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 353).

Como cada cadeira do curso de arquitetura é focada num conhecimento específico importante para a formação do arquiteto, sobretudo na área de tecnologias da construção, a sugestão dos estudiosos acerca da implementação de BIM no mundo é que cada cadeira utilize essa metodologia como plataforma didática de exploração dos conhecimentos acerca do seu conteúdo. Esses conteúdos se entrelaçariam com os conhecimentos de outras disciplinas, a partir de uma plataforma multidisciplinar em que o mesmo projeto em desenvolvimento num ateliê de projeto possa ser utilizado para estudos bioclimáticos, de performance da edificação e das disciplinas complementares. Tudo isso "para uma estratégia de implementação de todo o programa, onde os assuntos individuais exploram o BIM de acordo com a ênfase de um assunto específico." (Puolitaival e Forsythe, 2016, p. 353).

Os autores Puolitaival e Forsythe (2016, p. 353) ainda apontam para

[...] uma abordagem de entrega de projeto integrada para educação em construção para refletir a abordagem colaborativa usada com sucesso na indústria. Eles introduzem a estrutura IMAC (ilustração, manipulação, aplicação, colaboração) para integrar o BIM como parte do currículo existente. Nesse modelo, idealmente, os próprios alunos desenvolveriam o modelo, e o nível de implementação seria escolhido com base nos OAs do curso.

Ainda no artigo *Practical challenges of BIM education* (Puolitaival e Forsythe, 2016), os autores defendem que a integração do BIM nos programas de arquitetura não deve acontecer num pensamento de disciplinas isoladas, como hoje acontece nos cursos, mas de forma a cobrir um grande espectro de tópicos da tecnologia da construção e das instalações prediais, atreladas ao desenvolvimento de projetos.

No entanto, esse conhecimento multifacetado e desenvolvimento epistemológico é significativamente mais desafiador para transmitir e avaliar usando abordagens tradicionais de ensino. Para enfrentar alguns desses desafios, um crescente corpo de pesquisas sugere que ensinar os alunos em ambientes de aprendizagem experiencial apoiados por métodos de avaliação e melhoria contínua pode avançar nas habilidades de resolução de problemas e tomada de decisões. Assim, o desenvolvimento e adoção do BIM em conjunto com processos colaborativos enxutos apresenta uma oportunidade de envolver os alunos em um processo iterativo de resolução de problemas e colaboração em projetos que promovem o desenvolvimento de habilidades de estratégia de colaboração muito necessárias. (Nikolic, Castronovo e Leicht, 2021, p. 2249).

Esse desafio de integração curricular é algo que já era discutido na academia, antes mesmo do BIM, e se configura como algo extremamente desafiador e ambicioso. Os estudos

indicam que esse tipo de integração passa por preocupações importantes relacionadas à realidade da atuação dos profissionais frente à evolução tecnológica ocorrida nas últimas décadas. Um fator importante de ser pensado nas configurações das novas grades curriculares é o fato de que os alunos hoje graduados em arquitetura e engenharia precisam ter fortes habilidades de colaboração e trabalho em equipe. É necessária visão ampla das questões que dizem respeito a sua profissão, como questões sociais, ambientais e econômicas, e também saber como aplicar a ciência fundamental da engenharia e arquitetura dentro de habilidades de computação na prática.

O arquiteto, engenheiro e gerente de construção do século 21 de hoje deve ser capaz de lidar com um ritmo acelerado de mudança tecnológica, um mundo altamente interconectado e problemas complexos que exigem soluções multidisciplinares. (Becerik-Gerber, Gerber e Ku, 2011, p. 412).

Uma das abordagens possíveis para uma introdução mais leve e paulatina da interdisciplinaridade nos currículos de arquitetura é a adoção de aulas virtuais que permitam, através de vídeos-tutoriais, os alunos explorarem ferramentas de colaboração para o desenvolvimento de projetos. Um estudo intitulado *Introduction of Building Information Modeling in Industrial Engineering Education: Students' Perception* (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta e Sampaio, 2019, p. 2) sugere que

[...]a eficácia da aprendizagem autônoma guiada por meio de tutoriais em vídeo na Internet e aconselharam outras instituições a considerar essa abordagem para alcançar a integração multidisciplinar do BIM em seu currículo.

O mesmo estudo ainda aponta que, às vezes, a sobrecarga de conteúdos na graduação e a necessidade de uma compreensão mais abrangente pelos alunos sobre os sistemas prediais é alcançada apenas no final da graduação. Portanto, esse tipo de interdisciplinaridade, muitas vezes, deve ser pensado para cursos extra-curriculares eletivos ou para cursos de pós-graduação, onde o profissional de arquitetura já possui conhecimento técnico acerca das tecnologias da construção para compreender o exercício profissional da checagem de interferências.

Principalmente na Universidade Politécnica de Madrid, a escola de arquitetura oferece um curso de especialização em educação continuada sobre a metodologia BIM que faz parte de um mestrado em construção e gestão de instalações, com o objetivo de formar profissionais na aplicação do BIM; [...] (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta e Sampaio, 2019, p. 3).

A bibliografia que atrela o ensino e aprendizado de BIM à interdisciplinaridade é vasta e a grande maioria indica que "Diferentes autores têm promovido um ambiente colaborativo para a introdução do BIM em cursos de graduação e pós-graduação, com algum sucesso." (Sánchez, Gonzalez-Gaya, Zulueta e Sampaio, 2019, p. 3).

A introdução do BIM no currículo de arquitetura pode acontecer de maneira interdisciplinar usando diversas disciplinas, entre elas as de representação gráfica digital, workshops de projeto, ateliês de projeto, específicas para o ensino do BIM, de tecnologia da construção, de gerenciamento da construção e também no trabalho de conclusão de curso e estágio curricular. Neste contexto, os alunos podem ser estimulados pela universidade a, dentro do seu estágio curricular, explorar ferramentas BIM e trazer aprendizados do estágio para a academia. O mesmo acontece com estímulo para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso em metodologia BIM. Caso isso seja incentivado pela universidade, conforme pesquisada indicadas em seção anterior - o espectro do aluno, é possível que o estudante se sinta mais à vontade e que será mais benéfica a entrega de seu trabalho utilizando o BIM (Basto e Junior, 2016).

Ainda na pesquisa de Basto e Junior (2016), é apontada a hipótese de que o ensino de BIM deve ser pensado em diferentes níveis de atuação do profissional. Esses níveis de atuação devem estar atrelados aos propósitos de cada curso oferecido pela universidade para a formação profissional de arquitetos, urbanistas, engenheiros e administradores da construção. O estudo propõe três níveis de compreensão e competência na utilização do BIM. No primeiro nível - introdutório, mais atrelado ao ensino da graduação, o aluno deve desenvolver a habilidade de ser um modelador dentro das plataformas, dialogando com o primeiro estágio de maturidade na adoção de BIM nas empresas, onde todo o trabalho é voltado para modelagem e produtividade da informação. Essa etapa é voltada para o projeto ou para construção ou ainda para a operação da construção. Os resultados obtidos dentro dessa etapa introdutória é a modelagem paramétrica da informação e a capacidade de extração e manipulação de quantitativos e documentação de projeto. Num segundo nível - intermediário - que pode ser abarcado parte em graduação e parte em ensino de pós-graduação, o aluno é habilitado como analista dentro da metodologia BIM, capaz de trabalhar o segundo estágio de adoção de BIM. Nesse momento, o aluno é habilitado para trabalhar dentro de um ambiente parcialmente integrado, interligando modelos de informação e usando-os de forma aplicada

para o desenvolvimento de projetos e construção ou projeto e operação ou ainda operação e construção. Entretanto, nesse nível de conhecimento, o profissional é capaz de realizar simulações de dimensionamento, performance ambiental, 4D (cronogramas) e 5D (planejamento de custos) e também é habilitado a realizar a compatibilização interdisciplinar e o planejamento de caminhos críticos e linhas de balanço no desenvolvimento da execução da obra. O nível analista consiste, portanto, na capacidade crítica do aluno de interagir com outras disciplinas da construção e no planejamento da construção de maneira mais sistemática. No terceiro e último nível - avançado, o aluno é habilitado como gerente da implementação de BIM. Muito provavelmente, esse viés de habilitação gerencial está mais voltado para cursos de extensão externa ou cursos de pós-graduação. O aluno nesse momento será capaz de induzir a migração do mercado para o terceiro nível de maturidade na adoção do BIM, nível esse em que a colaboração efetiva e simultânea acontece no desenvolvimento do projeto. Com esse aprendizado, ele será capaz de utilizar o modelo da informação para elaboração comparada e holística do projeto. O modelo BIM é pensado integrando projeto, construção e operação e os resultados esperados para um profissional com esse nível de conhecimento de projeto atrelado à BIM é a introdução de desenvolvimento de projetos integrados, a colaboração envolvendo múltiplos agentes simultaneamente e a criação de produtos relacionados ao desenvolvimento da obra de maneira compartilhada. "Projetar e construir o ambiente construído é um processo criativo e colaborativo; tornando-o intensivo e gerador de conhecimento (Berente et al. 2010)." (Abdelhameed, 2018, p. 16).

Outro artigo que reforça a importância de BIM no ensino de projetos colaborativos nas universidades é o estudo *Building Collaborative Construction Skills through BIM-integrated Learning Environment* (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015) que defende que a integração entre tecnologia e colaboração em equipe é, cada vez mais, um ponto crítico na educação da construção. Através de revisão bibliográfica e entrevistas, Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo (2015) apontam que os alunos possuem conhecimento da tecnologia BIM não deve ser o objetivo final da universidade devido ao fato de que o processo colaborativo de uso do BIM para solucionar problemas práticos da construção surge como chave para aqueles que ingressam na indústria. Os autores observam que apesar da demanda da indústria ser cada vez maior por profissionais colaboradores e que saibam atuar

interdisciplinarmente, a maioria dos cursos relevantes para BIM tem sido ministrados como treinamento em tecnologia, sem o contexto do ambiente de aprendizado colaborativo.

[...] os autores identificaram duas necessidades críticas na educação da construção atual: a crescente atenção à tecnologia da informação e a aplicação adequada de práticas colaborativas (também denominada entrega integrada na literatura). (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 99).

Quando pensada a colaboração dentro do ambiente de trabalho no mercado da construção, após a revolução tecnológica ocorrida na última década, diversas habilidades interpessoais atreladas à colaboração são cada vez mais valorizadas pela indústria. A academia, portanto, deve pensar em alternativas para o ensino de colaboração em projetos que abarquem esse desenvolvimento de habilidades do perfil profissional dos arquitetos e urbanistas para o futuro. "A literatura relata que os estudantes de construção estão agora sendo obrigados a ter certas competências não técnicas, como habilidades inovadoras, adaptativas e colaborativas." (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 99).

Ainda no mesmo artigo, durante as entrevistas realizadas para o estudo, os autores identificaram que "[...] a maioria dos entrevistados engajados em BIM considera a colaboração como a chave para uma construção virtual bem-sucedida." (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 99). Para o estudo, foi realizada uma robusta revisão bibliográfica acerca do tema, que aponta que muitos programas de construção, arquitetura e engenharia oferecem cursos com foco separado ou em BIM ou práticas colaborativas. O BIM, segundo os autores, é um método abrangente de gerenciamento de informações ao invés de apenas uma ferramenta para projeto e, portanto, a educação baseada em BIM não pode ser abordada de forma a ensinar técnicas tradicionais do processo CAD. No entanto, poucas instituições oferecem um currículo que integre totalmente as habilidades relacionadas ao BIM em exercícios colaborativos em equipe. Na verdade, em vez de uma inovação tecnológica, o BIM representa um novo paradigma ou processo que incentiva integração das partes interessadas e colaboração em projeto de arquitetura, engenharia e construção. Como resultado, o BIM pode ser usado não apenas como um tópico, mas como ferramenta para realizar tarefas do mundo real ensinadas nos cursos da área da construção. É nesse ambiente acadêmico, em que a construção é pensada de maneira holística e cadencial, passando por todo o ciclo de vida de uma edificação, que a colaboração se tornará instrumento fundamental de inter-relação entre conteúdos de diferentes disciplinas.

Sobre a ideia de que o BIM não deve ser enxergado apenas como ferramenta, mas sim como metodologia de integração do currículo, os autores ainda afirmam

[...] o BIM não deve ser separado como um ambiente virtual de projeto e construção (Zhao & Lucas, 2014), um veículo de comunicação entre as partes interessadas ou uma plataforma de educação que pode ser usada em universidades e faculdades; em vez disso, o BIM também pode ser usado como uma ferramenta de aprendizado que pode ajudar os membros da equipe a se familiarizarem com muitos aspectos de uma tarefa de construção. (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 102).

Uma das conclusões acerca da literatura estudada por Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo (2015) é que existe uma lacuna na maioria dos cursos de arquitetura que já incorporaram BIM como algo relevante. Essa lacuna tem sido o treinamento do BIM apenas como uma tecnologia sem o contexto do ambiente de aprendizado colaborativo, enquanto a indústria valoriza o treinamento em colaboração como uma habilidade fundamental para os possíveis empregados nas empresas de projeto e construção civil. Os autores ainda defendem que “[...] o BIM pode estar no centro do processo, em vez de simplesmente construir modelos e ensinar tecnologias, o que tem sido amplamente aceito na indústria de AEC.” (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 109).

Tendo em vista que a discussão da colaboração tem se tornado algo muito pertinente na literatura acerca da adoção de BIM nos currículos, os autores do estudo buscaram uma essencialização do conhecimento, com o objetivo de encontrar uma definição clara do que significa o processo colaborativo no ensino de BIM. Eles definem, então, que a colaboração é um processo de criação compartilhada entre dois ou mais indivíduos com habilidades que se complementam, interagindo para criar um entendimento compartilhado que nenhuma das partes possuía anteriormente, nem poderiam ter alcançado sozinhos. Para Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo (2015, p. 118) "No ambiente educacional, um processo de tecnologia colaborativa pode fornecer oportunidades (mesmo fora da sala de aula) onde as equipes se reúnem em um currículo.". Eles ainda apontam que "Os futuros sistemas de tecnologia colaborativa podem aprender e confiar nos 4Cs de Objetivos Comuns, Comunicação, Coordenação e Cooperação para maior sucesso.”.

Em sua conclusão, a pesquisa aponta que para se obter sucesso na colaboração dentro do ambiente acadêmico integrado com a metodologia BIM precisa, primeiramente, haver amadurecimento dos alunos acerca da utilização das plataformas. É preciso que, primeiro, eles aprendam a desenvolver projetos em BIM para depois serem trazidas as discussões e

assuntos atrelados à colaboração. Existe, portanto, a necessidade de um conhecimento prévio para o exercício das práticas colaborativas em projeto, que é o conhecimento da utilização do BIM como mecanismo e método para desenvolvimento de projetos. A colaboração corresponde a um segundo passo do processo.

Essas descobertas sugerem que o BIM e tecnologias semelhantes podem se beneficiar do treinamento precoce para preparar adequadamente o cenário para uma colaboração bem-sucedida entre as disciplinas. (Zhao, McCoy, Bulbul, Fiori e Nikkhoo, 2015, p. 118).

Outro estudo apresenta a seguinte afirmação em sua conclusão:

A implementação do BIM em disciplinas de projetos de engenharia com uma metodologia de aprendizagem colaborativa ativa e sem a reestruturação curricular em disciplinas atuais do currículo poderia ser mais fácil e rápida. (Sanchez-Lite, Gonzalez, Zulueta e Sampaio, 2020, p. 220054).

Um estudo brasileiro de 2019, denominado *BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular* (Batistello, Balzan e Pereira), objetiva identificar como deveria ser, para o caso do Brasil, o melhor mecanismo de introdução da metodologia BIM, dentro da matriz das diretrizes educacionais do MEC para os cursos de arquitetura e urbanismo. As autoras estabelecem um conjunto de diretrizes que podem ser adotadas como direcionamento para a introdução gradual do conhecimento de BIM nos cursos de arquitetura brasileiros, atrelados aos anos de formação e aos ateliês de projeto que acontecem a cada semestre, aumentando a complexidade do conhecimento conforme a informação absorvida pelo aluno ao longo da graduação também fica mais complexa. Nesse sistema de estratificação do conhecimento ao longo dos anos de formação curricular dos estudantes, é proposto pelo estudo que no primeiro ano "o acadêmico aprende a projetar em 3D, utilizando o processo de projeto mais alinhado com o BIM na linha projetual, quando modela o objeto, gera documentação para impressão e visualizações em duas dimensões." (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 12). Portanto, a proposta é que os primeiros exercícios de maquete e modelagem possam acontecer em tecnologias acessórias ao BIM, ou até mesmo dentro do BIM, para que dentro desse ambiente, os alunos aprendam representação gráfica e o rebatimento em vistas ortogonais (plantas, cortes, elevações) do seu objeto modelado. Esses rebatimentos ortogonais, tradicionalmente utilizados no desenho técnico brasileiro, podem ser facilmente extraídos da modelagem BIM, gerando nos alunos,

inclusive, um aprendizado associativo do objeto modelado e do seu rebatimento em plano ortogonal.

Dentro dessa matriz temporal de inclusão dos conhecimentos ao longo da grade curricular dos cursos de arquitetura e urbanismo brasileiros, no segundo e terceiro ano, o estudo diz que já é possível aprofundar a interdisciplinaridade, uma vez que o aluno já tem certo domínio das ferramentas básicas de modelagem necessárias e evoluíram na formação de algum conhecimentos atrelados às tecnologias da construção e disciplinas complementares que fazem parte do objeto construído em sua totalidade. Ao alcançar o quarto ano do curso, o aluno já possui bagagem de conhecimentos suficientes para fazer a integração dos mesmos. Dentro dessa integração, o aluno seria estimulado, nos ateliês de projeto, a realizar uma efetiva aplicação das ferramentas BIM para coordenação de projetos, compreendendo características como 4D e 5D e integrando a verticalidade nesse modelo, nas estruturas e nas instalações prediais. É um importante momento para aplicação da interdisciplinaridade de forma mais ampla, quando o acadêmico já se encontra apto a integrar conhecimentos diversos em um mesmo projeto (Batistello, Balzan e Pereira, 2019).

Isto pode ocorrer a partir do envolvimento de cursos com conhecimentos complementares à formação do arquiteto e urbanista durante a graduação, indicando que futuros profissionais já iniciem um compartilhamento de informações, uma estruturação de projetos colaborativos e, especialmente, a prática do uso do BIM para iniciar a vida profissional com outra visão, preparado para um mercado profissional que espera a aplicação das competências que lhe cabe. (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 14).

Se por um lado "Building Information Modeling (BIM) é uma nova tecnologia na indústria da construção para formar uma plataforma de colaboração para comunicação eficaz e melhorar a produtividade e eficiência." (Al-Ashmori, Othman e Rahmawati, 2020, p. 1), por outro

As características desta metodologia foram descritas como: uma metodologia construtivista, na qual os alunos constroem o conhecimento, e é semelhante ao futuro profissional dos alunos. Requer colaboração entre professores e alunos, e entre os próprios alunos. (Zamora-Polo, Sánchez-Cortés, Reyes-Rodríguez e Sanz-Calcedo, 2019, p. 3).

A colaboração, portanto, deve ocorrer em múltiplos níveis, seja na interação entre alunos, entre alunos e professores e também entre os docentes de diferentes disciplinas. "Em relação ao uso do BIM como ambiente virtual de aprendizagem, os alunos valorizam que o BIM represente a informação de múltiplas formas, integrando diversos programas;

[...]” (Zamora-Polo, Sánchez-Cortés, Reyes-Rodríguez e Sanz-Calcedo, 2019, p. 8). Por isso, é importante que haja maior interação interdisciplinar entre docentes na proposição de cooperação entre disciplinas diferentes do currículo, num aprendizado transdisciplinar na academia.

Com base na revisão bibliográfica, possivelmente um dos principais contributos originais do BIM na academia seja a questão de que a metodologia pode contribuir para desenvolver competências transversais, que são importantes no desenvolvimento profissional e da vida cívica dos estudantes de hoje, no futuro. Em particular, contribui para as competências cruciais nas tarefas de gerenciamento de projeto e interação entre todos os profissionais da cadeia da construção.

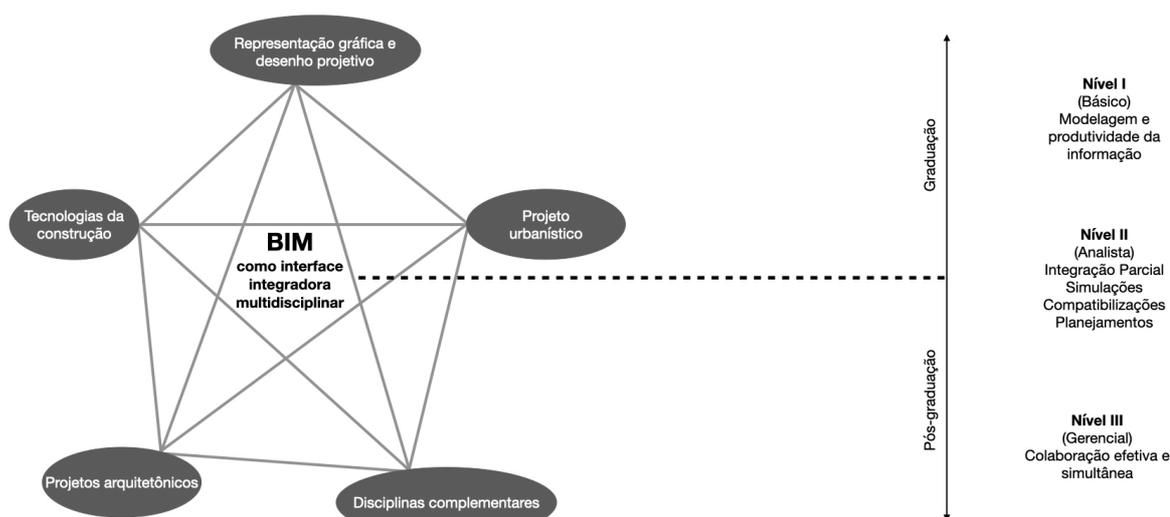


Figura 13 – Multidisci­plinaridade e níveis de maturidade acadêmica na sua utilização.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.10. PBL COMO PLATAFORMA DIDÁTICA

Diante dos grandes desafios relacionados à implementação da metodologia BIM nas grades curriculares dos cursos de arquitetura e urbanismo, um conjunto vasto de pesquisas acerca dessa implementação aponta para o PBL (Problem/Project Based Learning - Aprendizado Baseado em Problemas/Projetos) como uma alternativa didática facilitadora do processo de aplicação de conhecimentos diversos da construção, do desenho e de software e no solucionamento dos problemas de projeto pelos alunos. Apesar do PBL ser algo já

estudado na academia mesmo nas tecnologias CAD, dado ao seu potencial de aprendizado e reforço do conhecimento a partir de vivência real do aluno na busca por soluções de problemas em projetos, o PBL no ensino de projetos atrelado à metodologia BIM pode representar um contributo ainda maior para a facilitação da articulação de conhecimentos pelo aluno na modelagem da informação da construção. Tendo em vista que o BIM exige uma modelagem com conhecimento da construção, como por exemplo que uma parede deve ser modelada e entendida como parede e não como um par de linhas paralelas, a problematização na modelagem da informação sobre questões de técnicas construtivas, sistemas estruturais e outros conhecimentos de tecnologia da construção faz-se cada vez mais pertinente para a compreensão do aluno sobre o seu solucionamento de projeto e sua capacidade de gerar a modelagem computacional BIM com consistência para as disciplinas de projeto. Diversos artigos estudados reforçam em suas conclusões a necessidade da utilização de PBL como mecanismo didático para os ateliês de projeto que envolvam BIM. Dentre eles, o estudo *Conceptualising Building Information Modeling for Construction Education* (Theophilus Olowa, Emlyn Witt e Irene Lill, 2020, pags. 554 e 555) afirma que “As ideias divergentes sobre aprendizagem baseada em projetos e aprendizagem baseada em problemas levaram à publicação de muitos artigos, por exemplo, Mills e Treagust (2003) e Helle et al. (2006).”. Nas profissões em que o exercício profissional está muito atrelado ao exercício de projetos, a literatura faz uma extrapolação acerca do PBL para o conceito de PRBL (Project Based Learning - Aprendizado Baseado em Projetos). Portanto, na presente pesquisa será utilizada essa concepção de PRBL.

Olowa, Witt e Lill (2020, p. 555) indicam as principais características do PBRL para uma compreensão das suas qualidades e, sobretudo, da sua pertinência na adoção das grades curriculares dos cursos de arquitetura e urbanismo quando da implementação da metodologia BIM no ensino. Segundo os autores, essas características do PRBL são:

(1) [projetos] envolvem a solução de um problema; muitas vezes, embora não necessariamente, definido pelo próprio aluno; (2) envolvem iniciativa do aluno ou grupo de alunos e exigem uma variedade de atividades educacionais; (3) geralmente resultam em um produto final (por exemplo, tese, relatório, planos de projeto, programa de computador e modelo); (4) o trabalho muitas vezes continua por um período de tempo considerável; (5) o corpo docente está envolvido em um papel consultivo, e não autoritário, em qualquer ou em todas as etapas – iniciação, condução e conclusão.

O ensino baseado em projetos é, na verdade, uma simulação onde os alunos num ateliê de projeto desempenham papéis ativos na execução dos projetos, colaborando entre si para a busca de conhecimentos e informações que serão atreladas aos questionamentos que eles mesmos trazem para os seus projetos. O professor, nesse contexto, torna-se apenas um facilitador e orientador, ao invés de uma figura autoritária, tendo como objetivo durante o processo de desenvolvimento do projeto do aluno citar caminhos, referências e informações que possam auxiliá-los na busca por solucionamentos dos problemas em seus projetos. O PRBL pode ser atrelado à metodologia BIM de maneira muito prática, em que os problemas da modelagem geram também a busca por solucionamento e, inclusive, busca por conhecimentos de utilização de ferramentas específicas dentro do software para gerar formas e objetos necessários para a construção virtual da edificação. Isso também gera pauta para discussões mais aprofundadas acerca de partido arquitetônico, aspectos visuais da edificação, e ainda novos problemas que poderão surgir a partir das análises de performance do modelo. O aluno, executando análises de performance (bioclimáticas, lumínicas, entre outras) da edificação, pode encontrar problemas de necessidade de melhorias técnicas no seu projeto que ocasionarão discussões em aula e novas orientações pelos professores. Obviamente, esses últimos devem estar preparados para esse tipo de orientação baseada nas dúvidas e questionamentos trazidos pelos alunos, algo que compreende uma mudança pouco significativa nos procedimentos que hoje são adotados nos ateliês de projeto, em que os professores já realizam esse tipo de orientação baseada na intenção e dúvidas dos estudantes (Olowa, Witt e Lill, 2020).

Quando um professor propõe um studio de projeto baseado no PRBL toda a problematização do projeto é passada para o aluno. Dependendo do nível de conhecimento deste, é importante que o professor faça uma introdução da problematização, de maneira breve, mas que dê substrato basal inicial para que os alunos sigam com o desenvolvimento do projeto. Dessa forma, de acordo com o nível de maturidade dos alunos nos cursos de arquitetura, os professores podem, na introdução de ateliês de projeto, apresentar briefings e outros instrumentos de definição de parâmetros para o projeto mais ou menos completos, para que os estudantes possam seguir para a etapa de problematização. Segundo o estudo *Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios* (Ashraf M. Soliman, 2017, p. 207) existem 4 fases, dentro do

sistema de ensino baseado em projetos, que fazem parte do mecanismo de desenvolvimento do pensamento projetual. Num primeiro momento, as fases são

[...] busca, análise, geração, teste e reflexão de problemas. A fase de busca de problemas é difícil de implementar em níveis de estudo mais baixos porque requer pensamento crítico. Os educadores frequentemente apresentam um problema de design para iniciantes e gradualmente transferem a responsabilidade de definir o problema de design para alunos de nível superior. Portanto, a fase de busca de problemas só é aplicável a estúdios de design avançados (ou seja, entre o quarto nível de estúdio de design e o nível de projeto de pós-graduação).

Ainda na ideia de reforço da importância do PRBL nas pesquisas atreladas à introdução do BIM nos ateliês de projeto, o estudo de Jin, Zou, Li, Piroozfar e Painting (2018, p. 1902) previamente citado afirma que

Estudos baseados em pedagogia BIM foram adotados em várias disciplinas de AEC, como arquitetura (Mathews, 2013), engenharia de construção (Kim, 2011) e engenharia civil (Ma et al., 2015). Estudos mais recentes baseados em educação BIM (por exemplo, Zhang et al., 2018) adotaram uma abordagem de aprendizagem baseada em equipe e baseada em projetos, enfatizando o processo de entrega do projeto.

O estudo de Nikolic, Castronovo e Leicht (2021, p. 2251), denominado *Teaching BIM as a collaborative information management process through a continuous improvement assessment lens: a case study* levanta a dificuldade no planejamento de uma entrega colaborativa de projeto em um contexto BIM. Os estudiosos afirmam que isso é um processo complexo, que considera o contexto do projeto, seu escopo e objetivos, requisitos e trocas de informações, recursos, tecnologias, entre outros, para realizar a entrega das informações solicitadas. Aprender a planejar tais processos com eficiência apresenta aos alunos uma série de desafios gerenciais.

A aprendizagem baseada em problemas e a aprendizagem experiencial foram reconhecidas como abordagens valiosas para imergir os alunos em cenários realistas para ensinar a complexidade e a natureza mal estruturada da colaboração habilitada pelo BIM.

No artigo *Teaching Parametricism as a standard skill for Architecture* (Arne Riekstins, 2018, p. 39), o autor apresenta a ideia de que atualmente o ensino de um software específico para alunos pode representar uma verdadeira cilada na formação curricular das universidades. O ensino e aprendizado de projetos baseado em problemas pode, inclusive, contribuir para gerar o questionamento para o aluno de qual seria a melhor ferramenta computacional para alcançar um determinado objetivo ou produto de projeto em que está focado. Portanto, ao invés de ensinar softwares nas universidades, com a adoção do PRBL, o

próprio aluno poderá buscar informações e orientação (com os professores) sobre quais instrumentos e ferramentas permitem a modelagem ou alcance de determinada solução de projeto.

Na educação arquitetônica do século XXI, não se trata de aprender um ou outro software específico, mas sim de entender o que pode ou precisa ser feito, seguido de encontrar maneiras de criar as ferramentas personalizadas apropriadas para resolver o problema.

Dentro da busca de um ambiente acadêmico mais colaborativo e integrativo do ponto de vista da interdisciplinaridade como forma de integrar a nova prática do mercado, mais colaborativo com o BIM, o PRBL também pode representar "um meio adequado, já que as habilidades dos discentes são desenvolvidas através da resolução de problemas, que promovem maior participação dos envolvidos." (Priscilla Elisa de Azevedo Basto e Alberto Casado Lordsleem Junior, 2016, p. 51).

Em reforço à ideia de que a colaboração efetiva trazida para o mercado da construção através do BIM pode ser mais facilmente abordada e refletida na universidade com a utilização do PRBL, o estudo *Implementación del aprendizaje basado en proyectos a través de la tecnología BIM* (Sánchez-Barroso, González-Domínguez, Badilla-Murillo, Aunió-Villa, García-Sanz-Calcedo, Carrasco-Amador e Canito-Lobo, 2020, p. 34) afirma que

Devido às exigências do cenário profissional atual, surge a necessidade de desenvolver habilidades transversais durante o estágio universitário que facilitem sua inserção laboral. Uma metodologia de ensino apropriada em engenharia é a aprendizagem baseada em projetos. A implementação através da metodologia BIM irá reforçar a aquisição destas competências transversais nos alunos.

Um outro estudo que defende o potencial do PRBL como técnica de melhoria nos processos de ensino e aprendizado de projeto pelos alunos, foi publicado por Mohammed Abdullatif Almulla (2020, p. 1), que diz

[...] a técnica PBL melhora o envolvimento dos alunos, permitindo o compartilhamento e a discussão de conhecimento e informações. Assim, a abordagem PBL é altamente recomendada para uso educacional pelos alunos e deve ser incentivada nas universidades.

O estudo previamente citado, *A Comparative Study of the Use of Building Information Modeling in Teaching Engineering Projects*, de Sanchez-Lite, Gonzalez, Zulueta e Sampaio (2020, p. 220047) também defende a utilização do PRBL como interface acadêmica para a implementação de BIM: "A literatura científica indica que a implementação

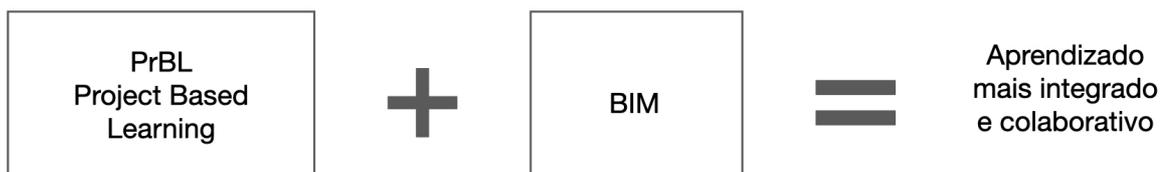
acadêmica do BIM se concentra na aprendizagem baseada em projetos [7], na aprendizagem de resolução de problemas [8] ou em abordagens multidisciplinares [9].”.

O artigo *BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular* (Batistello, Balzan e Pereira, 2019) aponta que na academia brasileira ainda existem poucos trabalhos de equipes multidisciplinares, o que, possivelmente, se mostra como a tarefa mais difícil e de maior resistência para a implementação do BIM nos cursos de arquitetura, engenharia e construção do país. Esse estudo brasileiro ainda afirma que

A interdisciplinaridade faz parte do conhecimento do arquiteto e urbanista, ou seja, a aplicação de diferentes conhecimentos em um só projeto. É especialmente neste sentido que a tecnologia BIM pode auxiliar. (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 7).

A pesquisa *A framework for building information modeling implementation in engineering education* (Botton, Forgues e Halin, 2018) confirma que a alternativa do PRBL como abordagem de ensino e aprendizado de projetos se mostrou bem-sucedida em diversos estudos e, portanto, pode representar um bom caminho para o sucesso da implementação de BIM nas universidades, para ensino de engenharia, arquitetura e outras disciplinas relacionadas à construção.

Apesar de diversos estudos, conforme apresentado acima, defenderem a utilização do PRBL nos currículos, o desafio é tão complexo que poucos estudos, ou praticamente nenhum, indicam como implementar o BIM de maneira efetiva e segura nas universidades usando esse instrumento. Todos os estudos se apresentam de forma muito superficial ou pontual, até mesmo as pesquisas e artigos mencionados na presente seção, que defendem a introdução do PRBL como abordagem didática. Esses artigos o fazem de maneira hipotética, sem estudos de caso ou desenvolvimento de *roadmaps* acerca da adoção desse mecanismo didático atrelado ao ensino com BIM.



* Necessidade de encontrar caminhos para essa conciliação

Figura 14 – PrBL como instrumento de alcance da colaboração em BIM na academia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.11.DE VOLTA AO ESSENCIAL

O advento das novas tecnologias digitais e que se projetarão para o futuro tem trazido também discussões acerca não apenas do aprendizado dessas tecnologias, mas das implicações que elas trazem no cotidiano e na formação profissional de arquitetos e outras disciplinas da construção. Uma das discussões pertinentes levantada pela revisão bibliográfica é que ao invés da preocupação no ensino e aprendizado dessas ferramentas sofisticadas, o ensino deve focar em conhecimentos essenciais que estão no plano de fundo e fundamentam o funcionamento dessas plataformas. É necessária a compreensão de ciências puras e básicas, tais como matemática e física, para a construção de um pensamento de algoritmos geradores de forma no design generativo e outras ferramentas computacionais que utilizam dessa metodologia, auxiliares às ferramentas BIM. Frente a essas afirmações, serão apresentados a seguir alguns argumentos que reforçam essa necessidade da atenção nas grades curriculares nos cursos de arquitetura e engenharia sobre as essencialidades.

Segundo Abrishami, Goulding, Rahimian e Ganah (2015), os projetos de construção estão cada vez mais complexos e envolvem, muitas vezes, novas formas de negócios e soluções tecnológicas que se alinhem melhor aos requisitos dos clientes. Dado o dinamismo dessas mudanças e o aumento na complexidade dos projetos, o setor da construção agora requer uma infinidade de profissionais, operacionais e equipes interdisciplinares recém-habilitadas para lidar com esses novos desafios. Ainda de acordo com os autores, a literatura

existente analisada por eles destacou a necessidade de novas habilidades em BIM e design computacional, entre elas a compreensão e trabalho com arquitetura algorítmica baseada no design generativo e paramétrico - capazes de fornecer técnicas para explorar e gerar soluções de projeto. Frente à essa colocação, de que é preciso preparar uma nova mão-de-obra para o mercado da construção nas disciplinas de projeto, visando a atuação em design generativo e paramétrico, é importante compreender quais conhecimentos basais fomentarão a compreensão desses novos profissionais da utilização dessas ferramentas e do solucionamento dos desafios que as mesmas trazem.

Ainda sobre o rebatimento de novas tecnologias paramétricas no desenvolvimento de projetos e, conseqüentemente, no ensino e aprendizado de projeto, um outro estudo, previamente citado, denominado *Teaching Parametricism as a standard skill for Architecture* (Arne Riekstins, 2018) aponta que a necessidade tradicional de codificação para criar design paramétrico é algo que se tornou bastante obsoleto com o advento de linguagens de programação visual para a maioria dos arquitetos da geração mais jovem, estudando em todo o mundo. Isso levanta a questão de como implementar conhecimento paramétrico no fluxo de trabalho de uma abordagem de projeto clássica e faz repensar a forma como esses conceitos são apresentados no ensino universitário da arquitetura. Um caminho proposto pelo autor para o solucionamento do dilema apresentado acima é trazer para a grade de ensino o conhecimento sobre assuntos como integridade estrutural, tolerância de materiais, otimização de fabricação, questões de sustentabilidade, entre outras - citando algumas das áreas em que se encontra, frequentemente, maior potencial de erros quando os novos sistemas são utilizados. Ou seja, a necessidade da compreensão de fundamentos essenciais de materiais, integridade estrutural e do comportamento desses materiais do ponto de vista físico e matemático, é fundamental para que os alunos entendam como manipular as ferramentas para produção de soluções factíveis e capazes de acrescentar em qualidade de projeto e do ambiente construído.

Riekstins (2018, p. 35) exemplifica que soluções paramétricas aparentemente avançadas ou complexas podem ser estruturadas num fundamento matemático básico, o que pode contribuir para o campo da arquitetura. Num exemplo dado pelo autor, algumas soluções de projetos paramétricos são realizadas

[...] usando inúmeras operações aplicadas a curvas e outras configurações paramétricas que possuem iterações matemáticas extremamente elementares ou

distorções aplicadas a primitivas geométricas simples. Esse tipo de simplicidade no processo de projeto com a ajuda da computação pode ser visto como uma característica positiva, pois para muitos ainda é criticado como negativo e insalubre para a qualidade da arquitetura.

Ainda nesse estudo, o autor se baseia na experiência de alguns anos de ensino de design paramétrico em uma disciplina denominada *Morphology*. Trata-se de um estudo de desenvolvimento de morfologia não atrelada à disciplina de projetos, ou seja, os alunos estudam, em disciplina isolada, a compreensão da morfologia e da utilização do design paramétrico para geração de formas, sem conectar esse conhecimento a um ateliê de projeto de solução de *briefing* de arquitetura. Em sua observação ao longo dos anos, Riekstins (2018) aponta que o conhecimento mais essencial para desenvolvimento da disciplina, sob a ótica do aprendizado dos alunos, são os conhecimentos basais de geometria descritiva, geometria analítica e matemática. Sendo assim, esse ateliê de morfologia é desenvolvido com estudantes que não possuem conhecimento preliminar em CAD, mas que já tiveram um primeiro semestre de fundamentação de arquitetura em que aprenderam composta, desenho analítico, geometria descritiva, matemática, as introduções culturais e de outras tecnologias construtivas atreladas ao curso de arquitetura. Os alunos, portanto, passaram apenas por um ciclo básico de introdução arquitetônica e de disciplinas fundamentais. Com esse embasamento, mesmo sem conhecimento na metodologia CAD, é possível realizar a disciplina e obter êxito dos alunos nos trabalhos. Essa disciplina de morfologia abrange um grande espectro de tópicos teóricos relacionados à modelagem digital e a programação de geometria no computador, concentrando tudo que está relacionado à utilização de geometrias básicas na modelagem 3D, com várias soluções e formas de fazer modelagem de superfícies e possíveis agregações nos designs das construções tridimensionais, a fim de que os alunos compreendam topologia, parametricismo e fabricação programada computacionalmente. Esse, portanto, é um curso suplementar que foca na formação do aluno no uso de tecnologias digitais para criação e possibilidade produção de produtos digitais.

Em reforço ao que foi apresentado acima, o estudo de Naglaa Ali Megahed (2013, p. 567) aponta que

Recentemente, os avanços tecnológicos transformaram a matemática em uma ferramenta criativa que pode auxiliar os arquitetos no projeto dos espaços multidimensionais e virtuais por meio de diversos tipos de softwares de desenho e modelagem [Burry 2007; Burry e Burry 2010].

A autora ainda frisa que

[...] a matemática ainda desempenha um papel diferenciado ao fornecer uma linguagem comum compartilhada por todos os campos, olhando o universo com um novo ponto de vista, pensando no espaço n-dimensional com pensamento algorítmico e permitindo flexibilidade no processo de design [Gönenç Sorguç 2005].

Megahed (2013) também levanta que a modelagem paramétrica surgiu na década de 60, mas só agora está sendo explorada de forma plena pelos arquitetos (dado aos avanços da capacidade computacional ocorridos nas últimas décadas). Cada aspecto de uma edificação pode ser modelado, desde sua física até a aparência. Modelos paramétricos permitem a alteração de algumas das características geométricas, enquanto outras se mantêm fixas. Com o uso de computadores, ferramentas digitais avançadas podem analisar e integrar grande variedade de restrições (estruturadas num algoritmo) para encontrar boas soluções baseadas em linguagens matemáticas complexas (com interface de criação simplificada), permitindo a criação de modelos inovadores. "Embora os estudantes de arquitetura possam achar a interação com a matemática com um pouco de preocupação, a matemática é de fato um código universal que todas as disciplinas podem usar." (Megahed, 2013, p. 573).

No estudo, a autora apresenta uma matriz didática de introdução de conteúdos matemáticos nas grades curriculares de arquitetura e engenharia. Essa matriz é baseada na análise do ensino de arquitetura no Egito. Entretanto, pode servir como referencial para o pensamento da reformulação de grades curriculares em todo o mundo, inclusive no Brasil. Alguns conhecimentos apresentados nessa matriz já fazem parte da estrutura curricular dos cursos de arquitetura brasileiros, porém com disciplinas nomeadas de forma diferente ou com conteúdos similares introduzidos em disciplinas não claramente voltadas para o campo da matemática. O ensino de perspectiva, balanço, simetria, harmonia, entre outras questões relacionadas à matemática já são ensinadas nos cursos, precisando apenas verificar quais desses conteúdos podem ser acrescentados e em quais disciplinas das grades existentes atualmente podem ser incluídos. A seguir, apresentamos a tabela indicando essa matriz do ensino de matemática nos cursos de arquitetura apresentada pela autora.

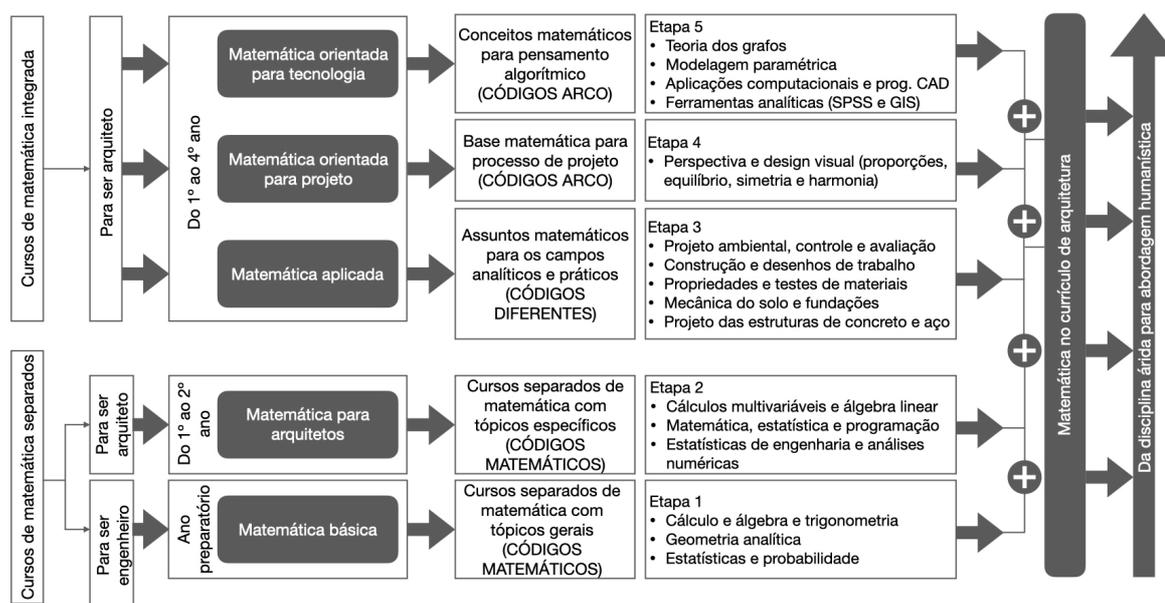


Figura 15 – “Educação arquitetônica baseada em matemática nas faculdades de engenharia no Egito”.

Fonte: Traduzido pelo autor (2022), retirada do artigo Towards Math-Based Architectural Education in Egyptian Engineering Faculties (MEGAHED, Naglaa Ali, 2013)

Essa matriz, basicamente, introduz o pensamento do algoritmo e de elucbrações matemáticas baseadas em geometria analítica para dentro do campo da arquitetura, fazendo um link posterior com a interação das novas ferramentas computacionais paramétricas e os alunos. Diversos conhecimentos já estão presentes nos cursos e outros precisam ser incrementados para dar sustentação a essas novas tecnologias digitais. Vale lembrar que o conhecimento basal matemático apresentado na matriz acima pode significar algo muito mais libertador do pensamento criativo dos alunos do que o ensino específico de ferramentas computacionais, tendo em vista que o solucionamento de problemas de projeto com a utilização dessas ferramentas pode fazer com que os alunos busquem conhecimento sobre as mesmas por conta própria ou em outros cursos eletivos/extra-curriculares que não integram a matriz principal. Já o ensino de matemática como fundamentação pode ser um contributo original na formação da nova geração de arquitetos e engenheiros que irão lidar com tecnologias digitais de parametrização avançada.

Não há dúvidas de que a educação matemática pode produzir resultados positivos em estudantes de arquitetura. Isso aumentará suas capacidades para entender ideias complexas e prepará-los para resolver problemas práticos em design. (Megahed, 2013, p. 577).

A revisão bibliográfica aponta para um potencial caminho de introdução mais aprofundada dos conhecimentos de matemática ou de um resgate mais aprofundado dos conhecimentos de matemática como itens das disciplinas de fundamentação dos cursos de arquitetura e urbanismo. Esse tipo de sugestão é realizada de maneira isolada, por estudiosos dos campos de desenho e modelagem paramétrica, entretanto, essa visão parece pertinente, conforme dito acima, pela razão de que é mais importante ensinar os fundamentos básicos por trás das ferramentas do que de fato ensinar as ferramentas aos alunos. O foco da instrumentação deve ser os alunos possuírem os conhecimentos fundamentais para aplicação nessas ferramentas computacionais, como instrumento para desenvolvimento de projetos e interface em seus processo de criação e geração de formas cada vez mais inovadoras, potencializadas por instrumentos digitais que hoje fazem parte do universo da arquitetura.

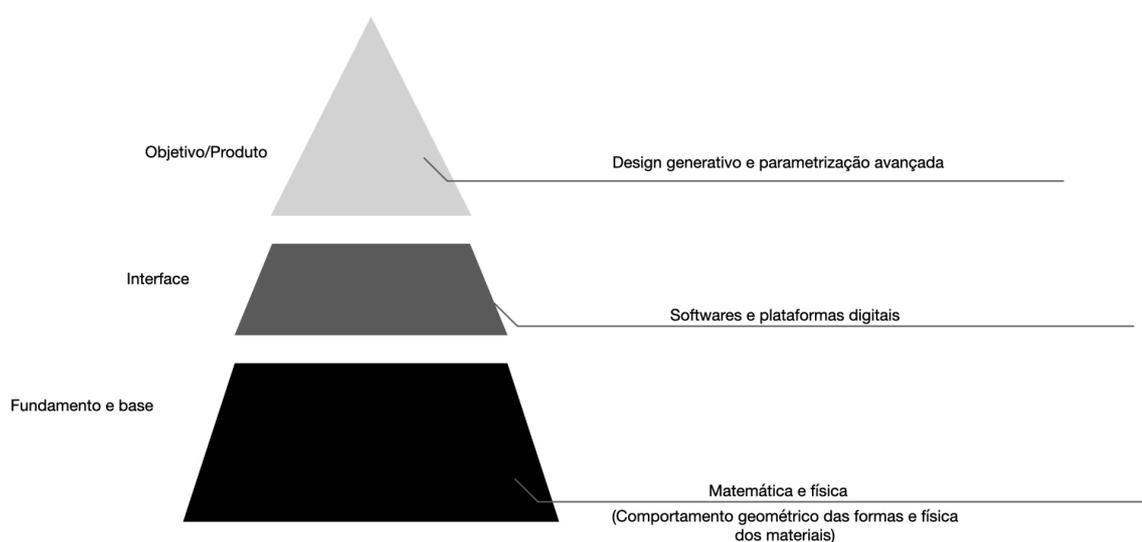


Figura 16 – Pirâmide de conhecimentos atrelados à parametrização avançada.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

4.12. O ARQUITETO GENERALISTA

É importante também que a presente pesquisa doutoral preconiza as diretrizes curriculares para os cursos de arquitetura e urbanismo brasileiros estabelecidos pelo MEC (Ministério da Educação). A compreensão dessas diretrizes é importante para que conclusões relacionadas à proposições de alterações curriculares estejam compatíveis com o que é orientado, de forma nacional pelo órgão, para a composição dos currículos de arquitetura e urbanismo. A formação do arquiteto e urbanista no Brasil é generalista e visa formar um

profissional apto ao desenvolvimento de todos os papéis do arquiteto urbanista na produção do ambiente construído, seja ele na esfera de edificações ou na esfera urbana.

No estudo de Batistello, Balzan e Pereira (2019), intitulado *BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular*, uma ampla análise é feita pelas autoras sobre a inter-relação que deve existir entre a introdução do BIM nos currículos e as diretrizes do MEC. No artigo, é informado que, atualmente, no Brasil é preconizada a formação de um profissional generalista e os conteúdos mínimos para a formação do arquiteto e urbanista são definidos pelas diretrizes curriculares nacionais e pela Lei 12378/2010 (BRASIL, 2010a) que regulamenta o exercício da arquitetura e urbanismo no país. Dada essa formação generalista, inúmeras competências, de diversos campos, são exigidas na formação em arquitetura e urbanismo, desde campos do conhecimento de exatas até as ciências sociais e ciências humanas. Os cursos de arquitetura e urbanismo no Brasil agregam conhecimentos antropológicos, sociais, econômicos, ambientais, artísticos, construtivos, tecnológicos, estruturais, gráficos, entre outros.

Para serem efetivos nas áreas de atuação projetuais, os acadêmicos e futuros profissionais precisam dominar as habilidades para adentrarem ao mercado de trabalho com o perfil generalista almejado pelas DCNs. (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 4).

No artigo, as autoras apresentam os principais direcionamentos apresentados para o ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil, retirados das diretrizes curriculares nacionais. Apresentam, também, as principais atribuições dos arquitetos e urbanistas no país, com base na Lei 12378/2010 (BRASIL, 2010a). Segundo o levantamento das diretrizes curriculares nacionais feito pelas autoras, a formação do arquiteto urbanista deve contemplar conteúdos para ampla qualificação em desenvolvimento de projetos de arquitetura, paisagismo e urbanismo. Deve também garantir uma formação que capacita os alunos para desenhos e meios de representação gráfica, estética e história das artes, estudos sociais e econômicos, estudos ambientais, teoria e história da arquitetura, do urbanismo e do paisagismo, topografia, sistemas estruturais, técnicas retrospectivas e, segundo o MEC, a conclusão do curso fica condicionada à realização de estágio supervisionado e o trabalho final de graduação. Já a lei de 2010, acima mencionada, que regulamenta o exercício do arquiteto urbanista no Brasil, diz que o arquiteto deverá ser formado capacitado para desenvolvimento de projetos de arquitetura, paisagismo, urbanismo e interiores, para além de possuir capacitação suficiente

para atuação no campo do meio ambiente e estudo de avaliação dos impactos ambientais, topografia e interpretação de levantamentos topográficos, tecnologia e resistência dos materiais e, por último, projetos de patrimônio histórico, cultural e artístico.

Dentro das diretrizes acima apresentadas, é fácil perceber que, de todos os itens citados, apenas o campo de disciplinas relacionadas à história da arquitetura e do urbanismo e à compreensão dos fatores sociais, econômicos e sócio-espaciais não estão diretamente ligados à adoção do BIM nas universidades. Todos os outros campos de atuação e áreas de aprendizagem podem ter o BIM com interface no processo de ensino e aprendizado de projeto. Também é percebido, dada a generalidade dessas diretrizes, que o BIM se mostraria apenas como interface, inclusive buscando não causar nenhuma alteração nesse conjunto de possíveis atuações profissionais. Ou seja, aparentemente, o BIM não deve ocasionar uma mudança curricular de grande impacto que influencie ou altere a atuação do profissional dentro das diretrizes já estabelecidas nacionalmente. Ele apenas deve ser visto como um instrumento de ensino e aprendizado que agregue e prepare melhor os alunos para atuação nas atividades supracitadas dentro da nova realidade do mercado, que cada vez mais adota o BIM como metodologia de trabalho integrada.

[...] apenas três competências preconizadas pelas DCNs não são complementadas a partir da integração de conteúdos utilizando a ferramenta BIM, que são: conhecimento dos aspectos antropológicos, sociológicos e econômicos relevantes em todo o espectro de necessidades, aspirações e expectativas individuais e coletivas quanto ao ambiente construído; os conhecimentos de estética e história das artes; e teoria e história da arquitetura, urbanismo e paisagismo. Neste caso, apesar de ser possível a discussão destes aspectos em várias áreas do conhecimento, não se considera a ferramenta BIM como facilitador da integração dos mesmos. (Batistello, Balzan e Pereira, 2019, p. 9).

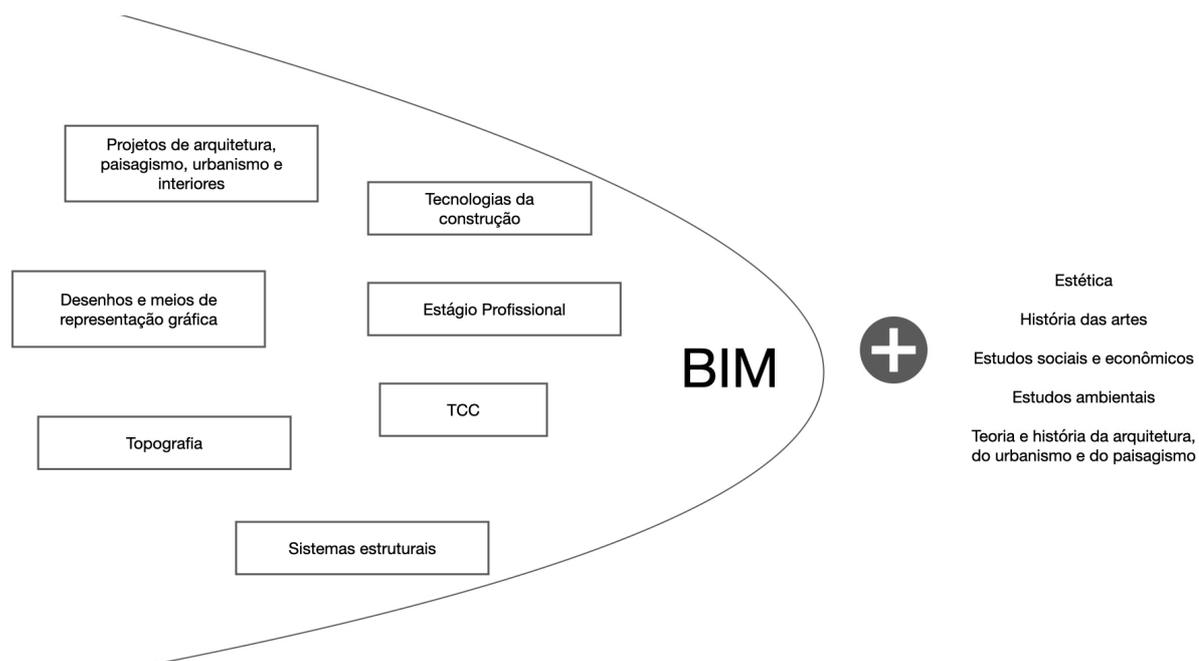


Figura 17 – Conhecimentos acadêmicos impactados e não impactados pelo BIM.
Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5. ENTREVISTAS

As reuniões com os entrevistados aconteceram no período de Julho de 2021 a Fevereiro de 2022 através de reuniões online na plataforma de comunicação virtual Zoom e foram realizadas individualmente com cada um dos entrevistados. Cada conversa foi gravada para facilitar a transcrição, na íntegra, das falas de cada entrevistado. As transcrições completas das entrevistas foram compiladas em um livro a parte da presente tese denominado CADERNO DE ENTREVISTAS. A leitura da transcrição integral das entrevistas compiladas no caderno permitiu o levantamento de assuntos e citações que embasaram as discussões apresentadas no subitem de apuração das entrevistas (5.4). Conforme explicado no capítulo de metodologia, essas citações foram organizadas em tabela e categorizadas em oito eixos de discussão diferentes. Serão apresentados a seguir, dentro deste capítulo, a estrutura de roteiro que embasou o diálogo com os entrevistados, o perfil geral dos entrevistados relacionados à vida empresarial de projetos e dos relacionados à vida acadêmica de ensino e aprendizado de projeto. Após a apresentação desses três sub-itens, será apresentada a apuração das entrevistas com base nos oito eixos temáticos mencionados previamente.

5.1. ROTEIRO

Foi criado um roteiro para a realização das entrevistas, estruturado em grupos de perguntas. Cada grupo é relacionado a um conjunto de percepções e informações específicas acerca da implementação da metodologia BIM no dia-a-dia dos entrevistados. Veremos a seguir cada um desses tópicos principais norteadores das entrevistas, para compreensão do papel e da importância do levantamento de dados contidos em cada um deles. A execução das entrevistas seguiu o instrumento acadêmico de entrevista semi-estruturada tendo como entrevistador em todas as reuniões o doutorando autor da presente tese.

Apesar de ter sido criado apenas um modelo de roteiro para ser aplicado para os dois perfis de entrevistados - sendo eles professores integrados a academia com experiência na produção de projetos e empresários que atuam diretamente no mercado da produção de projetos em suas empresas; a estrutura do modelo foi elaborada com grupos mais voltados para cada um dos perfis. O roteiro se inicia nomeando o entrevistado e em seguida definindo se a área de atuação desse entrevistado é a acadêmica/docência, empresarial/projetos ou

ambos. Em caso de ambos, todos os agrupamentos de perguntas se aplicam ao entrevistado. Caso o perfil seja acadêmico, apenas os temas abordados a partir do grupo V em diante e, no caso de perfil empresarial, os temas abordados se encontram nos grupos I a IV e VIII. O grupo VIII, como será explicado a seguir, relaciona-se com elucubrações futuras acerca do mercado e do ensino de BIM de maneira mais ampla, dessa forma se faz interessante conhecer a percepção dos dois grupos de profissionais.

Antes das perguntas direcionadas aos profissionais, todos os entrevistados foram encorajados a apresentar, de maneira sucinta, um mini-currículo de sua trajetória. Cada um narrou a evolução de sua carreira, de forma a gerar um registro mais pessoal e livre sobre o seu desenvolvimento profissional, sua relação com a academia e com o universo empresarial e a forma como absorveu as migrações tecnológicas e avanços a partir da adoção de tecnologias digitais no campo do exercício profissional de cada um. É importante ressaltar que se tratam de profissionais selecionados a partir de critérios de experiência e de relevância de sua atuação no mercado, com trajetória longa de atuação no mercado e percepções que podem contribuir, de fato, para a pesquisa. Para melhor compreensão dos critérios que levaram a escolha de cada um dos entrevistados, observar a tabela resumo (Anexo B), apresentando a justificativa da participação de cada um. Além de justificar a relevância da participação de cada profissional e importância de entrevistá-los, também apresenta cada um, suas respectivas empresas, atividades que exercem e a data de realização da entrevista. Durante a realização da entrevista, o entrevistado era arguido sobre as perguntas contidas em cada um dos grupos temáticos de maneira leve, sem que fosse necessário fazer cada uma das perguntas. Mas as perguntas - que não eram visualizadas pelo entrevistado, serviam para que o entrevistador pudesse conduzir o diálogo de forma mais fluida, com maior participação do profissional entrevistado, sem restringir as respostas a perguntas específicas. Observou-se ao longo da realização das entrevistas que esse sistema de construção de grupos de perguntas, em que os entrevistados não tinham acesso à elas, funcionou muito bem, uma vez que, por se tratar de uma condução de entrevista semi-estruturada que busca compreender a percepção da pessoa acerca de determinados fatores relacionados a tecnologia, seria muito difícil obter os resultados esperados a partir de perguntas objetivas. Da forma que foi conduzida a entrevista, o entrevistado tinha liberdade para falar sobre o assunto e as perguntas eram apenas um norteador para o entrevistador conduzir a entrevista e o diálogo.

Após percorrer todo o roteiro da entrevista, perpassando por todos os grupos de perguntas pertinentes àquele perfil profissional, a entrevista era concluída agradecendo o entrevistado pela participação e relevância de sua contribuição para a pesquisa doutoral. Uma vez encerradas, foi realizada a transcrição de cada uma na íntegra, suprimindo as perguntas realizadas pelo entrevistador, criando um texto corrido da fala do entrevistado. A partir dessas falas dos entrevistados foi possível realizar as análises sobre as entrevistas e elencar as principais visões, proposições e críticas apresentadas por eles para compor as discussões apresentadas a partir do item 6.4.1 deste capítulo.

Para entender a metodologia de realização das entrevistas e a estrutura básica dos roteiros que nortearam o diálogo com os entrevistados, é importante compreender quais foram os grupos de perguntas e conteúdos aplicados a cada um dos dois perfis de participantes - empresários e professores. A seguir, serão apresentados os grupos temáticos de perguntas conforme o perfil profissional a qual se aplicava.

6. EMPRESÁRIOS

A realização das entrevistas com os empresários teve, por objetivo central, coletar a percepção das lideranças empresariais do setor de projetos sobre o processo de implementação da metodologia BIM nas suas empresas e compreender como era o processo de projeto antes e após essa implementação. Para desenvolvimento dos diálogos com os entrevistados, também foi levada em conta a importância de levantar os ganhos e benefícios percebidos com a adoção da metodologia pelas empresas, assim como os desafios e impasses encontrados para a implementação de BIM. Frente a experiência do empresário com o processo de implementação da metodologia BIM em sua empresa, buscou-se levantar sua percepção do mercado presente e futuro acerca da adoção de novas metodologias de trabalho e das novas tecnologias digitais consequentes, tais como BIM, design generativo e parametrização avançada. Ao fim das entrevistas, cada entrevistado foi questionado e incentivado a falar sobre suas elucubrações futuras acerca do desenvolvimento BIM no Brasil e no mundo, para que fosse possível identificar os caminhos de mercado que o empresário, na atualidade, consegue enxergar a partir do panorama de desenvolvimento tecnológico e digital presente em sua área profissional para o futuro.

Para que essa extração de dados acontecesse de maneira estruturada e facilitasse a interação e análise dos dados, foram utilizados grupos de condução das perguntas da entrevista com os empresários explicados a seguir.

Num segundo momento da entrevista - após a realização de uma breve introdução curricular do empresário, as perguntas se iniciavam efetivamente, utilizando o grupo I - Relato do processo de implementação de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto. Nesse grupo, o principal propósito era transcrever a experiência vivencial dos empresários de projeto sobre a adoção da metodologia BIM. Era importante nesse momento entender, do ponto de vista do entrevistado, como foi a maturação do processo de implementação de BIM na empresa e extrair informações sobre o antes, o durante e o depois. Para isso, a primeira pergunta buscava entender sobre como era a prática tradicional de projetos na empresa antes da introdução da metodologia BIM. Dando sequência, foram realizadas perguntas sobre como se despertou o interesse pela metodologia BIM dentro da empresa e quais os agentes que levantaram a vontade de fazer essa migração. Após, questionou-se como aconteceu o processo de implementação de BIM na empresa, os passos e etapas tomados, os elementos e pessoas chaves no desenvolvimento desse processo, os processos internos alterados, as maiores transformações que aconteceram na empresa para que acontecesse a migração da metodologia CAD para metodologia BIM e como acontece, hoje, o processo de desenvolvimento de projetos. Dessa forma, o empresário iniciou a narrativa contando sobre como era o processo anterior de projetos na empresa, mostrou as principais motivações que levaram a implementação de BIM, as principais ferramentas, pessoas e processos que precisaram ser transformados para que o BIM pudesse ser implementado na empresa e, por fim, explica e define como é o processo de realização de projetos da empresa atualmente - após a implementação do BIM.

Após narrada toda a experiência vivencial de transformação da empresa com a migração de CAD para BIM, é possível motivar a fala do empresário de forma a descrever e elencar quais os principais benefícios trazidos para empresa pela implementação de BIM e os ganhos que a metodologia trouxe para o exercício e prática de desenvolvimento de projeto, através do grupo II - Identificação de ganhos e benefícios na adoção de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto. Nessa etapa, o empresário foi motivado a explicar se houveram ganhos na produção, no desenvolvimento de novos produtos que puderam ser ofertados, se a

entrega de projeto e de material para o cliente teve algum ganho. Também nessa etapa foram abordadas perguntas a respeito dos ganhos do ponto de vista de recursos humanos, de otimização de pessoas e equipes, sobre quais processos ganharam eficiência, efetividade e segurança, e sobre os avanços tecnológicos e melhorias na agilidade do uso de ferramentas na empresa. O principal objetivo desse segundo grupo era obter e elencar os principais ganhos trazidos pela metodologia BIM para a empresa.

No terceiro grupo de perguntas (Grupo III - Identificação de desafios e impasses na adoção de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto), o empresário foi motivado a falar sobre os aspectos opostos ao do grupo anterior. Foram feitas perguntas acerca dos desafios e impasses identificados durante e após a implementação de BIM na empresa. As primeiras questões buscam entender quais os principais desafios trazidos pela implementação de BIM, no âmbito endógeno da empresa através do exercício de projeto no dia-a-dia e no âmbito exógeno através dos produtos/serviços entregues aos clientes. Em seguida, as perguntas se direcionam para as perdas identificadas em relação às pessoas, em relação às tecnologias e em relação aos processos de projeto.

Após a compreensão holística de todo o desenvolvimento de implementação de BIM na empresa, desde a prática tradicional de projeto até a adoção da metodologia, passando pelos ganhos e impasses percebidos na adoção da metodologia, o quarto grupo de perguntas focou em entender a percepção do empresário sobre o mercado da produção de projetos frente a adoção da metodologia BIM, tanto por sua empresa quanto por empresas parceiras e concorrentes dentro da área de atuação desse empresário. No grupo IV - Percepção de mercado frente a adoção de BIM, as perguntas iniciais direcionavam o entrevistado para falar sobre sua visão sobre o custo-benefício de se trabalhar com a metodologia BIM e sua avaliação acerca da percepção dos clientes sobre as vantagens de ter um projeto desenvolvido na metodologia BIM. Em seguida, as perguntas se voltam para a percepção a respeito da mão de obra presente hoje no mercado de trabalho para atuar nas empresas com a metodologia BIM como processo principal norteador do desenvolvimento de projetos. O entrevistado foi questionado sobre suas percepções sobre a qualidade e qualificação da mão de obra para atuar com BIM e quais são as formações principais que esse empresário identifica como necessárias que essa mão de obra possua para exercer as funções de desenvolvimento de projeto vinculadas ao BIM. Também foi solicitado que falasse sobre os aspectos que acredita ainda

precisar de melhora no mercado e no ambiente corporativo de desenvolvimento de projetos no Brasil de forma que a implementação e funcionamento da prática de projetos em BIM seja ainda mais efetiva e, por fim, sobre o papel das universidades nesse ecossistema e qual a importância da universidade para a formação da mão de obra que irá atuar no mercado da construção civil, concernente - como é o enfoque desta pesquisa; às práticas de projeto e gerenciamento BIM da construção.

Em seguida, após falar sobre sua percepção da atualidade do BIM no Brasil, nas primeiras perguntas do grupo VIII - Sugestões e elucubrações futuras para o desenvolvimento de BIM no Brasil - mercado e universidades, o empresário foi convidado a discursar, de forma livre, sobre sua visão de futuro, a médio e longo prazo, acerca do BIM no Brasil. A abordagem foi feita no âmbito do mercado de projetos e da construção civil, tendo em vista a transformação ocorrida na última década com a implementação de BIM nas empresas de projetos prediais e a evolução nas próximas décadas dessa e de outras tecnologias futuras, e também acerca do ensino e aprendizado de projetos no Brasil frente à essas mudanças que vem acontecendo no mercado da construção. Num segundo momento, foi solicitado que apontasse quem acredita ser os principais agentes protagonistas das mudanças, que irão trazer ainda mais avanços para o futuro do setor da construção civil. Por fim, a última pergunta leva o entrevistado a explicar, livremente, sobre suas principais sugestões de melhorias e mudanças que o mercado da construção civil brasileiro precisa sofrer no futuro para uma melhor utilização da metodologia BIM no país.

7. PROFESSORES

A realização das entrevistas com os professores teve, por objetivo central, coletar a percepção desses profissionais envolvidos no ensino e no aprendizado de projeto sobre a evolução da introdução das tecnologias digitais dentro da universidade, desde o desligamento da prancheta para introdução de CAD e outras ferramentas análogas até a migração do CAD para BIM. O mais importante de se obter nesse diálogo com os professores foi a compreensão de como, na percepção deles, esses processos ocorreram e a forma que impactaram e transformaram (se transformaram) o ensino e o aprendizado de projeto no Brasil nos últimos anos. Foram também levantados os principais ganhos, benefícios, desafios e impasses da

introdução das tecnologias digitais nos processos de projeto no ambiente acadêmico, para a didática e para a compreensão do aluno sobre o exercício de projeção. Ao final das entrevistas, cada professor foi questionado e incentivado a falar sobre suas elucubrações futuras acerca do desenvolvimento do BIM no Brasil e no mundo, para que fosse possível identificar os caminhos vislumbrados por eles acerca do mercado de trabalho atrelado ao exercício de projeto e a formação do ambiente acadêmico favorável ao ensino e aprendizado de projeto frente à incorporação das novas tecnologias digitais.

Na sequência da breve narrativa de sua trajetória profissional e acadêmica, no grupo V - Relato do processo de implementação de BIM na universidade e no ensino de projeto, o professor foi levado a explicar como era o processo de ensino e aprendizado de projeto na universidade com a prática tradicional (desenho à mão e ferramentas CAD) de projeto, ou seja, antes da adoção da metodologia BIM. Após a obtenção de um panorama da forma como acontecia o ensino e a prática tradicional de projetos reconhecida por esse professor, outras perguntas levavam o profissional a explicar como e quando, em sua percepção, começou e aconteceu o processo de implementação de BIM no mercado e a absorção e utilização dos softwares e da tecnologia BIM por parte dos alunos, para desenvolvimento de projetos. Em seguida, o professor era questionado acerca de sua percepção qualitativa da performance dos alunos no desenvolvimento de projetos e como ele avalia a formação dos alunos para o processo de desenvolvimento de projetos antes e após a implementação da metodologia BIM.

O propósito do grupo VI - Identificação de ganhos e benefícios na adoção de BIM na universidade e no ensino de projeto - foi elencar os ganhos e benefícios percebidos pelos professores, dentro da universidade, tendo como principal ponto de vista o aprendizado de projetos e o raciocínio lógico/criativo envolvido no exercício de projeção. Para tal, o professor é questionado acerca dos ganhos efetivos no ensino e aprendizado de projeto (prática projetual) no ambiente acadêmico, percebidos após a adoção da metodologia BIM. Também é solicitado que aponte quais os ganhos no desenvolvimento e aprendizado dos alunos na universidade, acerca da prática projetual, eram atribuídos exclusivamente à entrada de novas tecnologias digitais da informação no meio acadêmico.

Assim como no grupo anterior os professores foram questionado acerca dos ganhos e benefícios percebidos no ensino e aprendizado e de projeto frente à adoção de novas tecnologias digitais da informação, o mesmo foi feito do ponto de vista oposto no grupo VII -

Identificação de desafios e impasses na adoção de BIM na universidade e no ensino de projeto. Os profissionais foram levados a apontar quais foram os desafios e impasses encontrados para o ensino e aprendizado de projeto (prática projetual) na universidade. Também foi solicitado que apontassem as perdas de desenvolvimento e aprendizado percebidas pelos professores nos alunos, atribuídas exclusivamente à inserção das novas tecnologias digitais da informação no ensino e aprendizado de projeto. O propósito desse grupo, portanto, era obter informações sobre as perdas da qualidade de ensino e de aprendizado de projeto, principalmente dos pontos percebido pelos professores como sendo restritivos para a aprendizagem dos alunos e as perdas que podem ter sofrido na percepção e no exercício de projeção, frente à adoção de novas tecnologias digitais de informação aplicadas aos processos de projeto.

Da mesma forma que foi aplicado aos empresários, a intenção das perguntas contidas no grupo VIII - Sugestões e elucubrações futuras para o desenvolvimento de BIM no Brasil - mercado e universidades, ao serem direcionadas para o professores, foi levantar sua percepção sobre o futuro do ensino e de aprendizado de projetos, frente ao futuro do mercado da construção, dada a adoção das novas tecnologias digitais de projeto da atualidade e outras tecnologias futuras. As primeiras perguntas procuram entender como os professores enxergam o ensino e aprendizado de projetos no Brasil a médio e longo prazo e também como enxergam o mercado da construção a médio e longo prazo. Em seguida, eram questionados sobre quem acreditam ser os principais agentes protagonistas das mudanças que farão acontecer o desenvolvimento de projetos e do mercado da construção civil brasileira, tendo em vista o objetivo de identificar o perfil profissional visto por esses professores como o essencial para as novas transformações e melhorias no mercado. Ao obter algumas características do perfil desse profissional, pretende-se alcançar um dos objetivos da presente pesquisa doutoral, que é levantar aspectos fundamentais para a formação dos profissionais de projeto das gerações futuras. Por fim, os professores eram induzidos a sugerir melhorias e mudanças no mercado da construção para que aconteça o desenvolvimento, a longo prazo, da metodologia BIM de forma plena e sustentável no país. Essa última pergunta objetiva levantar características que precisam ser melhoradas para que o currículo dos profissionais a serem formados alcance a qualificações capazes de suprir as necessidades futuras do mercado.

8. APURAÇÃO

Antes de seguir com a apuração das principais discussões que despontaram das entrevistas, será apresentado um esquema síntese da percepção temporal pelos entrevistados de como as tecnologias digitais de projeto foram sendo introduzidas e evoluíram ao longo dos anos no Brasil. Foi percebido, de maneira consensual pelos dois perfis de entrevistados, que a introdução da metodologia CAD no mercado aconteceu a partir do fim dos anos 90. Ainda hoje, o uso do CAD se faz paralelo à introdução da metodologia BIM, entretanto vem perdendo força a cada ano que se passa, à medida que o BIM ganha mais força. Até o fim dos anos 90 todos os empresários relatam que a prática tradicional de projeto existente era a prática da prancheta e, depois, no fim dos anos 90, veio a introdução de CAD no mercado. A academia demorou um pouco mais para absorver o CAD, na percepção dos entrevistados, dado que os professores de projeto presentes na academia naquele momento não tinham experiência e conhecimento da tecnologia para ensinar sobre ela. Iniciavam-se as primeiras pesquisas e primeiros laboratórios de computação gráfica aplicada a projeto dentro da universidade, mas o ensino e aprendizado de projeto ainda era muito voltado para o papel e o desenho à mão. Mesmo quando os primeiros alunos começaram a trazer projetos desenvolvidos em CAD, eles precisavam levar o projeto impresso para que o professor pudesse fazer a análise crítica e realizar a orientação de projeto. Ou seja, embora o CAD estivesse ganhando mercado e alguns alunos já iniciavam o trabalho com a metodologia, os professores ainda faziam todo o processo de ensino e aprendizado de projeto baseado no papel, que era aberto sobre a prancheta para análise, observações e correções do projeto.

Na segunda metade da segunda década dos anos 2000, aproximadamente no ano de 2015, a metodologia BIM ganha maior abordagem no Brasil, sobretudo com a iniciativa do mercado empresarial que levantou às discussões sobre a necessidade de implementar essa nova metodologia no mercado brasileiro, visto os ganhos trazidos por sua implementação em outros países. Na academia, entretanto, o mesmo fenômeno ocorrido com o CAD se observou. A prática de ensino e aprendizado de projeto se manteve muito próxima da tradicional, em que os professores, apesar de adaptados ao CAD e aptos a analisar os projetos dos alunos na tela do computador, ainda não incorporaram uma compreensão ampla da metodologia BIM no ensino e aprendizado de projeto. Entretanto, a utilização de computadores como instrumento

de análise, observação, crítica e realização de testes na modelagem de projetos junto aos professores no exercício de orientação de projeto, tem sido cada vez mais recorrente na universidade. Atualmente é sabido que alguns cursos de graduação já introduziram nos seus currículos disciplinas voltadas para instrumentação em ferramentas digitais BIM com conteúdos voltados para o ensino de softwares.

De 2015 até o presente momento, observou-se uma grande evolução da introdução da metodologia BIM no mercado. Também observou-se que essa introdução ocorreu de forma mais lenta, assim como foi com o CAD, na academia. Os dois perfis de entrevistados, porém, concordam que essa evolução ocorrida - e que tende a acelerar nos próximos anos - é um caminho sem volta, onde o BIM passa a assumir o mercado da construção e o ensino e aprendizado de projeto, por consequência. Portanto, se faz também necessário repensar o ensino e aprendizado de projeto frente a essa transformação que já se consolidou ao ponto de fazer parte do dia-a-dia do campo ampliado da arquitetura e da engenharia, ao passo que não se vê mais formas de retornar aos processos tradicionais de desenvolvimento de projeto.

A seguir, é apresentado um diagrama esquemático simplificado dessa percepção dos entrevistados (Figura 18).

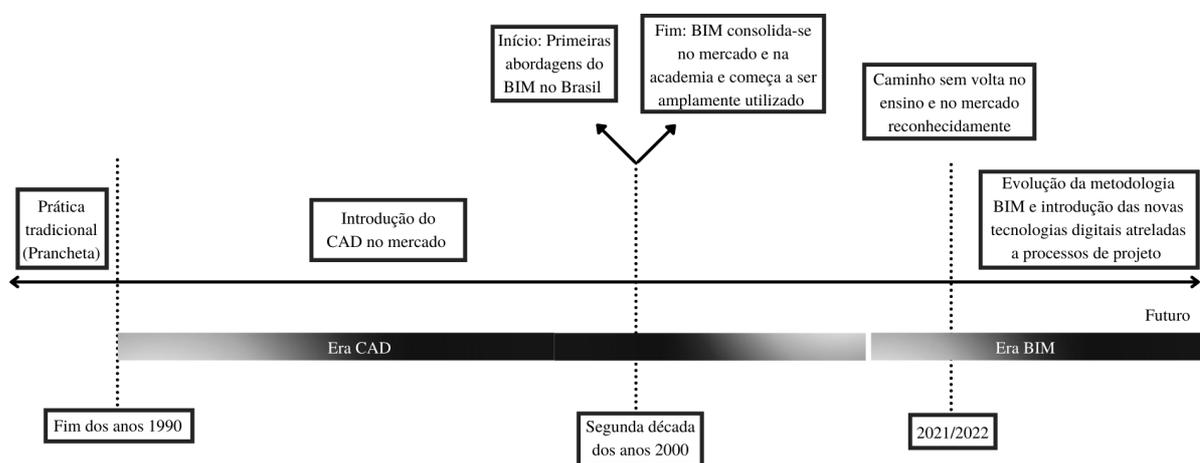


Figura 18 – Percepção temporal das mudanças tecnológicas e evolução do mercado pelos entrevistados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Tanto professores quanto empresários de projeto conseguiram levantar discussões que geraram oito eixos temáticos de conhecimentos extremamente pertinentes para a

academia e para o ensino e aprendizado de projetos, tendo em vista a evolução do mercado a partir da adoção da metodologia BIM e diante do futuro inevitável da evolução de tecnologias digitais paramétricas. Essas oito discussões serão apresentadas nos subitens a seguir.

5.4.1 Ganhos didáticos

Durante o processo das entrevistas, praticamente todos os entrevistados apontaram ganhos percebidos com a adoção de BIM tanto nos processos internos das empresas quanto em ganhos que, potencialmente, rebatem no ensino e aprendizado de projeto. Ou seja, todos foram capazes de pontuar ganhos didáticos ocasionados pela implementação de BIM no ensino. Um dos principais ganhos levantado por eles é a possibilidade de trabalho no modelo BIM em sua totalidade, diferente do processo tradicional de projeto em que o aluno é estimulado a desenvolver desenhos planimétricos somados a uma modelagem tridimensional computacional ou manual de maneira isolada. O cruzamento de ambos permite ao aluno fazer a análise do objeto em sua totalidade. Segundo os profissionais, isso é acelerado com o BIM, dado que a modelagem da informação permite a extração de desenhos automáticos e a análise da planimetria atrelada à tridimensionalidade acontece de maneira muito mais rápida e espontânea. Conforme dito pelo professor Alexandre Brasil³ (2022)

[...] a vantagem é que com o processo todo integrado não tem nem discussão, é muito melhor o produto, de uma coisa que você já vai vendo ali em 3D, planta, corte, tudo junto. O que a gente sentiu muito, foi principalmente essa eliminação de erros.

De acordo com a citação acima, esse processo, de integração da visualização tridimensional com os desenhos planimétricos, permite uma compreensão maior do objeto arquitetônico em sua totalidade e reduz erros e duplicações durante o processo de desenvolvimento de projeto. Um ganho singular para o aprendizado da produção arquitetônica.

O professor André Prado elabora ainda mais um aprofundamento acerca desta questão do ganho didático trazido pelas ferramentas BIM no que concerne a esse processo de desenvolvimento de projetos que busca a visualização da edificação na sua totalidade, através

³ Alexandre Brasil é arquiteto e urbanista pela Escola de Arquitetura da UFMG [1997] e mestre em construção metálica pela Escola de Engenharia da UFOP [2006]. Iniciou a carreira na docência na Universidade Federal de Minas Gerais e, em seguida, na Una e Uni-BH até o ano de 2021. Atualmente, é professor do IBMEC. Sócio do escritório ARQUITETOS ASSOCIADOS desde 1996, atuando na área de projetos de arquitetura e urbanismo.

do cruzamento entre desenhos bidimensionais e a modelagem tridimensional. Segundo ele, há um salto de melhoria, principalmente no que se relaciona à utilização das ferramentas BIM em detrimento das ferramentas CAD. O professor André explica o quanto as ferramentas CAD significavam um processo de dupla abstração, um aumento da complexidade de abstração se comparado ao desenho tradicional à mão. Segundo ele, no caso do AutoCAD, houve uma piora (do ponto de vista didático) do processo de produção de desenhos que já existia no passado. O desenho técnico sempre foi um processo de abstração, dado que símbolos e outros elementos, como linhas e hachuras, representavam o espaço de maneira abstrata, num não-verdadeiro rebatimento ortogonal das existências da construção nos desenhos - apesar de ser um desenho em verdadeira grandeza (escala). O desenho projetivo nada mais é que um desenho bidimensional ortogonal que faz uma abstração do espaço. "Ele é um desenho em verdadeira grandeza mas ele não existe, assim, ele é um abstração geométrica." [cf. André Prado].

Para o professor, as relações atreladas ao desenho técnico que foram estabelecidas a partir da adoção da metodologia CAD é uma convenção que os alunos aprendem como uma linguagem, passada para os mesmos. Dessa forma, eles decoram que, por exemplo, a linha grossa representa um objeto cortado e a linha fina um objeto visto, entre outros. Essas convenções são adotadas pelo mercado da construção como código de linguagem e, a partir desse código, se consegue fazer a transposição da realidade para o desenho. Dada a experiência de docência do professor André Prado no ensino e aprendizado de projetos, ele afirma que esse processo pode levar poucas semanas para os alunos entenderem completamente essa abstração ou pode levar 5 anos para que alguns deles possam entender esse processo de produção abstrato do espaço. O professor continua a explicar que o AutoCAD piorou demasiadamente esse processo de abstração. Se num primeiro momento, o aluno deveria saber a convenção das linhas para o desenho projetivo na prancheta, agora ele precisa, além do tipo de linha, compreender um segundo nível de abstração: a linha vermelha (linha fina - objeto visto), por exemplo, é mais fina que a linha amarela e a linha magenta é mais espessa que as anteriores (linha grossa - objeto cortado). "Então é como se fosse um grau de abstração a mais, uma dupla abstração." [cf. André Prado]. Na percepção do professor, esse processo de dupla abstração desencadeado pelo desenho em CAD faz com que, ainda hoje, os alunos que utilizam essa metodologia de trabalho, tenham uma dificuldade muito grande em

entender o que estão fazendo, do ponto de vista construtivo, no desenvolvimento do projeto, se comparado com alunos que hoje utilizam ferramentas BIM.

No BIM, não tem jeito de não entender, porque você está construindo ali a viga, a laje, você está erguendo a parede, você está, de fato, colocando uma janela. O desenho projetivo, ele nasce depois, a geração de plantas e cortes, nasce depois. Então tem um ganho muito grande em relação à isso, é quebrar os efeitos colaterais negativos dessa dupla abstração. [cf. André Prado].

Sobre isso, o professor ainda afirma que consegue ver um efeito positivo no que concerne a compreensão dos alunos sobre o processo construtivo. Os alunos são capazes de incorporar *inputs* que o professor traz na disciplina, sobre estrutura ou tecnologias da construção, de forma imediata no modelo. Já os alunos que utilizam CAD, além de tentar incorporar esses *inputs* no projeto, ainda precisam compreender a abstração da representação desses *inputs* para a geração de um desenho compreensível e que respeite as normatizações e convenções de desenho técnico estabelecidas.

Então, eu acho que a gente pulou uma etapa, que é uma dificuldade grande, essa parte de geometria descritiva, de representação projetiva, e ganha tempo entendendo mais sobre construção, sobre processo construtivo. [cf. André Prado].

O professor Bruno Santa Cecília⁴ (2021) reforça os ganhos que a metodologia BIM pode trazer no desenvolvimento de projetos e para a compreensão do aluno acerca de um objeto arquitetônico em sua totalidade. Segundo ele, o aluno é capaz, no desenvolvimento de projetos em BIM, de avaliar em tempo real o que uma determinada decisão implica em termos ambientais, espaciais e utilizá-lo não só como ferramenta de representação, mas de simulação do ambiente construído. Nela, o aluno é capaz de compreender relações entre elementos construtivos, técnicas construtivas e outras informações que muitas vezes, na metodologia CAD, passam despercebidas em função do foco na representação gráfica.

O que eu acho que traz de ganho é a possibilidade de se trabalhar com um objeto na sua integridade. Porque qualquer representação bidimensional é uma representação parcial do objeto, uma planta, um corte, é uma seção do objeto. Então o aluno tem a possibilidade de trabalhar com o objeto na sua integridade, em todas suas relações, inclusive com as construtivas. [Cf. Bruno Santa Cecília].

⁴ Bruno Santa Cecília é arquiteto e urbanista [2000], mestre [2004] e doutor [2016] em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura da UFMG. Atua também como Professor do Departamento de Projeto da Faculdade de Arquitetura - UFMG, desde 2009 e da Universidade FUMEC desde 2002. Sócio da ARQUITETOS ASSOCIADOS desde 1999, estúdio colaborativo dedicado ao projeto arquitetônico e urbano.

O professor João Diniz⁵ (2022), baseado em sua prática de desenvolvimento de projeto em BIM atualmente e sua vivência dentro da metodologia CAD ao longo da sua carreira, afirma que durante o desenvolvimento de projetos CAD, desde que a metodologia foi implantada em seu escritório, havia um processo duplo de desenvolvimento de projetos em que ele passava por um software CAD para o desenvolvimento dos desenhos e, em paralelo, pelo software SketchUp para o desenvolvimento de modelagem 3D. Sempre que necessária alguma alteração de projeto, ambos ambientes de trabalho tinham que ser alterados cautelosamente para que essas mudanças se compatibilizassem. Para o professor, o BIM traz um grande avanço no sentido da facilidade de geração de documentos a partir do 3D, visto que o desenho paramétrico permitido pelo BIM baseia-se na modelagem tridimensional para extração precisa de desenhos parametrizados. Quando alterada modelagem 3D, todos os desenhos em corte, planta e outros pertinentes também são alterados de forma automática. “[...] isso é fantástico, porque aí a gente não está mais fazendo o trabalho duas vezes, igual ficava fazendo AutoCAD e Sketch.” [cf. João Diniz]. O ganho apontado pelo professor também traz rebatimentos na academia. O aluno, a partir da introdução do BIM, pode melhorar sua modelagem tridimensional e observar os rebatimentos nos desenhos ortogonais das suas alterações. Podem, ainda, utilizar os desenhos ortogonais para fazer ajustes que trarão mais precisão ao projeto e observar os ajustes no modelo 3D. Se cruzada a informação apresentada pelo professor João Diniz com a introduzida pelo professor Bruno Santa Cecília, temos que o trabalho do objeto tridimensional em sua totalidade pode permitir inúmeras análises de performance da edificação, que trarão rebatimentos no objeto 3D e nas representações bidimensionais de maneira sistemática, sem o risco do aluno não compreender uma das etapas de transformação, seja do desenho ou do modelo tridimensional.

Sabe-se que a teoria atrelada ao BIM apresenta a metodologia como integrada, capaz de unir todas as disciplinas da construção no desenvolvimento de um modelo interdisciplinar e de extrair informações relacionadas à custo, tempo (cronograma) e múltiplas outras camadas de informação (nD's). Apesar de, em teoria, possuir toda essa complexidade, o professor

⁵ João Diniz é formado em Arquitetura e Urbanismo no ano de 1980 pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Mestre em Engenharia Civil com especialização em construção metálica pela Universidade Federal de Ouro Preto em 2004. Diretor da JDArq Ltda, desde 1989, em projetos de edificações, interiores, design e urbanismo. Professor Assistente do Curso de Arquitetura da Universidade Fumec, Belo Horizonte.

Mateus Pontes⁶ (2021) apresenta uma crítica sobre a afirmação de que a utilização do BIM de maneira mais simples para modelagem e extração de desenhos seria uma maneira muito incipiente de utilizar a metodologia dentro da academia. Ele indica que o BIM está sendo utilizado como ferramenta de ensino e aprendizado de projeto dentro de um universo cabível à compreensão dos alunos, apesar de não estar sendo utilizado em sua totalidade, levando em conta o nível de maturidade em que se encontram no curso. Portanto, a utilização de ferramentas BIM para modelagem e extração de desenhos no intuito do aprendizado de projetos não se configura como uso limitado da ferramenta. Na verdade, essa é uma primeira parte importante do que seria o BIM. Para Mateus (2021), essa utilização básica do BIM está substituindo o que seria a instrumentalização dos alunos no ensino tradicional de arquitetura, onde aprendem primeiro desenho à mão e depois partem para o desenho computadorizado. Essa seria, então, a primeira função do BIM dentro da universidade, que muitas vezes é menosprezada por aqueles que falam sobre a metodologia, mas na verdade possui papel fundamental na formação dos alunos acerca da compreensão do que é a modelagem do ambiente construído.

Na visão do professor, esse processo inicial de utilização do BIM em 2D e 3D, nada mais é do que a tradicional modelagem arquitetônica, antes feita através da maquete física, posteriormente com as maquetes digitais em metodologia CAD (por exemplo o SketchUp) e hoje é possível fazer dentro das ferramentas BIM, como Revit, ArchiCAD ou outras. O que acontece nesse processo é uma otimização do processo de modelagem e maquetização, onde o processo tradicional se mantém porém de maneira otimizada, com a adoção de ferramentas BIM. Desse modo, além de avançar no exercício de produção de maquetes e visualizações tridimensionais, a modelagem passa a trabalhar com elementos construtivos que permitem a manipulação do 3D e 2D e suas alterações de forma automática quando das modificações em uma das dimensões, ocasionando rebatimento na volumetria geral do ambiente construído.

Para Mateus Pontes, essa utilização do BIM de maneira simples tem grande potencial didático e nada mais é que a continuidade de um processo tradicional. Processo esse que faz parte do aprendizado do exercício de projeto pelos alunos. Existe ainda grande potencial da utilização da metodologia BIM como interface de ensino.

⁶ Mateus Pontes é formado em Arquitetura e Urbanismo no ano de 1999 pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, mestre em Arquitetura e Urbanismo também pela Universidade Federal de Minas Gerais em 2006. Atua como Professor da Escola de Arquitetura - UFMG, desde 2009. Também lecionou no Instituto Metodista Izabela Hendrix entre 2007 e 2009.

[...] o grande potencial é quando a gente deixar de entender o ensino do BIM como ensino de uma ferramenta instrumental, como era o desenho, e passar a entender o BIM como uma ferramenta de ensino ela mesma.

"[...] você pode, num único modelo, exercitar o ensino de projeto em si, de sistemas construtivos, de técnicas construtivas, de materiais." [cf. Mateus Pontes]. O professor ainda afirma que todas as cadeiras de disciplinas ligadas ao conforto ambiental, lumínico, térmico e acústico possuem potencial de simulação e desempenho no BIM.

A visão desse professor, que inclusive ministra disciplinas de instrumentação na metodologia BIM para alunos de graduação, é de que é possível explorar muito melhor o BIM como ferramenta de ensino nas várias linhas de disciplinas que o curso de arquitetura é estruturado. Assim, é possível oferecer disciplinas atreladas ao BIM nas áreas de conforto, estrutura, materiais e tecnologia, entre outros. O rebatimento disso é que o BIM será utilizado para conhecimento de materiais e sistemas construtivos para além do desenvolvimento de projetos. Dessa forma, o aluno desenvolverá o aprendizado da modelagem e do desenho arquitetônicos atrelados ainda aos conhecimentos de materiais e sistemas construtivos, embasado numa mesma interface de comunicação de ensino e aprendizado de arquitetura: a metodologia BIM.

Outros ganhos percebidos, do ponto de vista da atuação no mercado, que podem ter rebatimentos no ensino e aprendizado de projeto, são apresentados pelo entrevistado Aymon Gomes⁷. Para ele, o dia-a-dia de projeto ocasionou uma melhoria no que concerne a padronização de BIM, dado o desenvolvimento de famílias de objetos para o desenvolvimento de projetos de instalações prediais. Nesse aspecto, é importante destacar que as disciplinas de instalações prediais têm um ganho significativo em relação à padronização dos componentes da construção comumente utilizados por essas disciplinas. Entretanto, é preciso pensar que, para a produção arquitetônica, a padronização traz alguns riscos, conforme será discutido em seções posteriores. Segundo Aymon (2021), além da padronização trazida pelas famílias de objetos e templates de projeto que garantem uma representação padronizada da sua disciplina (hidro-sanitário e proteção e combate à incêndios), os projetos tem ganhado uma maior celeridade no desenvolvimento sem perder a qualidade. O entrevistado afirma que consegue desenvolver um projeto com maior assertividade e em menor tempo. A geração de lista de

⁷ Aymon Gomes é engenheiro agrícola e engenheiro civil, sócio-fundador da Focus Arquitetura e Engenharia, que desenvolve vários tipos de projeto na área de arquitetura e projetos de prevenção de combate a incêndio e hidráulicos.

quantitativos, algo que tomava muito tempo no desenvolvimento de projeto e sofria com diversas imprecisões e estimativas, hoje é possível ser feita com maior assertividade e de maneira muito mais ágil, por exemplo. "Você termina um projeto, você termina a lista, vamos dizer assim." [Cf. Aymon Gomes].

Esses ganhos, apesar de mais voltados para a prática do mercado no que diz respeito ao material de projeto normalmente entregue pelas empresas, também terão rebatimentos na produção arquitetônica e, principalmente, na prática profissional dos alunos formados nas escolas de arquitetura que possuem conhecimento em BIM no seu currículo. Apesar da padronização representar um risco para a produção do espaço arquitetônico, dado que pode potencializar redundâncias e reduzir a criatividade nas soluções de projeto, é visível que os ganhos na documentação do projeto (listas de material e outros) e na celeridade e assertividade do mesmo são percebidos tanto por acadêmicos quanto por quem já atua em BIM no mercado.

Outro ganho percebido pelo mercado, mas que não é diretamente percebido pelos professores no que se diz respeito ao ensino e aprendizado de projeto, é a facilidade na compatibilização de projetos. A compatibilização é um grande ganho do advento da metodologia BIM, fato mundialmente conhecido e no Brasil não é diferente. Para o empresário e engenheiro Ítalo Batista⁸ (2021), o principal ganho trazido pela metodologia BIM é exatamente essa compatibilização interdisciplinar. Sua empresa trabalha no ramo de instalações prediais, desenvolvendo projetos de elétrica, hidráulica, entre outras.

Os ganhos atrelados ao BIM percebidos pela empresária Sandra Botrel⁹ (2022), do ramo de sistemas AVAC (ar-condicionado e climatização), são dois: a compatibilização interdisciplinar e a geração de listas e quantitativos de maneira mais assertiva e automatizada. Sobre o aspecto da compatibilização, a empresária ainda afirma que, além de ser um grande e muito importante ganho trazido pela metodologia BIM, a compatibilização retoma, para o

⁸ Ítalo Batista é engenheiro eletricitista formado em 1987 pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Diretor-fundador da Proerg Engenharia e Projetos Ltda., uma empresa fundada em 1992, que atua no mercado de Projetos de Sistemas Prediais (elétrico, telecomunicações, SPDA, hidrossanitário, etc.) e possui experiência em todos os seguimentos da área, seja residencial (baixa renda à alto luxo), comercial (corporativo ou multiusuário), hospitalar, shopping centers, etc.

⁹ Sandra Botrel é diretora da Protherm Projetos Termo Acústicos Ltda, empresa fundada em 1973 com a finalidade de projetar, fiscalizar, dar assistência técnica e consultoria no campo de ar condicionado, da refrigeração industrial e da ventilação, bem como no campo da acústica aplicada. Engenheira mecânica formada em 1984 pela Universidade Federal de Minas Gerais e possui título de mestre. Atua também como Professora da Universidade FUMEC desde 2002.

campo da arquitetura, a responsabilidade e possibilidade de assumir os processos de checagem de interferências. Tendo em vista que o arquiteto é a figura que compreende melhor o edifício em sua totalidade, não há figura melhor dentro da cadeia da construção para realizar a compatibilização interdisciplinar. Com a introdução da metodologia BIM no mercado, tem sido observado pelos empresários a necessidade, nas construtoras e nas empresas desenvolvedoras de projeto, de introduzir uma função específica no processo de produção dos projetos que seria realizada pelo agente compatibilizador. Para Sandra (2022), esse agente deveria ser o arquiteto.

Só que aí precisa se ter a figura da pessoa que vai fazer a compatibilização. Do mesmo jeito que eu entendo que quem deve compatibilizar um projeto de arquitetura deve ser o arquiteto, eu acho que essa é a função da arquitetura, fazer a compatibilização, ele é quem tem que compatibilizar tudo, porque os projetos estão todos sendo desenvolvidos em cima de uma base que é a base de arquitetura, então todo mundo converte para aquela base. Sandra Botrel.

Para ela, apesar do arquiteto não ter a necessidade ser especialista em tudo, ele deve ter entendimento mínimo de tudo para ser esse agente que faz compatibilização com eficiência. Sendo o arquiteto o agente inicial do desenvolvimento do projeto, deve haver no ensino e aprendizado de projetos na universidade a introdução de disciplinas que relacionam o conhecimento das matérias isoladas de instalações prediais e estruturas com a produção de projeto, tendo em vista a adoção da metodologia BIM. Dessa forma, o aluno conseguirá realizar a transposição de conhecimentos das disciplinas isoladas para a compatibilização integrada de projetos. Assim, o BIM também deixa de ser utilizado como ferramenta basal de ensino e aprendizado de projeto para um ensino integrado de projetos, onde o aluno utiliza a metodologia para além dos usos tradicionais.

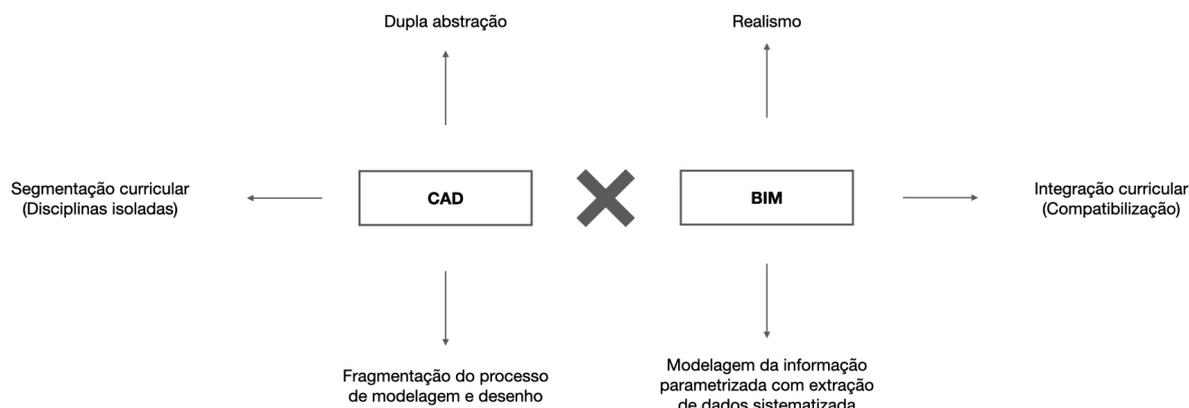


Figura 19 – Potenciais ganhos didáticos ocasionados pela implementação de BIM na academia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.2 O saber arquitetônico versus o saber tecnológico

A utilização da metodologia BIM no ensino e aprendizado de projeto traz enormes desafios. Alguns foram identificados por professores que possuem, em suas disciplinas de projeto, alunos que utilizam BIM para desenvolvimento de seus trabalhos. Os professores são capazes de apresentar comparativos com bastante clareza acerca dos paradigmas na utilização metodologia BIM no ensino e seus pontos positivos e negativos quando comparados à metodologia CAD. Conforme apresentado na seção anterior, existem pontos positivos que representam ganhos didáticos nesse processo. Entretanto, algumas arestas precisam ser aparadas para que não haja reverses na utilização do BIM no ensino. Uma das principais questões levantadas pelos professores é uma questão que sempre foi pertinente para os anos iniciais do curso de arquitetura e urbanismo: representação gráfica e estabelecimento de compreensão, pelos alunos, do desenho projetivo, capaz de permiti-los representar o espaço bidimensionalmente dentro das normas e convenções. Nesse sentido, a metodologia BIM traz um grande desafio para a academia, que é como ajustar a representação gráfica para que seja inteligível e que, ao mesmo, mude em relação aos padrões e convenções atuais ou ainda como transpor esses padrões e convenções para dentro do ensino em BIM para que os alunos possam correspondê-la no desenvolvimento de seus trabalhos acadêmicos. “[...] a grande dificuldade deles é, depois que o modelo está pronto, produzir os desenhos de modo que fique inteligível.” [cf. Alexandre Brasil].

Conforme apresentado pelo professor, a metodologia BIM traz uma facilidade maior do aluno para modelagem da construção. Entretanto, ele precisa compreender as abstrações atreladas à essa modelagem quando está desenvolvendo os desenhos de rebatimento ortogonal. Apesar dos desenhos serem paramétricos e precisos, é necessário estabelecer diretrizes no software para uma representação gráfica minimamente plausível que consiga transmitir a informação o mais próximo possível das normas e convenções atuais de desenho.

O problema levantado pelo professor Alexandre Brasil também é identificado pelo professor André Prado. Esse apresenta, inclusive, algumas possíveis alternativas para o ensino e aprendizado de projetos que visem superar essa barreira encontrada no que tange ao desenho técnico. Para o professor, a metodologia BIM aconteceu numa revolução mais lenta que a revolução CAD. Se por um lado o CAD representou apenas uma ferramenta de maior eficiência para o desenho projetivo no campo da arquitetura, o BIM, além de ser algo que revoluciona verdadeiramente os processos de produção de projeto e o pensamento metodológico de trabalho, também é uma tecnologia que exige tanto da academia quanto do mercado um longo período de adaptação. Alexandre Brasil afirma que, apesar dessa longa adaptação, o BIM é um caminho sem volta e que traz inúmeros ganhos e benefícios para o mercado e para a academia. Portanto, a academia precisa se adaptar para essa nova realidade de desenvolvimento de projetos em BIM. Ainda sobre a questão da metodologia BIM ser um caminho sem volta, o professor André Prado faz uma analogia que resume com clareza essa afirmação. Para ele, as tecnologias digitais atreladas a processos de projeto também trouxeram muitos ganhos para o mercado e a academia. Ganhos irreversíveis, em que nenhuma pessoa que as utiliza sente saudade de retornar aos métodos tradicionais de desenho à mão. Como já sabido, o desenho à mão apresentava diversos problemas de ajustes e correções de projeto, além de erros e falhas no desenho que poderiam comprometer toda a prancha, ocasionando grandes retrabalhos. O professor afirma que ter saudade do desenho à mão "É tipo, falar que tem saudade do ferro à brasa. Só uma pessoa que não usou aquilo pode falar que tem saudade daquilo." [cf. André Prado].

Na compreensão de que o BIM permite inúmeras outras maneiras de visualizar o objeto construído e de representar o espaço e as informações pertinentes para sua construção, o professor ainda afirma que um desafio atual da maioria dos cursos de arquitetura é ter uma fundamentação que ainda está muito baseada nessa representação ortogonal, projetiva, na

geometria descritiva. Para ele, o que deveria ser feito é repaginar o ensino e aprendizado das oficinas de instrumentação e ficar livre da representação ortogonal rígida o quanto antes, tendo em vista que as novas tecnologias digitais permitem novos meios de visualização e de desenvolvimento de projetos para construção. A proposição baseia-se em trazer o ensino da construção, de processos construtivos, materiais de construção e tecnologia construtiva para o início do curso, como se fosse uma nova fundamentação, juntamente com a metodologia BIM. Dessa forma, o aluno começa a compreender o saber construtivo juntamente com a fundamentação de ferramentas BIM para que possa, em oficinas de projeto posteriores, ter embasamento teórico construtivo suficiente para manipular a modelagem. Ainda nessa teoria de mudança no ciclo de fundamentação nas grades curriculares de arquitetura, é preciso ter, paralelamente, o aluno no canteiro de obra, vendo toda a construção acontecer: alvenaria sendo erguida, cimento sendo aplicado, laje sendo construída, fundação sendo concretada, telhado sendo instalado com calhas e outros elementos - tudo que acontece na construção. Isso se faz necessário, pois, assim o aluno irá compreender vendo a construção ao mesmo tempo em que realiza a modelagem digital desses elementos construtivos. Nesse sistema, acredita-se que o aluno terá uma conexão direta entre a realidade e a construção digital, fazendo uma ponte entre os dois sem a mediação do desenho projetivo. Ou seja, o desenho projetivo, que há muitos anos permanece como elemento fundamental para o ciclo de preparação dos alunos no desenvolvimento de projetos em arquitetura, passa a ser coadjuvante dentro de um processo em que o aluno aprenderá o saber construtivo das técnicas, tanto em teoria quanto em canteiro, e aplicará os conhecimentos numa construção digital, não mais numa modelagem tridimensional feita com planos e linhas.

Dentro dessa proposição da transformação do ciclo de fundamentação dos currículos de arquitetura e urbanismo para uma introdução mais efetiva do BIM nas universidades, o professor André Prado ainda ressalta que não se deve dispensar fundamentações em outras áreas que não as citadas acima, dado que a formação do arquiteto é generalista.

Então é claro que isso não dispensa fundamentação em campos como teorias de história, de urbanismo, da área ambiental, das áreas de história, de história das artes, mas especificamente a questão do projeto, que eu acho que é o foco da nossa conversa aqui, eu acho que já passou da hora da gente dispensar a fundamentação de projeto baseada nesse ensino de geometria descritiva, de desenho projetivo, desenho arquitetônico, desenho técnico.

Como apresentado na revisão bibliográfica, não há nenhuma evidência de que a metodologia BIM traz alterações nos processos cognitivos de criação e de elaboração de projetos do ponto de vista criativo. Portanto, os apontamentos do professor André Prado podem significar uma visão muito completa e satisfatória do que pode ser feito para melhoria da introdução do BIM na universidade, trabalhando a introdução de um novo ciclo de fundamentação sem abandonar os saberes atrelados à outras disciplinas que não as de técnicas construtivas e de desenvolvimento de projetos. Dessa forma, disciplinas que fazem parte da formação cultural do arquiteto, e que influenciam em seu repertório e capacidade de criação, não sofreriam alterações dentro da grade. Apenas disciplinas ligadas ao saber construtivo e ao projeto sofreriam a revolução curricular, a fim de tornar o currículo mais adaptado aos novos processos de produção do espaço, mais atrelados à modelagem da construção e menos à representação geométrica ortogonal.

O professor Bruno Santa Cecília introduz a sua discussão acerca dos ganhos e impasses na adoção da metodologia BIM no ensino, fazendo a afirmação de que os problemas relacionados ao ensino de projeto apenas sofrem mudanças com a implementação de BIM, como se mudassem de prateleira. Assim como havia dificuldades na transposição didática para o desenho CAD e à mão, existem uma série de outras questões que surgem com o BIM e, ao mesmo tempo, suprimem dificuldades que existiam anteriormente nesses métodos tradicionais. O que o professor aponta como uma das suas percepções mais pertinentes acerca dos desafios apresentados na academia, quando introduzido o BIM, é que os alunos que dominam a ferramenta com facilidade acabam por ter grande confiança na precisão que os softwares da metodologia BIM trazem para o desenvolvimento do projeto. Além disso, a modelagem BIM demanda mais tempo e dedicação para ser concisa e de qualidade. Diante desse trabalho longo de desenvolvimento de uma solução na modelagem BIM, o aluno acaba por não querer, muitas das vezes, realizar alterações e testar diversas possibilidades dentro do ambiente computacional dessa metodologia. Isso ocasiona um congelamento da experimentação pelos alunos, ou seja, uma metodologia que demanda um tempo maior de modelagem, e tem processos mais complexos de utilização, cria uma resistência por parte do aluno para outros testes e alterações, dado ao grande tempo necessário para desenvolver essas tarefas. Esse desafio ainda ganha mais complexidade quando se pensa que muitas das vezes, em etapas iniciais de projeto, é preciso que o aluno insira diversos *inputs* que não são

compatíveis com a etapa de projeto que ele está desenvolvendo para que aconteça a modelagem da edificação. Isso faz com que dados desnecessários àquela etapa sejam inseridos e, por consequência, o tempo de desenvolvimento daquela etapa fica mais longo, gerando a resistência dos alunos anteriormente citada.

Essas informações discutidas pelos professores André Prado e Bruno Santa Cecília demonstram com muita clareza uma distinção entre o saber arquitetônico e o saber tecnológico. Por um lado, saber manusear uma ferramenta tecnológica de alta complexidade, como o BIM, está numa esfera do conhecimento diferente da esfera do conhecimento da construção. Saber utilizar a ferramenta não garante ao aluno o conhecimento da construção necessário para uma boa modelagem ou para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico de qualidade e vice-versa. O saber das técnicas construtivas também deve estar atrelado a um domínio, pelo menos básico, das ferramentas para que o aluno seja capaz de modelar a solução construtiva que idealiza. Um dos grandes paradigmas da academia atualmente, no que se refere aos processos de adoção da metodologia BIM, é saber dosar o conhecimento das tecnologias digitais com o conhecimento da construção, ainda que no início do curso, de forma que os alunos tenham fundamentos suficientes de ambos, para o desenvolvimento de projetos nos ateliês e studios.

Sobre a resistência dos alunos às mudanças, o professor Sylvio de Podestá¹⁰ (2021) apresenta uma outra visão, complementar a essa discussão. Baseado em seu conhecimento de ensino e de mercado, o professor indica que houve uma percepção, quando da migração da prancheta para o CAD, de que o CAD havia facilitado a tal ponto as tarefas de desenvolvimento do projeto que as pessoas também facilitavam os projetos, para que não fossem muito trabalhosos. "Os projetos voltaram a ser super ortogonais, repetitivos e isso era um perigo, porque era um desenho facilitando a mediocridade". Para ele, esse mesmo desafio se apresenta agora com a adoção da metodologia BIM. Apesar de existir ferramentas computacionais de modelagem paramétrica avançada, que permitem criação de formas antes impossíveis de computar manualmente, existe também, por outro lado, essa possibilidade de

¹⁰ Sylvio de Podestá é formado em Arquitetura e Urbanismo no ano de 1981 pela Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte. Sócio-diretor da Sylvio Emrich de Podestá Arquitetos Associados ME, desde 1984, com larga experiência em projetos de pequeno, médio e grande porte nas diversas áreas de atuação da arquitetura como educacional, cultural, comercial e industrial. Professor Convidado da EAPUC Minas (Desenho e Expressão), biênio 2003/2004. Professor Convidado da EUAFMG (Projeto 1), biênio 2005/2006. Professor Convidado EAPUC Minas (Detalhes de Arquitetura e Planejamento e Projeto de Arquitetura VI), 2010.

uma padronização excessiva, criando grande entrave de redução das soluções criativas de projetos, tanto na academia quanto na prática profissional. Isso se dá devido à facilidade de utilização de blocos e famílias de objetos já criados num determinado padrão para o mercado ou para as empresas, internamente. Esse desafio, que também acontecia com as bibliotecas de objetos CAD, precisa ser pensado pela universidade visando evitar e reduzir os impactos dessa padronização excessiva que pode reduzir soluções e alternativas criativas de projeto pelos alunos. O software permite aglutinação de objetos padronizados de maneira tão rápida e fácil que o aluno pode ser levado pela ferramenta a não criar nenhuma forma ou solução fora do convencional.

Sylvio de Podestá ainda afirma que em sua experiência de mercado, em seu escritório, foram identificados dois perfis de estagiários quando introduzida a metodologia BIM. O primeiro perfil possuía vasto conhecimento na utilização das ferramentas computacionais BIM e ferramentas e *plugins* atrelados à elas, mas que não tinha saber construtivo. "A gente teve aqui a experiência de gente, por exemplo, que sabia mexer com muitas ferramentas, mas nunca tinha visto um tijolo, [...]" O segundo perfil é o exato oposto, onde o estagiário conhece a construção e suas técnicas, entende de desenvolvimento de projeto, mas não possui domínio da utilização de ferramentas BIM. O aluno é capaz de desenvolver projetos de aprovação na prefeitura, diversos materiais de desenvolvimento de projeto dentro do escritório através de ferramentas tradicionais, mas não utilizando as ferramentas avançadas que hoje se fazem presentes e necessárias no mercado da produção de projetos.

Tanto Sylvio de Podestá como os demais professores acima citados, em suas entrevistas, levantam facetas de uma reflexão única atrelada à introdução da metodologia BIM na universidade. Essa reflexão passa pela dosagem necessária de ser compreendida e implementada pela universidade dos conhecimentos que devem ser passados para os alunos na esfera das ferramentas computacionais e utilização de software dentro da metodologia BIM e, por outro lado, do conhecimento do saber construtivo para que sejam capazes de modelar soluções na metodologia BIM que sejam compatíveis com a realidade da construção. Portanto, pode-se concluir que o ensino do saber arquitetônico, papel fundamental da universidade, é mais importante de ser pensado por ela do que o saber tecnológico, tendo em vista as evidências da revisão bibliográfica que apontam outras possibilidades de aquisição do

conhecimento tecnológico pelos alunos que não dentro grade curricular de arquitetura, como por exemplo cursos de extensão ou cursos externos à universidades ou ainda outras possibilidades. O saber construtivo continua sendo o principal viés do ensino e aprendizado de arquitetura pelas universidades.

Quando analisadas as entrevistas relacionadas com profissionais mais atuantes no mercado, a percepção apresentada pelo professor Sylvio de Podestá, sobre a existência de dois perfis de conhecimento nas pessoas que estão ingressando no mercado de trabalho, é reafirmada. O empresário Aymon Gomes também demonstra que na sua empresa são encontrados dois perfis de profissionais:

[...] um que sabe muito da parte técnica (arquitetura, engenharia) mas deixa a desejar na parte de software e outro que desenvolve melhor a parte de software e pouco conhecimento do básico relacionado à área técnica.

Para ele, o grande desafio do mercado é encontrar um profissional que saiba conciliar as duas coisas, “[...] é praticamente impossível de se achar”. Sobre esse paradigma, da existência de dois perfis profissionais, Aymon ainda reforça que o importante na universidade não é o ensino das ferramentas, mas a conscientização dos alunos sobre a importância da utilização dessa ferramenta na prática profissional, tendo em vista que existem inúmeras ferramentas e cada empresa pode adotar uma diferente. Não é papel da universidade ensinar aos alunos todas as ferramentas que possivelmente serão utilizadas no mercado, mas é importante que tenham uma compreensão sobre a existência dessas ferramentas para que possam praticar e adotá-las no desenvolvimento de seus trabalhos acadêmicos e assim se familiarizar com o uso desses softwares. O mais importante para a academia é, de fato, a conscientização de que o aluno, utilizando uma ferramenta ou outra, será capaz de desenvolver um projeto mais rápido ou terá maior eficiência no desenvolvimento do projeto utilizando um determinado instrumento compatível com o desafio proposto pelo professor para desenvolvimento do projeto. Para a universidade, a prioridade é a formação do pensamento construtivo e um entendimento das técnicas de construção para que a modelagem da informação seja mais efetiva e facilite as empresas no desenvolvimento de projetos junto aos novos profissionais inseridos no mercado ou aos estagiários.

Dentro dessa discussão, Rodrigo Trindade¹¹ (2021) apresenta uma visão de que as gerações mais novas, normalmente, têm uma receptividade muito grande no que diz respeito às questões de inovação. Conseguem, portanto, o domínio de forma mais rápida e facilitada das ferramentas computacionais novas e avançadas. "Os jovens abraçam isso com muita facilidade.". Entretanto, para o empresário, ainda existe uma lacuna no mercado para ofertar profissionais minimamente qualificados em BIM. A oferta desses profissionais ainda é inferior ao desejo do mercado.

Sobre a questão do saber construtivo x saber tecnológico, a empresária Sandra Botrel, em sua entrevista, apresenta um exemplo de desenvolvimento de projeto que ocorreu dentro de sua empresa, utilizando a metodologia BIM, onde a disciplina de ar-condicionado (área em que ela atua) recebeu um relatório com cerca de 200 *clashes* na verificação de incompatibilidades. Desses, segundo ela, 98% eram dutos de ar-condicionado passando em paredes, ou seja, não haviam incompatibilidades no projeto, dado que o corte em alvenaria já é realizado em obras para passagem dos dutos. Esse exemplo demonstra o quanto é importante o saber construtivo para análise crítica dos dados apontados num *clash detection* na modelagem BIM ou até mesmo para o desenvolvimento da modelagem consciente da construção que posteriormente será executada no canteiro de obras real. Para Sandra Botrel, o domínio das ferramentas digitais pelos profissionais é um saber secundário, o principal é o saber construtivo. É saber construir, fazer arquitetura e engenharia, o que garantirá ao profissional operar ferramentas BIM com o conhecimento suficiente da construção para criticar as modelagens BIM recebidas ou desenvolvidas por ele mesmo.

[...] no meu ponto de vista, e aí eu sou meio radicalzinha nesse ponto, eu acho que tinha que voltar a ensinar engenharia, voltar a ensinar arquitetura. Porque, na verdade, o que o pessoal sabe é mexer em ferramenta.

Ela ainda afirma que:

O BIM, muitas vezes, ele é vendido como sendo solução de projeto. E ele não é, ele está longe de ser. Ele é uma ferramenta e é uma ferramenta que, assim, se você não souber usar, é uma coisa (complicada).

¹¹ Rodrigo Trindade é diretor e fundador da Agência Energia desde 1993, empresa de engenharia especializada em projetos e consultorias aplicado a sistemas racionais de energia para aquecimento, principalmente utilizando aquecedores solares. Engenheiro mecânico formado em 1993 pela Universidade Federal de Minas Gerais.

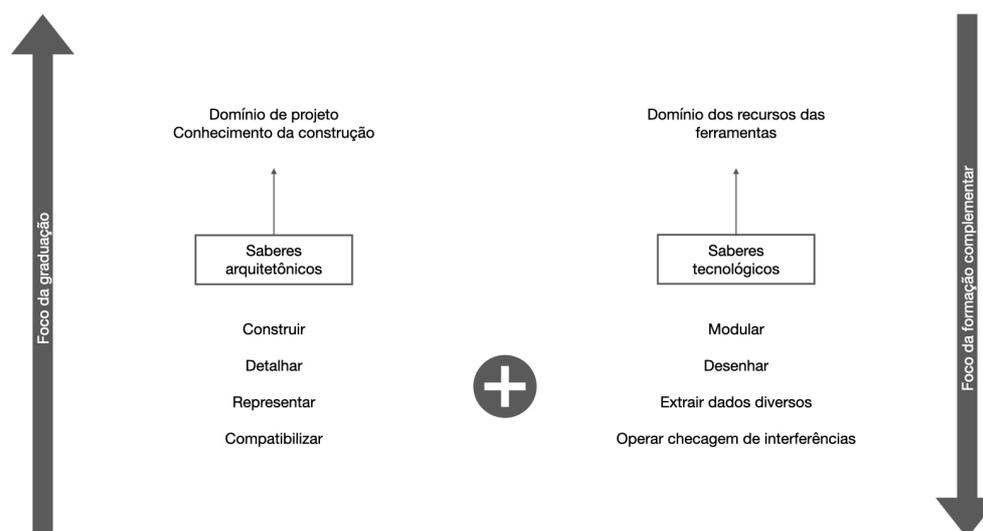


Figura 20 – Paralelo entre os saberes arquitetônicos e os saberes tecnológicos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.3 Ensinar a pescar

Conforme apresentado na seção anterior, um dos grandes desafios do BIM na adequação das grades curriculares é o ajuste delas para que, desde o início do curso, os alunos tenham fundamentos de construção. Esses fundamentos embalsariam a modelagem da informação computacional tendo em vista a mimetização da realidade da construção feita no ambiente virtual, através da metodologia BIM. O professor André Prado defende que é preciso ter, nos cursos de arquitetura e urbanismo, cautela na transposição do conhecimento sobre a construção, visto a grande carga de conhecimento demandada por esse tópico.

No BIM, a distância foi encurtada, entre o que eu estou fazendo e o que aquilo, de fato, representa. Mas tem um problema. O problema, ao meu ver, é assim, você precisa reorganizar completamente a estrutura curricular do curso, para ele funcionar com BIM. Porque você vai ter que falar de construção desde o primeiro dia do curso, você vai ter que falar sobre construir, não necessariamente você vai despejar uma caçamba de conhecimentos tecnológicos no primeiro ano mas é preciso introduzir a ideia construtiva, a ideia de construção.

O professor André Prado ainda defende que não adianta, no início dos cursos de arquitetura, existir uma fundamentação ainda tradicional paralela a uma disciplina de um software BIM. Essa disciplina acaba por ficar no meio de um contexto introdutório de um desenho técnico tradicional, ilhada e sem conexão do aluno diretamente entre a disciplina de BIM e as disciplinas de fundamentação. É preciso, portanto, repensar o ciclo de fundamentação, não alterando as diretrizes curriculares estabelecidas pelo MEC, mas sim o

ordenamento do ensino das disciplinas e, possivelmente, reduzindo a carga de desenho projetivo em prol da ampliação da carga de disciplinas introdutórias de sistemas construtivos, técnicas de construção, entre outros elementos importantes para a modelagem da informação. "Então, ao meu ver, os cursos precisavam se organizar para colocar o BIM como centro do núcleo de fundamentação." Na visão do professor, portanto, o BIM deveria estar no centro do núcleo de fundamentação, orientando uma série de processos de ensino no ciclo básico dos cursos de arquitetura e urbanismo, que de certa maneira focassem nessa ideia de modelar a construção.

Obviamente, a transposição da informação através de um desenho baseado em planimetria não será descartada tão cedo no mercado da construção e no ensino e aprendizado de projetos, dado que esses instrumentos são fundamentais para a explicação de desenhos, exposições de medidas importantes para execução de obra e contém informações únicas sobre a construção. Uma observação feita pelo professor André Prado é de que nesse ensino e aprendizado de representação gráfica se faz importante priorizar que os alunos tenham uma visão de desenho suficiente para que consigam criticar o rebatimento da sua construção virtual em vistas ortogonais automáticas e paramétricas geradas pelo software. Também para que consigam realizar ajustes de desenho para que a representação fique mais clara e objetiva. É importante que exista um conhecimento, por parte dos estudantes, sobre desenho, apesar de haver uma possibilidade de redução da carga de conteúdos relacionados à esse tópico e de que o desenho técnico não precise mais ser extremamente rígido em termos das representações conforme convenções, já que o BIM permite inúmeras outras representações em planimetria que são capazes de apresentar a informação necessária para a execução de obra. Segundo o professor, existe também a necessidade de ensinar aos alunos como dedicar um tempo, no final do processo, para tratar os desenhos, visto que muitas vezes o BIM gera desenhos bidimensionais, como plantas, cortes e elevações sem ter 100% de assertividade no que se refere a representação gráfica. É preciso dedicar certo tempo no desenvolvimento do 2D, seja tratando hachura ou algum outro elemento que precisa de uma representação melhor.

[...] eu acho que o tempo é outro, você conseguir ganhar tempo, mesmo que o desenho fique mais impessoal, mas tecnicamente correto, é muito melhor para um escritório para poder testar mais possibilidades, para o aluno também testar mais possibilidades.

Assim como essa discussão acerca da carga de desenho projetivo e da aliança do BIM nos processos de fundamentação é uma discussão pertinente e importante de ser explorada pela academia, outra discussão bastante importante para a crítica universitária sobre como transpor os conhecimentos atrelados a essa metodologia é a adoção de ferramentas específicas pela universidade. Conforme apresenta o professor Bruno Santa Cecília, é preciso pensar no ensino e aprendizado de BIM nas universidades de maneira impessoal no que se refere à adoção de ferramentas e softwares de mercado, uma vez que o aluno pode buscar, no próprio mercado, cursos isolados de um determinado software. A universidade serve como plataforma de exploração de ferramentas diversas, sem parcerias e interesses comerciais.

[...] eu acho que a universidade é o lugar para você experimentar isso com menos interesses comerciais envolvidos. Ao passo de que, no final das contas, assim como o desenho era antigamente uma ferramenta indispensável para se fazer arquitetura, hoje o domínio de algumas ferramentas digitais são indispensáveis para se fazer arquitetura.

Apesar dos softwares BIM, hoje, serem fundamentais para o desenvolvimento de projetos, na universidade e, principalmente, no mercado de trabalho, essa impessoalidade da universidade em relação ao uso do software pode garantir uma maior exploração de possibilidades de ferramentas, dando aos alunos a independência na tomada de decisão sobre qual software utilizar. Os fundamentos e princípios do BIM devem ser ensinados na universidade, mas a utilização das ferramentas fica a cargo dos alunos. Conforme apresentado também na revisão bibliográfica do presente trabalho doutoral, um dos principais fatores de influência na tomada de decisão dos alunos sobre qual software utilizar é, justamente, a conexão com os demais alunos. Ou seja, o que mais influencia na escolha de ferramentas é qual software é utilizado por sua rede comunitária interna na universidade para que ele tenha apoio nas dúvidas da utilização do mesmo.

Nas novas gerações, que já nasceram com as tecnologias computacionais como parte de seu dia-a-dia, o estímulo para utilização da metodologia BIM, muitas vezes, é interno. Ele parte do próprio aluno, tendo em vista a sua facilidade na utilização de tecnologias digitais. Foi dito pelo professor Bruno Santa Cecília que um pouco da oferta nas universidades é equivalente ao perfil do corpo docente. Na sua percepção, os alunos, de alguma forma, superam a deficiência atual do corpo docente das universidades ainda não dominar, em sua maioria, as ferramentas BIM com destreza. O professor afirma que, em sua experiência com a docência, tanto nas universidades privadas como nas públicas, já existem alunos trabalhando

com BIM mesmo nos períodos mais iniciais do curso, por iniciativa própria. Assim como apresentado anteriormente, baseado nos apontamentos de André Prado, Bruno Santa Cecília também afirma que é necessário um equilíbrio no ensino de desenho técnico para uma implementação de BIM nas universidades de maneira saudável. Para ele, é preciso pensar que ainda não é possível desvincular-se completamente do desenho técnico. Se faz necessário encontrar um caminho de meio termo, para que o desenho técnico não seja deixado de lado, pois é algo ainda muito importante na formação dos alunos. O desenho projetivo é essencial, ainda, para que o aluno tenha críticas sobre qual informação ele precisa inserir e extrair na modelagem da informação. Sem essa crítica sobre qual informação deve constar no desenho, o aluno não consegue compreender os possíveis erros e falhas de demonstração de informações feitas pelo automatismo do desenho paramétrico.

Se por um lado, durante a era CAD, a planimetria era trabalhada em excessividade, devido a maquetação e outras visualizações tridimensionais,

Hoje é o contrário, o aluno tem o modelo tridimensional mas eu acho que as ferramentas de planimetria são importantes para você controlar relações entre as coisas, de alinhamento, de proporção, de continuidade, descontinuidade e muitas vezes o modelo não te dá, [...] [Cf. Bruno Santa Cecília].

A representação bidimensional é extremamente importante para informar e imbuir de informações a execução da obra, diferentemente de outras indústrias em que o modelo vai direto para a fabricação, para prototipagem, não passando pela representação gráfica. Dado que a indústria da construção ainda trabalha de maneira menos industrializada no que tange a análise da modelagem da informação e usa exaustivamente desenhos planimétricos para sua execução, o modelo não é suficiente. Ele precisa passar por um processo de tradução, que é o desenho bidimensional. Para Bruno, é importante que a representação técnica seja ainda ensinada nas universidades, mesmo sofrendo flexibilização e redução de carga de conteúdo e de exigências exageradas acerca dela. É necessário que o aluno compreenda suficientemente a representação para criticar o dado que será gerado em planimetria nos softwares BIM e melhorá-lo para conseguir transmitir as informações com clareza para o canteiro de obras. Mas o foco fundamental do ensino do BIM deve ir além da ferramenta, passando por sua filosofia, lógica de funcionamento e, inclusive, buscar programas de código aberto que permitam à universidade incorporar esses softwares dentro do ciclo de fundamentação. Isso, tendo em vista uma discussão fundamentalmente ética da universidade, principalmente

pública, vincular à sua grade curricular para ensino e aprendizado de softwares de projeto um fabricante que busca monopólio do software no mercado [Cf. Bruno Santa Cecília].

Outra crítica pertinente é apresentada pelo professor Carlos Alberto Maciel¹² (2022). Para ele, o BIM traz um efeito colateral muito negativo no ensino e aprendizado de projeto: a utilização de peças, blocos e famílias prontos. Ele inclusive dá um exemplo de quando o aluno vai desenvolver uma escada, o mesmo insere um modelo padronizado pronto do software, que inclusive vem com guarda-corpo, e assim não há pensamento sobre como esses elementos são construídos ou como poderia existir um detalhamento diferenciado para eles. Isso acontece também com portas, janelas, entre outros. Segundo o professor, esses elementos, no imaginário do aluno, passam a ser apenas um produto que se pega do mercado e se instala na arquitetura. Não há crítica de possíveis variações do mesmo nem a exploração de ideias que pudessem ser disruptivas em termos da adoção de alguns elementos no projeto. Apesar do alerta ser pertinente, conforme apresentado em seções anteriores da presente tese, durante o tradicional desenho à mão e o CAD, também existia esse tipo de comportamento dos profissionais e alunos, de utilizar a repetição de padrões. Entretanto, é importante que as universidades que estão em processo de implementação de BIM observem isso, para que essas tecnologias digitais não reforcem e exponenciem ainda mais esse tipo de comportamento.

No desenho à mão tinha repetição de padrões também. Só olhar para a cidade você vê que é repetido. Então é uma coisa que não é culpa do software, é culpa da falta de interesse, de empenho do sujeito que usa o padrão. Carlos Alberto Maciel.

Ainda sobre a discussão da importância de uma boa medida do ensino de desenho técnico atrelada à implementação da metodologia BIM, o professor João Diniz aponta que apesar do BIM permitir a modelagem da informação tal como a edificação será construída e exportar, a partir dela, desenhos planimétricos mais precisos através do parametrismo, chega-se a um ponto em que a modelagem não é capaz de entregar completamente detalhes em escalas maiores. O desenho projetivo, então, entra como auxiliar na representação de pequenos detalhes da edificação.

[...] esse desenho na escala maior, de você fazer os detalhes, dos cômodos frios, essa coisa, acaba que chega uma hora que aquele 3D já não faz muito sentido, sabe?

¹² Carlos Alberto Maciel é arquiteto e urbanista [1997], mestre [2000] e doutor [2015] em Arquitetura e Urbanismo pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Iniciou a carreira na docência na Universidade de Itaúna e no Instituto Metodista Izabela Hendrix. Atualmente, é professor concursado de projeto no Curso de Arquitetura e Urbanismo da EA-UFMG. Sócio do escritório ARQUITETOS ASSOCIADOS desde 1996, atuando na área de projetos de arquitetura e urbanismo.

Então a gente tem que dar uma achatada no desenho, porque o 3D começa a complicar um pouco.

O professor ainda discute sobre essa antagônica, onde ao mesmo tempo em que acontece a modelagem da informação de maneira extremamente precisa e mimética com o ambiente construído, o detalhamento ainda precisa passar por uma regressão da informação, levando-a da modelagem tridimensional para um desenho técnico bidimensional de detalhamento.

[...] o sofrimento é essa representação bidimensional, que é como se fosse uma regressão do metaverso que já está pronto, do desenho 3D. Então isso é um negócio enjoado né, você faz uma coisa muito avançada e depois tem que representar de uma forma menos avançada. [cf. João Diniz].

A universidade precisa calibrar os conhecimentos necessários para que o aluno consiga trabalhar no desenvolvimento de uma modelagem avançada em BIM, ao mesmo tempo que precisam compreender o desenho técnico suficientemente para elaborar detalhes e outros desenhos projetivos necessários para que a construção aconteça com segurança e com todas as informações importantes para a atuação no canteiro de obras. João Diniz ainda afirma que parte desse conhecimento de detalhamento está atrelado também, e principalmente, ao conhecimento do canteiro de obras, não apenas ao conhecimento do desenho projetivo. O detalhe da edificação nada mais é do que uma compreensão e representação da forma como pequenos componentes serão aglutinados ou como um item da construção será construído de fato. É nesse detalhamento que o aluno é capaz de explicar como será a execução de determinado item. Por isso o conhecimento da construção se faz tão importante quanto o conhecimento da representação que permitirá ao aluno ou ao profissional em atuação no mercado transpor a ideia de como será feito determinado item.

O professor Mateus Pontes também alerta para essa dicotomia entre a modelagem BIM e o desenho projetivo. Existem muitas funções e decisões que são realizadas tipicamente através de desenhos bidimensionais. Um exemplo dado pelo professor é que o layout de banheiro é um problema bidimensional, de planta, em que o aluno precisa entender a locação das peças, dos ângulos de visão, dos fluxos, espaços de permanência, acesso, abertura de portas e tudo mais, para conseguir solucionar, funcionalmente, o espaço. À medida que o aluno desenha, de forma sistemática, esse tipo de layout em planta, ele se qualifica para resolver esse tipo de problema de maneira cada vez melhor. Se desenha menos, ele se capacita menos para resolver esse tipo de problema bidimensional. Portanto, é importante haver um

grande equilíbrio entre o trabalho bidimensional e a modelagem tridimensional, pois existem questões de solucionamento projetual estritamente atreladas ao desenho plano e outras ligadas à tridimensionalidade, como volumetria e outros comportamentos da forma, por exemplo.

Mateus Pontes ainda destaca que é importante ensinar para os alunos os fundamentos da construção ao invés de focar excessivamente no ensino de software. Esses fundamentos permitem ao aluno criticar os objetos que serão incluídos na modelagem da informação, como por exemplo compreender o cálculo de uma escada. Apesar do software possuir, em suas ferramentas de escada, parâmetros e critérios em que consegue gerar a escada de maneira automatizada, o aluno precisa compreender como é feito o cálculo, como são programadas as informações que estão embutidas dentro do software para que ele tenha capacidade crítica e explore conhecimentos sobre o que foi feito quando a escada foi modelada.

É importante refletir como ensinar o aluno a pescar. Os estudantes precisam entender, de maneira crítica, a utilização das ferramentas BIM e também a representação gráfica. Dessa forma, ele será capaz de avançar em sua trajetória e aprendizado de projeto sem se tornar um grande utilizador de ferramentas que não possui conhecimento algum da construção ou grande conhecedor da construção que não consegue realizar a representação necessária para imbuir o canteiro de obras com informações para execução dos projetos.

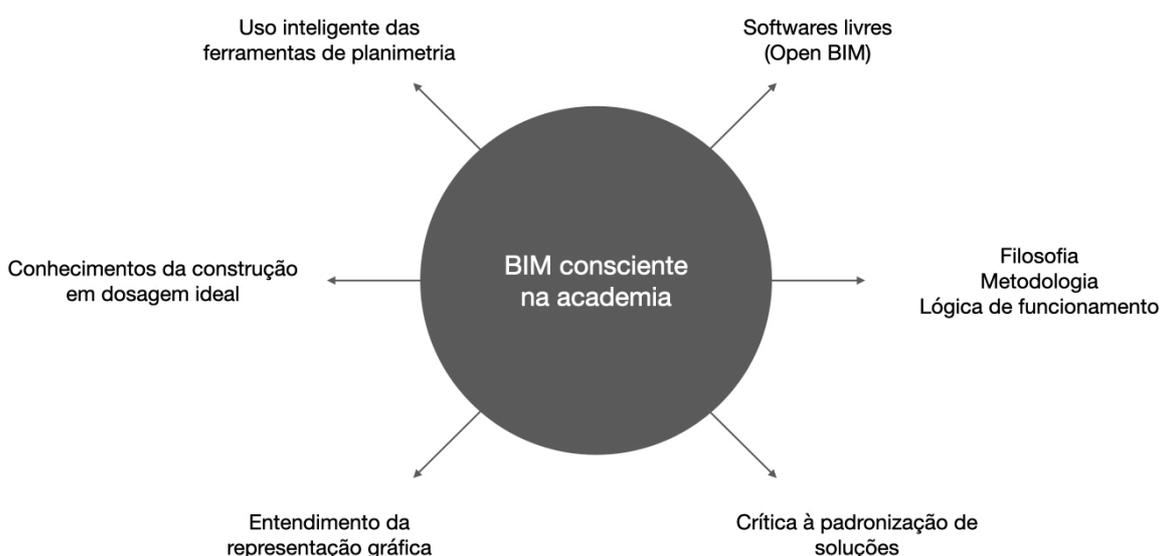


Figura 21 – Adoção consciente do BIM pela academia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.4 Paradoxos do mercado

Como é sabido, o BIM no Brasil foi introduzido por uma iniciativa do mercado. Empresas de projeto iniciaram a adoção da metodologia, tendo em vista os benefícios trazidos pela mesma frente à observação de outros países do mundo que saíram na frente. Apesar de outros países terem iniciado esse processo por direcionamento governamental, no Brasil o início se deu por uma escolha do mercado empresarial da construção. Poucos anos depois, já dentro do contexto atual, o governo brasileiro também legislou acerca da adoção da metodologia BIM nos órgãos governamentais, inclusive estipulando uma meta para todas as agências governamentais implementarem a metodologia em seus processos e exigindo que todos os projetos de licitação para o governo sejam desenvolvidos na metodologia BIM. Apesar dessa meta ser futura, pouco a pouco as licitações começam a exigir de fato que a metodologia seja utilizada como processo e material de entrega dos projetos licitados pelas diversas esferas governamentais da república. Essa atuação do governo frente à adoção da metodologia BIM no país e diversos outros fatores mercadológicos configuram um verdadeiro paradoxo no mercado da produção de projetos brasileiro, conforme será visto a seguir.

Os professores e empresários levantaram diversas discussões durante as entrevistas, relacionadas a esses fatores que hoje fazem parte do dia-a-dia de quem produz projeto no mercado da arquitetura e da construção. Todas essas mudanças devem ser observadas com cautela pela academia e, a partir de seu papel crítico, avaliadas acerca de quais são os impactos no ensino e aprendizado de projeto. Dentro desses processos de licitação, muitas das vezes é exigida a entrega de material desenvolvido num determinado software BIM específico, ao invés do governo exigir que o trabalho seja feito na metodologia. Ou seja, o governo infere às empresas de projeto que as mesmas devem usar um determinado software de certo desenvolvedor, o que obviamente configura uma tendência de monopolização do mercado por um determinado desenvolvedor de software.

Quando perguntados sobre quais os principais impasses enfrentados no dia-a-dia de projeto para adoção da metodologia BIM nas suas empresas, tanto os professores quanto empresários, quase em unanimidade, apontaram que um dos maiores problemas da adoção do BIM no Brasil é o custo das licenças. “ Tem um problema sério que é o preço. É muito caro.” [cf. Alexandre Brasil]. As licenças de software BIM são muito caras, quando comparadas aos softwares CAD, além de exigirem licenciamento anual com alto valor de

investimento, muitas dessas plataformas demandam substituição de hardware nas empresas, para computadores com maior capacidade computacional que consigam utilizar, com eficiência, esses softwares que possuem programação mais complexa.

O poder público ainda não compreende em plenitude a metodologia BIM e não a implantou de fato em todas as esferas da federação, fazendo inclusive a exigência de uma determinada plataforma de um desenvolvedor específico para a entrega dos projetos licitados pelo governo, que obrigará todas as esferas federativas a compra de licenças de software de um único fornecedor. Sobre o tópico, o professor Alexandre Brasil aponta uma solução eficiente para o solucionamento do problema do alto valor dessas licenças de software. Segundo ele, iniciativas de utilização de softwares livre ou desenvolvimento de softwares livre dentro da metodologia BIM deveriam ser incentivadas, tanto pelo governo quanto pela academia e também pelas entidades de classe. “[...] uma ideia interessante que era do CAU apoiar desenvolvedores de softwares livre BIM.”. Veremos abaixo que outros entrevistados também apontam que essa alternativa, de utilização de um software BIM desenvolvido livremente, poderia garantir maior fluidez no desenvolvimento de trabalhos no mercado. Isso se daria não apenas pelo impasse do alto custo das licenças de software dos desenvolvedores atuais, mas também por outros desafios encontrados, tais como interoperabilidade entre softwares.

Dentro dessa discussão sobre a interoperabilidade dos softwares, o professor Bruno Santa Cecília destaca que “Os programas não conversam, o próprio IFC (*Industry Foundation Classes*) não é tão aberto, não é tão genérico assim como todo mundo gostaria que fosse.”. Apesar da fala do professor ser pertinente, o padrão IFC tem melhorado continuamente desde os anos 90. O trabalho atual dos desenvolvedores de software busca fazer com que a interoperabilidade e a exportação e importação de arquivos BIM por plataformas diferentes que precisam conversar entre si, dado à necessidade de interface entre todas as disciplinas da construção, melhorem. Entretanto, essa interoperabilidade até hoje não se faz de maneira 100% efetiva. O professor ainda discorre que, pensando no futuro, o BIM é um caminho inevitável mas faz-se muito necessário que todos os entes da cadeia da construção sejam muito críticos em relação a sua adoção, “porque eu vejo que o BIM tem sido usado para criar uma espécie de reserva de mercado sabe?”. Essa discussão sobre reserva de mercado ganha, inclusive, dois eixos de diferentes panoramas de domínio de mercado existentes a partir da

adoção da metodologia BIM no Brasil tal como ela tem se desenvolvido. Num primeiro eixo temos uma reserva de mercado atrelada ao surgimento de novos perfis profissionais voltados exclusivamente para o gerenciamento da metodologia BIM, conhecidos como *BIM managers* (gerentes de implementação de BIM). Eles hoje são fundamentais para amarrar e inter-relacionar todas as questões atreladas ao desenvolvimento de projetos em BIM. São esses profissionais que cuidam da padronização de bibliotecas de famílias, do gerenciamento e dos padrões que serão utilizados por todas as disciplinas da construção e, principalmente, realizam as checagens de interferência e compatibilização de projetos unindo os projetos de todas as disciplinas em ferramentas de navegação BIM com vistas à obtenção de relatórios de checagem de interferências.

O negócio ficou tão complicado que você precisa de um profissional dedicado, um arquiteto em formação dedicado pra ficar otimizando estruturas de BIM, que nunca precisou antes. [Cf. Bruno Santa Cecília].

Outro eixo da reserva de mercado que pode ser observado através das entrevistas, também levantado pelo professor Bruno Santa Cecília é a reserva atrelada à posse das licenças de software. Dado que as licenças de software possuem alto custo de aquisição pelas empresas e dado que o governo, hoje, exige as entregas de projetos dentro de uma plataforma específica, um software desenvolvido por uma empresa que oferece uma plataforma de metodologia BIM para o mercado, uma nova reserva de mercado acontece quando exigido que os projetos sejam entregues nesta única plataforma. As empresas que possuem condições de investir em licenças desse determinado software são capazes de competir em licitações com menos concorrência. Pequenas empresas podem acabar por não ter condições de competir no mercado de licitações, devido aos altos custos das licenças, gerando uma nova reserva de mercado. O professor ainda exemplifica essa questão através de uma analogia com o que aconteceu durante os anos 90 e início dos anos 2000 com a certificação ISO 9000:

[...] eu tenho um certo medo de criar uma certa reserva de mercado como era o ISO 9000 nos anos 90/2000, um selo que no final da contas não serve para nada, você gasta só para você falar que você tem o selo e acessar um certo nicho de mercado.

Outros entrevistados também apontam para a mesma questão. O empresário Rodrigo Trindade da Agência Energia utilizou o mesmo exemplo que o professor Bruno Santa Cecília sobre a questão da reserva de mercado ocorrida pelo ISO 9000 e é algo que tem preocupado os empresários do ramo, dado que a adoção de uma determinada ferramenta limita a

possibilidade de utilização de ferramentas alternativas, inclusive de softwares livre, e, ao mesmo tempo, ocasiona uma reserva de mercado que permite apenas grandes empresas participarem de processos licitatórios. Um outro paradoxo ainda apresentado pelo professor Bruno Santa Cecília é a questão de que o BIM traz consigo a promessa de aumentar a precisão e eficiência do processo produtivo de projetos em toda a cadeia da construção. Em algumas das vezes, a busca pela precisão tem sido utilizada de maneira excessiva, ocasionando retrabalhos e questionamentos que são incoerentes com o nível de maturidade e capacidade de execução com precisão pelo canteiro de obras.

[...] parece um excesso de fantasia dessa precisão que não vai colocar na obra. Não é a obra verdadeira, você não fica lá “calma, deixa eu locar esse tubo aqui 1mm”, o instalador/executor está vendo ali, não precisa de *clash detection*, na obra as coisas não se sobrepõe.

Dessa forma, o processo de compatibilização chega a um nível de extrema complexidade e demanda de todas as disciplinas de projeto ajustes e correções dentro de uma gama de revisões que não impactariam no solucionamento do canteiro de obras. O uso da checagem de interferências deve ser realizado com perspicácia e crítica, para que interferências que poderiam realmente ocasionar problemas na obra, e seriam solucionadas muitas das vezes dentro do canteiro sem conhecimento das disciplinas que desenvolveram os projetos correlatos, possam ser resolvidas previamente. Os processos de checagem de interferência devem ser alvo de crítica e de um pensamento mais flexível sobre como utilizar BIM na sua plenitude sem sobrecarregar os agentes de projeto participantes da cadeia da construção.

Sobre a questão do alto custo de aquisição de licenças dos softwares BIM, o professor Carlos Alberto Maciel demonstra que, se comparada à países como os Estados Unidos, a aquisição de licenças no Brasil e América Latina chega a consumir entre 5% e 10% do faturamento das empresas de projeto. Enquanto nos Estados Unidos, que é país sede de uma das principais empresas de desenvolvimento de softwares BIM, esse custo equivale a 0,5% do faturamento das empresas. “Isso é um ponto que eu acho horrível. Porque a gente é refém de uma lógica de colonização.”. O monopólio de um determinado desenvolvedor de software no mercado pode ocasionar esse tipo de disparidade internacional em que países em desenvolvimento acabam por pagar, em licenças de software, o equivalente a uma fração significativa do seu faturamento anual. Enquanto isso, países desenvolvidos despendem uma

porcentagem muito menor de seu faturamento para essa finalidade. Esse fato impacta, principalmente, nas pequenas empresas, que terão mais dificuldade de penetração no mercado com a adoção da metodologia BIM e de sobreviver aos primeiros cinco anos de vida - que é uma grande peneira para a perpetuação de empresas no Brasil. O professor também alerta, assim como Bruno Santa Cecília, para o problema da modelagem excessiva que talvez não seja compatível com as necessidades de informação demandadas pelo canteiro de obras. Muitas vezes, itens de detalhes muito específicos são modelados e apresentados na modelagem BIM para depois não serem visualizados pelo canteiro, ocasionando muitas horas de trabalho do setor de projeto sem que traga qualquer ganho no canteiro. Essa modelagem excessiva, às vezes exigida pelos próprios entes da cadeia de projetos, uns para com os outros, pode gerar aumento de custos e dificuldade na competitividade das empresas sem que traga ganhos.

Em um mercado da construção no qual a mão-de-obra empregada nos canteiros de obras ainda é pouco qualificada, permanece presente no Brasil uma grande necessidade da entrega dos desenhos bidimensionais e da utilização do desenho convencionado por décadas no país da mesma forma como era entregue nas metodologias CAD. Ou seja, a utilização da modelagem BIM ainda reflete na produção dos desenhos tais como eram produzidos na era CAD, para que a mão-de-obra pouco qualificada no canteiro consiga interpretar os desenhos para execução. O BIM traz a possibilidade de que a modelagem da informação seja utilizada diretamente no canteiro de obras através de tablets, computadores e outros equipamentos que permitem visualização em tempo real e em 3D do que está sendo construído. Um exemplo são os *shafts* que antes eram detalhados em elevação e hoje poderiam ser facilmente visualizados com toda sua tubulação 3D para que os construtores tirassem dúvidas sobre o caminho e o arranjo das tubulações. Isso, porém, ainda não ocorre no Brasil. O professor João Diniz aponta que cada vez mais deve-se pensar que o projeto é desenvolvido, agora, de maneira a ser construído graficamente e não mais de ser desenhado através de mecanismos de representação.

[...] não tem que desenhar o projeto não, vocês tem que construir graficamente o projeto, é diferente. É como se você estivesse fazendo uma maquete, em escala real, digital do projeto. Você está construindo.

Apesar de reconhecer que o BIM permite essa modelagem da informação que potencializa a possibilidade de redução da carga de desenho a ser entregue para o canteiro de

obras quando comparado às formas tradicionais de desenho conhecidas e aplicadas através da metodologia CAD, o professor também reconhece que ainda sim existe uma grande necessidade da transposição da modelagem da informação para desenho em pranchas bidimensionais que consigam explicar as informações contidas na modelagem através do desenho convencional técnico brasileiro. “[...] eu queria chegar num ponto assim, que você fizesse um projeto que você entregasse um 3D, você não tinha nem que fazer prancha, um 3D perfeito.”. Ele ainda elucubra, em sua entrevista, sobre o cenário de que um projeto poderia ser, dentro do barracão de obras, através de computadores e outros meios eletrônicos, diretamente empregado no exercício da análise de dados para a construção. Ou seja, no barracão de obras, esse 3D seria utilizado para que quaisquer dúvidas no desenvolvimento da obra fossem sanadas através de análise da modelagem BIM.

O professor Sylvio de Podestá ainda comenta que dentro dessa lógica do governo de iniciar legislações e determinações de que a metodologia BIM deve ser adotada pelos seus órgãos internos, na prática essa adoção pouco tem avançado dentro do país. Obviamente, é um projeto de longo prazo, dado que é extremamente desafiador a previsão, pelo governo, de investimento nas licenças de softwares necessárias para que todos os órgãos governamentais possuam softwares licenciados para atuação em BIM, a capacitação e qualificação da mão-de-obra hoje já existente nesses departamentos públicos, muitas vezes concursada, que demanda uma reciclagem de conhecimentos para utilização dessas ferramentas e também o alto investimento na aquisição de novos computadores e outros equipamentos de hardware para permitir a introdução das ferramentas de maneira plena. Segundo o professor, de maneira geral, em projetos pequenos dentro dos escritórios de arquitetura e engenharia, ainda é preciso desenvolver projetos ou de maneira híbrida, iniciados no BIM e finalizados em CAD, ou até mesmo diretamente em metodologia CAD (alguns escritórios têm preferido). Isso se dá “principalmente porque o sistema de recebimento desses projetos em toda a rede, aprovação, complementares, obra e compatibilização continuam o mesmo.”. Conforme apresentado por Sylvio de Podestá, apesar de existir uma exigência virtual da implementação do BIM pelas empresas - é um processo de longo prazo e o mercado paulatinamente o fará; atualmente ainda existe uma grande necessidade da utilização do CAD como interface e processo transitório. Essa transição é muito mais lenta e dificultosa, se comparada à migração ocorrida da prancheta para o CAD nos anos 90. Outra preocupação apontada pelo professor que rebate

diretamente na implementação da metodologia BIM nas empresas, no mercado e também na universidade é que a lógica da industrialização 4.0 (era digital) ocasiona uma divisão excessiva do trabalho. O mesmo pode ocorrer dentro da metodologia BIM, em que, assim como discutido anteriormente sobre reservas de mercado para o profissional de *BIM manager*, podem surgir ainda outras reservas ou especializações para atuação dentro da metodologia. Um exemplo dado por Sylvio de Podestá é de que um foguete, atualmente, não é mais feito pelo projetista do foguete, mas sim por centenas de pessoas que trabalham em volta daquele projeto, construindo pequenos componentes daquele projeto. Dessa forma, existe também uma crítica e uma preocupação acerca do quanto a metodologia BIM poderá impactar nas empresas de projeto e no ensino de projeto frente à essa especialização segmentada da atuação dos profissionais, onde cada profissional será especialista e responsável pelo desenvolvimento de componentes e partes de um projeto ao invés de entendê-lo em sua totalidade.

Os empresários entrevistados hoje confrontam exigências do mercado, sejam clientes privados ou órgãos públicos governamentais de aprovação de projetos, para entrega de desenhos na maneira tradicional, apesar de implementar BIM internamente nas empresas. O empresário Aymon Gomes aponta para a necessidade de um projeto desenvolvido em BIM ter de ser adaptado para CAD, muitas das vezes. Ou seja, o projeto precisa ser exportado para a metodologia CAD. Essas ferramentas BIM conseguem fazer a exportação dos desenhos para CAD, mas ocasionam uma série de retrabalhos nos mesmos, para que alcancem o padrão convencionado de representação da metodologia tradicional. Segundo ele, os desenhos perdem algumas funcionalidades de *layers*, cores, e, portanto, é preciso retrabalhar de maneira exaustiva os desenhos em CAD para que sejam entregues com a mesma qualidade anteriormente exigida. “[...] é extremamente complexo para você simplesmente fazer um projeto em BIM e transformar ele em CAD e apresentar para o cliente.”. Mesmo com esse desafio, o empresário afirma que prefere desenvolver os projetos em BIM e gerar os CADs exigidos pelos clientes (entes públicos e privados) do que desenvolver totalmente em CAD, dado diversos ganhos de eficiência trazidos pela modelagem BIM para as disciplinas de sistemas prediais, foco do trabalho que desempenha na sua empresa.

Outro paradoxo apresentado por Aymon Gomes, que ainda persiste na utilização do BIM tanto no Brasil quanto no mundo, é o entrave existente pela necessidade de evolução e melhoria da computação em nuvem. Ainda hoje, apesar de já ser comum a existência de

servidores capazes de abrigar todos os arquivos BIM de todas as disciplinas de projeto atreladas a um grande projeto, muitas das vezes essas nuvens não são capazes de permitir aos usuários a manipulação dos modelos dentro da própria nuvem. Isso faz com que seja necessário downloads do arquivo para um computador físico, o trabalho dentro do software no computador do usuário e, depois, o usuário precisa realizar o upload do arquivo atualizado de volta para a nuvem. Dessa forma, não existe ainda a colaboração efetiva, o nível de maturidade 3 na adoção da metodologia BIM, onde todas as disciplinas interagem, independentemente da sua geolocalização, em tempo real no desenvolvimento do modelo. Ainda existe um lapso temporal de compatibilização que não é instantâneo, mas sim dependente do tempo em que cada profissional realiza a modelagem da informação de sua disciplina e, posteriormente, a disponibiliza na nuvem para que as demais disciplinas possam visualizar as mudanças e a evolução do projeto de cada uma. O empresário também levanta, de maneira crítica, a questão da adoção de ferramentas específicas no ensino de projetos, tendo em vista o alto custo das licenças de BIM. Ele indica que os alunos dentro da universidade, possuem licenças estudantis oferecidas pelos desenvolvedores de software. Entretanto, ao sair da academia e se deparar com o mercado, esses profissionais terão que realizar a compra das licenças. É, portanto, importante que a universidade pense em caminhos e soluções que não vinculem cada instituição de ensino à uma parceria com um desenvolvedor de software específico.

[...] você pode até ensinar na faculdade, vamos dizer assim, BIM e tal, bonitinho, tem algumas ferramentas estudantis e não sei o quê. Mas na hora que você vai para o escritório, você tem que trabalhar no escritório, ele é muito caro. Ele praticamente inviabiliza a utilização. [Cf. Aymon Gomes].

Ele ainda discorre sobre o assunto demonstrando que a utilização dos programas BIM, qualquer um dentre os programas que hoje dominam o mercado, é muito cara e reduz a competitividade do profissional no mercado. Aymon Gomes demonstra que o profissional em início de carreira, no Brasil, consegue captar projetos de forma esporádica e são, normalmente, projetos menores que vão iniciar a trajetória profissional desses novos participantes da cadeia da construção. Essa pequena oscilação na demanda de alguém que está iniciando seu trabalho no campo de projetos pode, inclusive, fazer com que não consiga usar continuamente ou diariamente, as licenças de software. Isso faz com que esse investimento se torne ainda mais difícil e oneroso para os novos profissionais.

Sobre a discussão acerca das exigências do poder público em licitações de projetos desenvolvidos em BIM, Aymon (2021) ainda aponta que apesar de existir atualmente legislação que obriga os órgãos públicos a licitar em BIM, resta apenas um grande paradoxo nessa situação: apesar de exigir em processos licitatórios projetos em BIM, não existe, dentro dos órgãos, pessoas qualificadas para análise e utilização das modelagens BIM nem licenças e hardwares para que tal processamento aconteça. Um grande paradoxo da falta de hardware, software e mão-de-obra diante de uma exigência que faz com que o mercado entregue um determinado produto que sequer é aberto pelas equipes desses órgãos, por falta de capacidade de realizar a análise desses modelos. Nesse contexto, muitas das vezes, o projeto que é desenvolvido em BIM também tem exigências de ser entregue em CAD, para que esse seja manipulado pelos órgãos e o BIM seja apenas arquivado. Isso também dificulta a competitividade, ocasiona duplicidade de trabalho e aumento da carga de trabalho nas empresas de projeto para que consigam atender as exigências legais e as necessidades de utilização dos desenhos por esses órgãos que ainda não estão capacitados para utilização do BIM. O empresário ainda cita o caso de entidades públicas com as quais as diversas disciplinas de projeto se relacionam constantemente e necessitam realizar aprovações de projetos dentro desses órgãos: “[...] o órgão vai exigir que eu faça um projeto em BIM, se ele não consegue ler BIM? Então não adianta ele me exigir uma coisa e me cobrar outra, não faz sentido.”.

Para Ítalo Batista, o principal desafio na adoção do BIM continua sendo o custo das licenças de software. “[...] o primeiro entrave é esse, é o preço, não é barato.”. Em segundo lugar, o empresário coloca como um impacto ainda muito forte nas empresas a substituição de hardware.

Segundo impacto que tem: máquinas. As máquinas precisam ser todas melhores, com capacidade de processamento muito superior às máquinas CAD, então não é qualquer máquina que roda, mais um custo.

Um terceiro entrave apontado por ele é a restrição da normatização existente na programação dos softwares. As normas embutidas nos softwares BIM são, em sua grande maioria, normas de outro país ou de convênios entre países norte-americanos ou europeus, visto que os softwares normalmente são internacionais. Não são compatíveis com as normas brasileiras. “Você tem que adaptar, se você quiser usar ele, o BIM, de uma forma mais efetiva, utilizando para cálculos, para tudo.”. Ítalo Batista também aponta seu desconforto na

utilização do BIM atrelada à produção de desenhos tradicionais. Para ele, o canteiro de obras deveria receber o modelo e trabalhar diretamente com ele, sem a necessidade da transposição da informação através dos desenhos 2D. "O cara recebe um modelo, ele tem que trabalhar naquele modelo e pronto. Você não tem que dar papel para ele mais."

Outro paradoxo existente no mercado brasileiro relacionado à adoção da metodologia BIM, é apresentado por Rodrigo Trindade. Segundo ele, diversos fabricantes de componentes da construção não oferecem bibliotecas de famílias dos objetos dos seus produtos para utilização na metodologia BIM. Isso ocasiona, para as empresas, uma sobrecarga de trabalho ao necessitar modelar famílias de objetos para composição dos projetos, ao invés de realizar um download diretamente do site dos fornecedores.

[...] é inconcebível uma empresa de engenharia como a nossa, que é uma empresa pequena, ficar modelado aquecedor para a Bosch, que é uma empresa multinacional, desenvolvendo reservatório para a Enalter que é fabricante.

O empresário ainda reforça que outros fatores que entram o desenvolvimento da metodologia BIM nas empresas de projeto no Brasil são custos de software alto e não existir ainda mão-de-obra suficientemente qualificada no mercado, o que ocasiona num custo de capacitação interna das pessoas nas empresas. Rodrigo Trindade ainda reforça que, ao contrário da metodologia CAD que pôde ser adotada pelas empresas com muita rapidez e facilidade, a metodologia BIM demanda muito mais investimento, tanto financeiro quanto em capital humano.

[...] ele é uma coisa que mexe bastante na cultura das empresas. Então requer investimento de grana, de tempo, de aculturação dentro da empresa, de compreensão na plenitude, para você explorar.

Para Sandra Botrel, um grande desafio do BIM está relacionado à representação gráfica. Para ela, essa representação em softwares BIM é péssima quando comparada à de projetos desenvolvidos em CAD, sobretudo para as disciplinas de mecânica das edificações. O BIM deixa a desejar, sendo que é preciso repensar as possíveis formas de representações bidimensionais trazidas pelo software. Isso, pois, devido a representação como hoje é feita, por métodos tradicionais, demanda imenso tempo e retrabalho das empresas para alcançá-la quando utilizados softwares BIM.

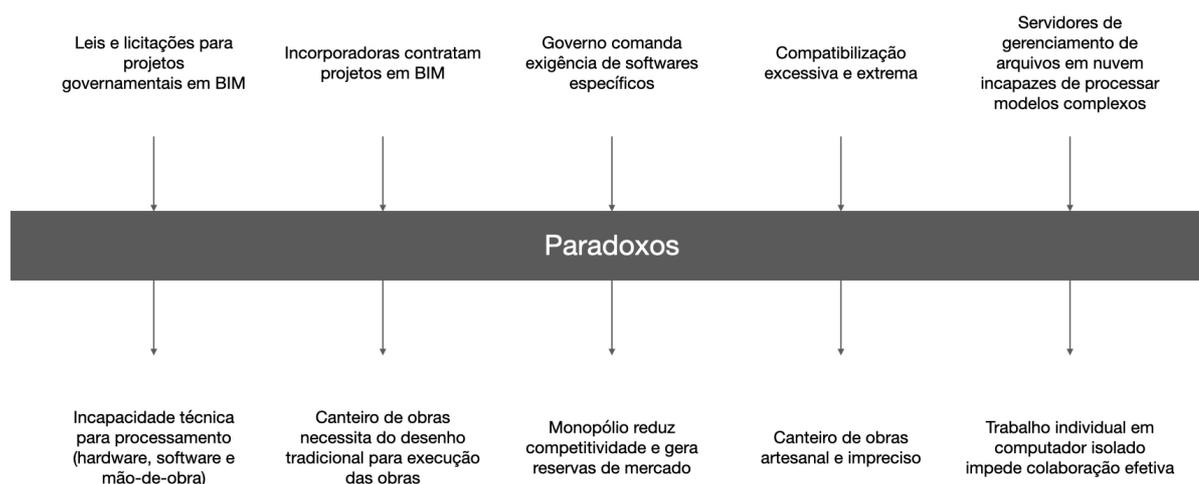


Figura 22 – Paradoxos do mercado brasileiro na adoção de BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.5 Os fornecedores são players importantes

Conforme apresentado na seção anterior através da fala do empresário Rodrigo Trindade, um dos grandes paradoxos existentes sobre a adoção da metodologia BIM no mercado brasileiro da construção é a falta da participação dos fornecedores de produtos e componentes da construção no oferecimento de bibliotecas de famílias dos produtos produzidos por esses. Em outros países, os fornecedores participaram junto dos demais agentes da construção no processo de migração para o BIM. No Brasil, apenas poucos fornecedores têm participado desse processo. Existem empresas que já oferecem, há alguns anos, as bibliotecas de famílias de seus componentes em BIM, mas a grande maioria dos fornecedores tradicionalmente presentes no mercado da construção brasileiro não tomaram essa iniciativa, dificultando ainda mais o processo de implementação de BIM nas empresas de projeto, que se veem reféns da modelagem e desenvolvimento de famílias internamente para que possuam elementos e bibliotecas suficientes para modelagem da informação.

Esse custo de desenvolvimento de famílias, sua programação e organização em bibliotecas ocasiona, para as empresas de projeto, um custo ainda maior na implementação do BIM. Também faz com que essas empresas corram risco de cadastrar informações que não sejam mais compatíveis com atualizações e melhorias nos produtos realizados pelos fornecedores, dentro dos parâmetros de informação dessas famílias. As bibliotecas, além de terem menos consistência de informação do que teriam caso fossem oferecidas pelos desenvolvedores dos produtos, ainda demandam mão-de-obra qualificada específica dentro

das empresas para desenvolvimento desses componentes da construção. Segundo Aymon Gomes

[...] um dos entraves ainda é que as empresas (fornecedores), elas deviam trabalhar nessas ferramentas também para gerar as famílias dos seus produtos - já que elas entendem muito mais dos seus produtos.

Ítalo Batista também menciona essa dificuldade: "Outra dificuldade é a falta de famílias no mercado, famílias dos fornecedores, de materiais, etc, bem feitas.". Apesar desse questionamento não se fazer, inicialmente, dentro da universidade através dos trabalhos de projeto desenvolvidos pelos alunos de arquitetura, a discussão tem ecoado fortemente dentro do mercado da construção. A universidade poderia contribuir nesse processo oferecendo parcerias com empresas da construção, onde alunos de iniciação científica desenvolveriam bibliotecas de famílias para os fabricantes em troca do aprendizado e conhecimento sobre parametrização avançada em BIM e sobre as características dos materiais e produtos que estão sendo ofertados ao mercado pelas empresas. Outras alternativas também podem ser pensadas nesse contexto, mas a universidade também é um agente importante nessa cadeia da construção e pode desempenhar um papel na alavancagem do desenvolvimento de bibliotecas de famílias para o mercado nacional.

Dentro desse contexto da universidade atuar em parceria com as empresas para o desenvolvimento de bibliotecas de produtos nacionais, poderia haver inclusive o recebimento pelas universidades de recursos dessas empresas, que seriam em outro caso destinados a contratação de empresas privadas para desenvolvimento de famílias. Dessa forma, a universidade capta recursos tanto para o desenvolvimento das bibliotecas para os fornecedores quanto para investimentos em outras linhas de pesquisa, em hardware e softwares para laboratórios ou outros investimentos relacionados à utilização de BIM na universidade. Esse tipo de solução, em parceria das universidades com o setor privado, permitiria o avanço das ofertas de bibliotecas de famílias de produtos nacionais no país ao mesmo tempo em que introduziria investimentos para a metodologia BIM dentro da universidade, com aquisição de hardware, software, capacitação e formação de professores e alunos, configurando um múltiplo ganho para todos os entes envolvidos nesse processo.

Dada a possibilidade da universidade participar juntamente do mercado fornecedor de material de construção para o desenvolvimento de bibliotecas dentro de um padrão brasileiro, é importante ainda ressaltar que os agentes fundamentais neste processo são os

fornecedores. Ao contrário do que se observa no restante do mundo, os fornecedores brasileiros não investiram nesse tipo de solução de oferecer para o mercado suas bibliotecas de família em BIM, sendo que essa oferta garante, inclusive, que listas de quantitativos e tabelas gerem, automaticamente, a especificação de seus produtos dentro da metodologia BIM pelas empresas de projeto. Apesar da sugestão de que a universidade pode contribuir nesse processo, o agente responsável por esse avanço deve ser reconhecidamente o fornecedor de produtos de construção civil.

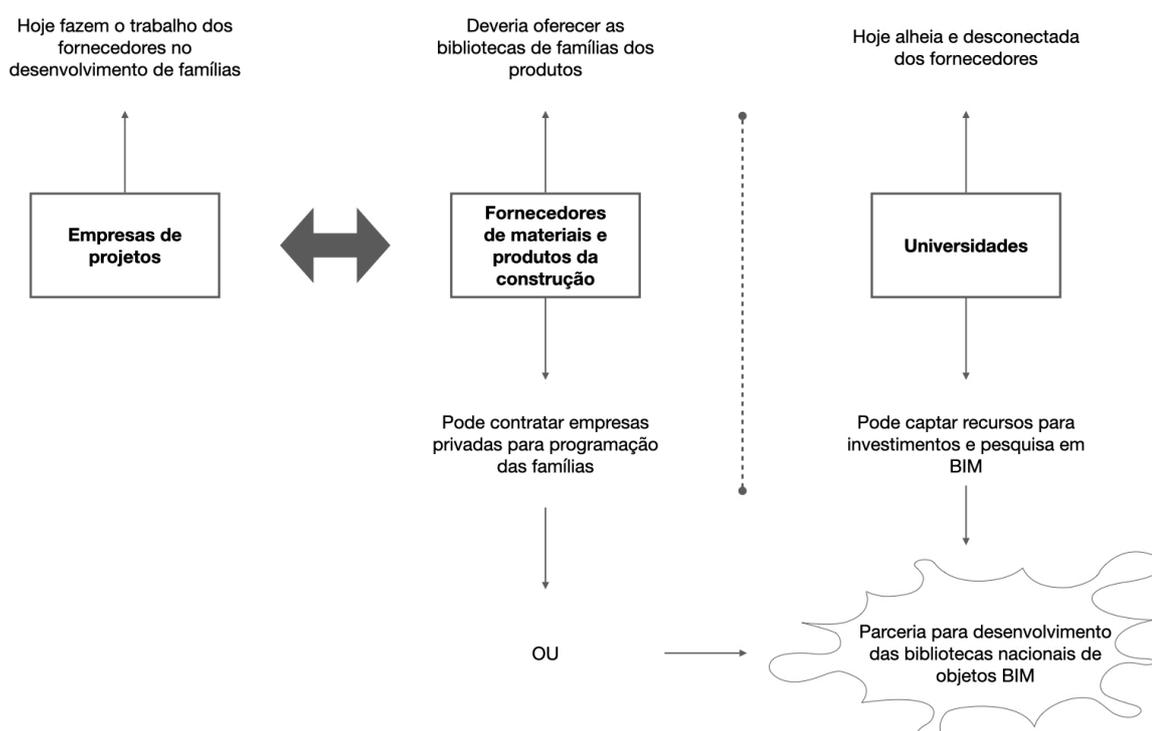


Figura 23 – Modelo para potencial avanço no desenvolvimento de bibliotecas de famílias de componentes da construção nacionais.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.6 Contradições governamentais

Como apresentado na seção Paradoxos do mercado, o governo brasileiro tem participado ativamente desse impulsionamento do mercado para a adoção da metodologia BIM, através de licitações, nos últimos anos. Isso se configura, muitas das vezes, como paradoxo frente algumas contradições encontradas nas ações do governo brasileiro para incentivar a implementação de BIM no Brasil. Para o professor Carlos Alberto Maciel, as recentes legislações aplicadas no Brasil para que todas as obras públicas sejam feitas em BIM,

assim como ocorreu em outros países no mundo, precisam ser analisadas de maneira crítica para observar a quem interessa esse tipo de legislação. Ele levanta que, obviamente, existem benefícios nesse tipo de exigência feita pelo governo, como por exemplo o controle de qualidade dos projetos e das obras, facilitado pela implementação da metodologia BIM. Mas existe a hipótese de que tenha havido lobby, assim como em outros países também foi levantada essa possibilidade, para que essas leis fossem aprovadas. Potencialmente, não foram os setores de qualidade dos órgãos públicos que motivaram esse tipo de legislação, mas sim o lobby dos desenvolvedores de softwares BIM para a implementação da metodologia no governo brasileiro.

O professor ainda apresenta os impactos dessa cadeia de influência da obrigatoriedade de implementação de BIM ocasionada pelas novas legislações impostas pelo governo.

[...] porque na hora que isso passa a ser obrigatório, é obrigatório para o cara que está fornecendo mas também para o órgão público, porque como é que ele recebe o projeto, como é que ele confere, como é que ele vai depois dar sequência nas atividades de projeto? Ele tem que ter o software. Ai as escolas tem que ter o software, tem que ensinar porque tem que o mercado atender. E aí é uma bola de neve e um volume de recursos absurdo que vai ser mobilizado para isso e que vai todo para o ralo só para uma empresa no exterior, gerar lucro nos Estados Unidos.
Carlos Alberto Maciel.

Frente a esse desafio, Carlos Alberto Maciel ainda apresenta uma solução plausível para o problema. Ele equaciona que se o Brasil inteiro, dentro das esferas públicas apenas, pagarem licenças anuais de um software para todos os níveis da federação (municipal, estadual e federal), esse mesmo dinheiro poderia ser empregado durante 10 anos em investimento para a criação de um software open-BIM nacional livre. Assim, toda a cadeia da construção brasileira estaria livre do monopólio de softwares que canalizam recursos para empresas no exterior. Seria um investimento do governo, podendo contar ainda com parcerias de universidades públicas para o desenvolvimento desse software. Centros de pesquisa e desenvolvimento tecnológico poderiam abarcar inúmeros cursos de graduação e pós-graduação na construção de um software BIM livre nacional. Cursos como engenharia da computação, programação, arquitetura, outras engenharias, design gráfico, entre outros diversos cursos que poderiam estar envolvidos num processo de longo prazo que fomentaria toda uma rede de economia, desenvolvimento e progresso na construção civil nacional,

inclusive para melhoria contínua dessa plataforma. "O monopólio é ruim e ainda é pior porque ele drena recursos do país para fora. Que é uma lógica de exploração colonial."

Essa contradição governamental de exigir a utilização de um software específico pelo país, além de gerar recursos para o exterior, gera também reserva de mercado, conforme apresentado em seção anterior. Carlos Alberto Maciel apresenta duas possibilidades futuras para o BIM no Brasil: numa delas haveria o monopólio total de um único fornecedor, cada vez maior, dominando a oferta de software para produção de projetos no país. Na segunda opção, existiria a possibilidade de um ou mais softwares livres pensados para o nosso mercado nacional, desenvolvidos pelas universidades em parceria com o poder público e empresas, tornarem o ambiente de projetos na construção civil muito mais saudável e progressista.

Tem um futuro, que é um possível, que é a escravização total de todos os arquitetos e engenheiros do setor público no monopólio de um único fornecedor, cada vez maior. E o outro futuro imaginável, que eu gostaria, é surgir um ou vários open BIM's e a coisa derivar para uma plataforma mais leve, no sentido de menos burocrática e ao mesmo tempo mais democrática. Carlos Alberto Maciel.

Nesse contexto, da contradição do governo em exigir a utilização de ferramentas BIM para os processos licitatórios de projetos em todas as esferas da federação, incluindo municípios, mas ao mesmo tempo não possuir ainda capacidade interna de software, hardware e pessoas para processamento dos dados e análise dos modelos entregues nos processos licitatórios, Sylvio de Podestá também levanta uma crítica acerca do tema.

[...] só vai ser possível entregar projeto do governo se for em BIM. Eu quero saber se isso aí, o que que é, se é uma jogada dos proprietários dessas ferramentas, porque eu não acredito que a prefeitura esteja tão preparada nem o governo estão tão preparados para trabalhar só com a plataforma desse nível, [...]

O professor ainda aponta os rebatimentos desse contexto na formação de reservas de mercado. Para ele, essa determinação governamental é um complicador para a questão das reservas de mercado, pois estabelece que esse nicho especializado em licitações já existente acaba por ficar ainda menor e mais restritivo. Essa restrição acontece, pois, conforme explicado anteriormente, existe um grande desafio nas empresas menores para adoção da metodologia BIM, em termos de custos e investimentos necessários.

De acordo com as falas apresentadas acima por Carlos Alberto Maciel e Sylvio de Podestá, cabe a reflexão de como a universidade pode ser um agente participante influenciador de alternativas e soluções que sejam mais saudáveis para o mercado interno da

construção civil. A universidade e os centros de pesquisas são os principais instrumentos capazes de gerar alternativas e proposições de políticas para adoção de softwares livres no Brasil e desenvolvimento dos mesmos, em parceria com governos, empresas e outros entes atrelados à cadeia da construção.

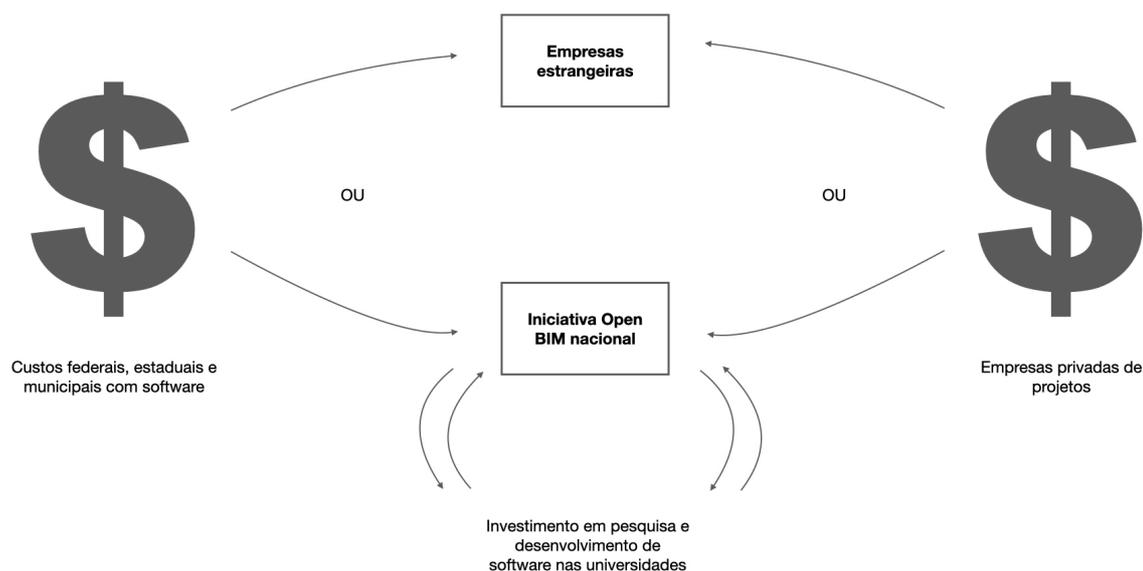


Figura 24 – Possíveis caminhos da aplicação de recursos para aquisição de licenças de software BIM.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.7 Formação contínua

Uma outra discussão pertinente trazida por alguns dos entrevistados é de que a formação do profissional de arquitetura e urbanismo é contínua e se estende para além e depois da graduação. Os conhecimentos atrelados à construção representam uma carga de conhecimento muito grande para ser totalizada ao fim da graduação. Na verdade, a prática profissional do arquiteto urbanista permite à ele adquirir diversos conhecimentos vivenciais que não são suficientemente transpostos durante a faculdade. Esse reconhecimento, de que a formação do arquiteto é contínua, tange também as discussões acerca da implementação do BIM na universidade. É preciso, inclusive, compreender que a adoção de BIM no ensino não fará com que o aluno alcance o seu conhecimento acerca de projeto e da vivência profissional para além daquilo que a universidade consegue hoje oferecer. Se faz necessário, portanto, estabelecer uma visão crítica do ensino que permita aos alunos receberem uma formação que embase e muna de conhecimentos suficientes para a prática profissional e permitir que esse

aluno, que posteriormente irá se integrar ao mercado de trabalho, tenha capacidade crítica para buscar avanços e melhorias na sua formação profissional, tal como hoje é feito na prática tradicional do mercado da arquitetura.

O professor Bruno Santa Cecília aponta que a modelagem da informação da construção pressupõe um entendimento mínimo de construção e que esse entendimento, hoje, é um gargalo na graduação. O aluno só se forma sobre construção ao longo do tempo. Durante a graduação, muitas vezes, o aluno não tem o conhecimento da construção consistente o suficiente ou bem formulado. Só irão formular esse conhecimento através da vivência profissional, o que complica a introdução da modelagem da construção, dado que o aluno, muitas das vezes, não sabe como determinados itens são construídos. É importante, com base nesse apontamento do professor, a reflexão de quais conhecimentos da construção são importantes de serem introduzidos nos cursos de graduação em arquitetura e urbanismo para embasar a modelagem da informação da construção pelos alunos. Mas é preciso compreender também que não é possível despejar todo o conhecimento da construção sobre os alunos e que muitos desses conhecimentos continuarão sendo adquiridos na própria vivência profissional de cada um após a conclusão da graduação. É também necessário frisar que, para além dos cursos de graduação, é possível a formação através de especializações e cursos de pós-graduação que contribuirão para a formação contínua dos profissionais do campo da arquitetura, tal como é realizado hoje.

Para Ítalo Batista, essa adoção da metodologia BIM nas universidades é apenas uma questão de tempo. Ele discorre sobre a questão de que a academia se tornará completamente obsoleta em pouco tempo, se não adotar a metodologia, frente às novas exigências do mercado por mão-de-obra qualificada para atuação na mesma. O empresário ainda diz que, na época da transição para o CAD, não fazia tanta diferença o recém-formado ter conhecimentos em CAD ou não, pois os processos de desenvolvimento de projetos eram os mesmos do desenvolvimento à mão, só se ganhava agilidade. Já com o BIM, existe uma revolução. Para ele, o BIM é informação e quem não tiver conhecimento na metodologia para manipular a informação com tempo rápido e necessário para desenvolvimento das obras, cada vez mais ágeis, estará fora do mercado, sem conseguir acompanhar suas necessidades. Para Ítalo Batista, o que acontecerá em curto prazo é que a academia irá se adaptar rapidamente à adoção da metodologia BIM. O mercado da educação já oferece diversos cursos de pós-

graduação em BIM, mas para ele, além desses cursos, as esferas mais baixas de ensino, tais como graduação e cursos técnicos, passarão a oferecer também. É toda essa cadeia de ensino, sistematicamente trabalhando com a mesma metodologia de trabalho, que garantirá capacitação de mão-de-obra em diversos níveis de formação para diferentes níveis de atuação em BIM - conforme os diversos perfis profissionais exigidos para atuação nessa nova metodologia dentro do mercado de desenvolvimento de projetos no Brasil.

Para João Diniz existe também a compreensão de que a formação do arquiteto urbanista é contínua e de que apenas a graduação não será capaz de abarcar todos os conhecimentos necessários para o desenvolvimento de projetos em BIM. Para ele, alguns dos conhecimentos são efetivamente voltados para especialistas, pessoas que irão escolher se formar, de maneira mais especializada, em gerenciamento de BIM e nas relações da modelagem da informação com conhecimentos mais voltados para programação e computação gráfica. Ele aponta a possibilidade de que haja cursos mais específicos para formação em arquitetura, tais como especializações voltadas para a construção digital. Dessa forma, a graduação de arquitetura embasaria os alunos nos conhecimentos necessários para desenvolvimento de projetos em BIM, mas especializações seriam realizadas através de cursos, disciplinas eletivas ou até pós-graduações. Para explicar melhor sua ideia, o professor faz uma analogia com a existência de uma especialidade dentro da construção civil, denominada projetista, durante os anos de desenvolvimento de projetos dentro da metodologia CAD e, sobretudo, na prancheta. O projetista era o personagem da construção que desenvolvia o projeto. O arquiteto desenvolvia um ante-projeto básico, concebia o projeto numa escala menor, 1/200 por exemplo, e esse desenho era passado ao projetista que então desenvolvia os desenhos em escalas maiores, como a 1/50, com detalhes, desenho técnico construtivo e obedecendo a normatização de desenho. O projetista era um desenhista especializado e, muitos deles, não eram arquitetos, eram desenhistas com formação para exercer tal atividade, mas que conheciam de obra e construção. Esse conhecimento, inclusive, os auxiliava no desenvolvimento do desenho de detalhamento técnico. Para João Diniz, talvez exista uma figura nova no mercado, na formação técnica e, dependendo do nível de especialização, na formação de pós-graduação, que será o que ele denomina “projetista digital”. Essa figura será capaz de, a partir do direcionamento e da concepção inicial de um

arquiteto, desenvolver uma modelagem da construção mais detalhada e de realizar a extração dos dados dos modelos BIM.

Para Rodrigo Trindade, a formação contínua dos profissionais de projeto da construção dentro da universidade passa também por pesquisas, projetos de iniciação científica e outras esferas do conhecimento, que não apenas o conhecimento tradicional da transposição didática em sala de aula ou das oficinas de projeto. Trazer o aluno para uma formação complementar em pesquisas de ciência e tecnologia pode ajudar a universidade e o mercado no desenvolvimento de software, em testagem de aplicativos e coisas relacionadas à um nível mais científico, para poder disponibilizar esses resultados para o mercado e garantir que a formação dos alunos em BIM seja mais ampla e consiga, efetivamente, abarcar questões que vão além dos conteúdos necessários para o cumprimento das diretrizes de ensino do MEC.

Para Sylvio de Podestá, a discussão de que a graduação deve formar o aluno para o mercado é complicada, já que a vivência da arquitetura pelos arquitetos não ocorre instantaneamente ao sair da escola, mas sim na vivência do mercado durante sua atuação ao longo de toda sua vida profissional. Sylvio de Podestá enxerga a utilização da metodologia BIM apenas como uma ferramenta que poderia potencializar a visualização de soluções de construção dentro do ambiente computacional, mas a trajetória do arquiteto e sua formação contínua é que fazem a sua produção singular de objetos arquitetônicos.

[...] eu gostaria que isso acontecesse também com uma ferramenta dessa aí, por exemplo, que eu pudesse dominar dentro do que já conheço de material, de arquitetura que eu vi, de arquitetura que eu estou querendo propor, das cidades que eu conheço, dos planos diretores que eu conheço, quer dizer, de toda essa informação que um arquiteto vai andando por aí e vai acumulando, e é profissão, é cumulativo. Eu, com uma ferramenta dessa, eu acho que eu estaria muito bem, eu faria um croqui do lado e pegaria o BIM do outro e ia juntando até chegar aqui onde que eu quero com mais rapidez. **Por isso que a experiência em arquitetura que dá qualidade ao software.**



Figura 25 – A formação contínua do arquiteto urbanista.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

5.4.8 Implicações urbanísticas

A última discussão que essa tese pretende trazer com base no diálogo com os entrevistados é sobre os rebatimentos da metodologia BIM no ambiente construído da cidade e nos pensamentos sobre urbanismo que podem se desencadear a partir da utilização desse tipo de metodologia. Uma transposição da metodologia BIM para o pensamento urbanístico é denominada CIM (City Information Modeling - Modelagem da Informação da Cidade). O entrevistado Sylvio de Podestá aponta para uma utilização desse pensamento e dessas ferramentas computacionais no desenvolvimento da cidade. Para ele, o planejamento urbano ganha um grande aliado ferramental no seu desenvolvimento e no pensamento urbanístico. O professor e empresário cita, por exemplo, a possibilidade da utilização da metodologia CIM para análise prévia das proposições de um plano diretor ainda a ser aprovado por um município. Dessa forma, decisões acerca do uso e ocupação do solo teriam um embasamento de simulação ambiental gráfico e visual antes mesmo de ser definido como lei. Se por um lado, hoje, os planos diretores são propostas pensadas para melhoria do uso e ocupação do solo, mas não contam com esse tipo de visualização do impacto das proposições legais na cidade onde esse plano seria potencialmente construído à exaustão, com o CIM é possível visualizar todos os impactos de uma determinada proposta urbanística para a cidade antes de legisla-la. Ferramentas avançadas atreladas ao CIM podem ainda analisar fluxos de trânsito,

rebatimento da circulação de vento na cidade, questões térmicas ocasionadas pelas edificações com parâmetros específicos estabelecidos pela lei e na concatenação de inúmeras informações atreladas à modelagem da informação. Também se faz possível a testagem de variações dos parâmetros urbanísticos visando encontrar os melhores caminhos e visualizar a cidade do futuro que melhor atende aos ideais e anseios da população.

Novamente, a universidade entra nesse contexto como ente aliado na crítica e na análise de desenvolvimento ambiental das cidades. Para Sylvio de Podestá "[...] talvez possam até ajudar numa pedagogia de escola de arquiteturas, para ver para onde as cidades caminharam e como as cidades poderão ser melhoradas nesse processo.”.

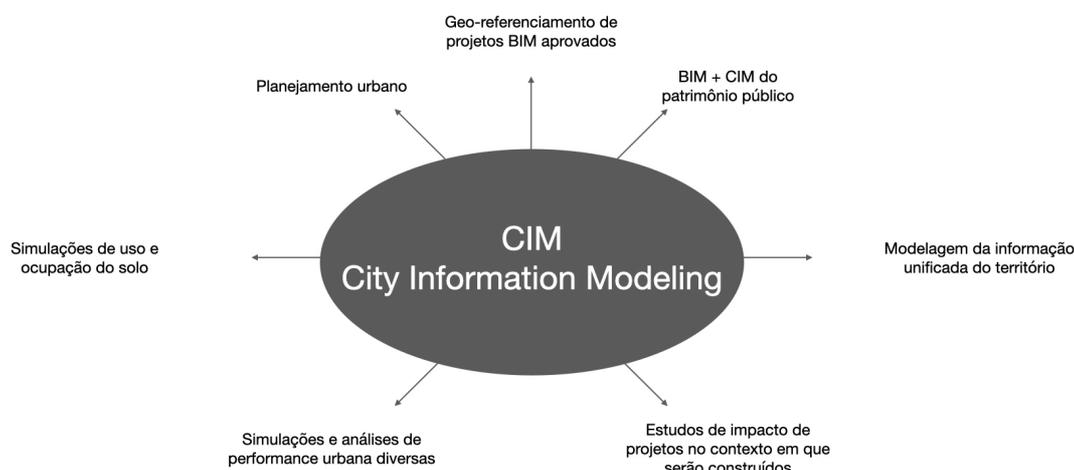


Figura 26 – Usos do CIM pela academia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura estrangeira estudada, sobre a percepção das universidades quanto a necessidade da introdução da metodologia BIM nos cursos de AEC, mostrou-se relevante apresentando relatos das formas como esses processos ocorreram, quais os ganhos e impasses trazidos pela implementação do ensino de BIM e quais experiências foram bem sucedidas e quais não foram. A mesma relevância foi percebida com a realização das entrevistas. As conversas com profissionais mostraram-se de grande valia para a pesquisa e apresentaram um arcabouço de informação e experiências trazidas pelos entrevistados maior do que o esperado antes do início das entrevistas. Ambos eixos da metodologia (revisão bibliográfica e entrevistas) se mostraram de qualidade no teor das informações e trouxeram à tona inúmeras discussões sensíveis ao que tange o tema da pesquisa. Serão apresentadas abaixo as conclusões e reflexões para discussões futuras que precisam ser ampliadas sobre a adoção da metodologia BIM nas universidades Brasileiras.

Tanto a bibliografia quanto as entrevistas confirmaram a hipótese de que a introdução do BIM na academia poderá interferir de fato no ciclo básico de instrumentação dos currículos de Arquitetura e Urbanismo alterando as prioridades dos conteúdos a serem ensinados nessas etapas introdutórias da formação.

A colaboração e a interdisciplinaridade são ganhos reais e um contributo original trazidos pela metodologia BIM para a academia. O histórico de fragmentação e isolamento das disciplinas dos cursos deverá ser repensado para modelos mais integradores, que priorizem a interdisciplinaridade e a transversalidade curricular, tendo em vista a característica colaborativa da metodologia BIM.

A universidade não deve se pautar no ensino de softwares específicos em sua grade curricular e sim em introduzir a metodologia como um todo, de forma que os alunos estejam capacitados para atuar em BIM (metodologia) e não em Revit, ArchiCAD, ou outro software (ferramenta) apenas. Esse pensamento se faz necessário frente a rápida evolução das tecnologias digitais que podem ser substituídas por outros avanços em pouco tempo. O ideal é uma formação que permita ao aluno e futuro profissional ser capaz de identificar e investigar o uso de ferramentas que lhe poderão ser úteis de maneira autônoma.

Novas formas de representação devem ser exploradas na academia em detrimento do imperialismo da representação técnica projetiva formal. Isso se faz necessário visto o grande potencial de representação espacial trazido pelo desenho paramétrico e pelas novas tecnologias digitais.

Com o BIM, a aproximação da universidade com o mercado pode representar uma grande contribuição da academia na cadeia produtiva da construção civil brasileira. Parcerias entre empresas da construção (construtoras, empresas de projeto, e fornecedores de produtos), governo e a academia podem alavancar projetos de open-BIM e de consolidação das bibliotecas nacionais de componentes e objetos da construção.

Mais pesquisas sobre o CIM devem ser realizadas por pesquisadores da área da tecnologia da informação e do urbanismo para exploração do seu potencial máximo na academia e no ensino e aprendizado de projetos urbanos, gestão do território e planejamento urbano.

A utilização de BIM não exclui as técnicas de ensino e aprendizado de projetos consagradas e tradicionais. A metodologia deve ser adotada, com cautela, nas fases de criação e concepção de projetos em conjunto com práticas tradicionais. O mecanismo psicológico de criação não sofre alterações com a metodologia BIM e deve dispor de todas as ferramentas possíveis para seu alcance. Os processos cognitivos de criação e projeção não mudam com a introdução do BIM.

Assim como a adoção e adaptação da metodologia BIM pelo mercado é longa, isso irá se refletir e repetir na academia. O processo é extenso e paulatino, diferente da velocidade em que aconteceu com a introdução do CAD. As alterações causadas nos processos e métodos de desenvolvimento de projetos e da construção ocasionadas pelo BIM demandam logo período de adaptação pela universidade.

A academia deve estimular e investir na atualização tecnológica do corpo docente e na infra-estrutura computacional instalada. Professores e profissionais precisam estar familiarizados com a metodologia para que possam ensiná-la da melhor forma. As novas ferramentas e softwares trazidos pelo BIM demandam máquinas com maior capacidade de processamento e hardware. Isso demanda investimentos e uma melhor estrutura tanto para os alunos quanto para os docentes em seu processo de atualização e formação tecnológica.

A pesquisa concluiu que os alunos são fortemente influenciados pela rede social existente de utilização de software no seu ambiente acadêmico, tendo seus pares e professores a maior influência sobre a sua escolha sobre quais softwares utilizar. Com isso é possível inferir que a academia tem participação na possível formação de monopólios de desenvolvedores de software no mercado da construção ao mesmo tempo que tem capacidade para difundir iniciativas de open-BIM que podem trazer avanços e melhorias para o mercado da construção nacional.

Em detrimento da lógica imperialista dos grandes fornecedores de software BIM que dominam o mercado surge uma alternativa idealizada para viabilização econômica de investimentos no open-BIM. Num cenário hipotético de introdução do open-BIM todos os entes da cadeia da construção civil Brasileira poderiam sair ganhando. Grandes escritórios não pagam mais licenças e aplicam parte da economia do custo com software nas universidades para que possam aprimorar o desenvolvimento de um open-BIM. A iniciativa tornaria o mercado mais democrático e traria maiores/melhores oportunidades e permissibilidade para a entrada dos pequenos iniciantes. Isso, sem mencionar os valores que o governo poderia investir nesse tipo de desenvolvimento caso não precisasse pagar licenças para todas as máquinas operando esses tipo de tecnologia em todas as esferas da federação.

O desafio é tão complexo que poucos estudos (ou praticamente nenhum) indicam como implementar o BIM de maneira 100% efetiva e segura nas universidades. A maioria dos estudos são superficiais ou pontuais. Até mesmo a defesa do PBL como instrumento de utilização ampliada do BIM pela academia se faz de forma hipotética, sem estudos de caso ou desenvolvimento de “roadmaps” acerca da adoção desse mecanismo didático atrelado ao BIM.

O eixo de disciplinas relacionadas a formação sócio-cultural do arquiteto urbanista não sofre quaisquer alterações com a introdução do BIM na academia. Disciplinas de estética, teoria e história da arquitetura, do urbanismo, do paisagismo e das artes somadas a estudos ambientais, sociais e econômicos devem seguir inalteradas nos currículos dos cursos sem sofrerem impactos ocasionados pela introdução de novas tecnologias digitais de projeto.

A introdução de BIM na academia se mostrou durante a pesquisa ser algo menos impactante do que se esperava quando do início da mesma - sem demandar nenhuma revolução curricular. Essa implementação pode tender e se adaptar facilmente às diretrizes

nacionais da educação estabelecidas pelo MEC sem necessitar quaisquer revisões das mesmas.

Apesar de não representar uma revolução curricular, a introdução de BIM nas universidades ocasiona mudanças nos níveis de ênfase na administração dos conteúdos a serem transmitidos para os alunos - com aumento de ênfase em disciplinas de tecnologias e gerenciamento da construção e redução de ênfase nas disciplinas de desenho projetivo. Isso ainda é reforçado pela conclusão de que o pensamento curricular para ensino em BIM deve estar voltado para reforçar nos alunos o domínio de projeto e dos conhecimentos da construção em congruência com uma redução de ênfase no conhecimento do uso das ferramentas computacionais - que podem ser alcançados através de formação complementar pelos alunos.

Existem diversos níveis de maturidade e conhecimento atrelados a diferentes perfis profissionais que atuarão em BIM no mercado da construção. Esses níveis requerem ciclos diferentes de ensino para serem alcançados. Por isso, não é papel exclusivo da graduação realizar a formação de BIM e não é possível a ela abarcar todos os conhecimentos atrelados a utilização dessa metodologia. Toda a cadeia de ensino deve ser incorporada nessa formação desde cursos de ensino técnico, passando pela graduação, até níveis mais elevados da formação de pós-graduação - incluindo-se também programas de trainee, estágios, especializações, disciplinas eletivas e outros programas de formação complementar e reciclagem tecnológica.

O BIM se mostrou capaz de permitir uma redução da carga de desenho projetivo nas disciplinas de projeto e ainda permite a supressão da dupla abstração ocasionada pelo uso de ferramentas CAD no dia a dia dos profissionais de projetos e dos estudantes.

Frente a constante e cada vez mais acelerada evolução das tecnologias digitais, o pensamento da formação profissional voltada para atuação no mercado de trabalho deve ser estruturado de maneira crítica e cautelosa. Ensino de ferramentas específicas podem ocasionar a obsolescência de conhecimentos do profissional no futuro por evolução tecnológica ou ainda ocasionar monopólios de mercado por desenvolvedores de software.

Com o advento de ferramentas computacionais de parametrização avançada, um retorno ao essencial pode significar uma contribuição sustentável da academia para a formação dos futuros profissionais atuantes nas áreas de projeto. Fundamentos matemáticos

sobre o comportamento geométrico das formas e a física dos materiais se tornam cada vez mais importantes para o uso da parametrização avançada e a capacidade crítica do profissional de imputar dados nessas ferramentas e avaliar os outputs apresentados pelas mesmas.

A pesquisa também observou que parcerias estabelecidas entre as universidades e as empresas da construção civil podem acelerar a reciclagem tecnológica necessária a ser realizada com o corpo docente para uma plena implementação de BIM e representar ganhos de mão dupla. Por um lado os professores recebem a reciclagem tecnológica, aproximam-se das empresas para estudos de caso e outras pesquisas e as empresas se beneficiam com a oferta pela universidade de cursos de formação e soluções alcançadas em pesquisas acadêmicas para um futuro mais sustentável do mercado da construção civil nacional.

A padronização do uso de componentes da construção através de famílias de objetos e de soluções projetuais pode ampliar problemas já existentes de repetição e redução de originalidade no ambiente construído. A universidade deve estar atenta para não ocorrer esse tipo de ampliação do problema dentro das disciplinas de ensino e aprendizado de projetos com a adoção de BIM.

A atuação do governo brasileiro no incentivo legal à implementação de BIM no mercado da construção brasileiro possui falhas estratégicas críticas que podem representar danos futuros ao mercado. Exigir licitação de projetos em BIM sem possuir capacidade técnica interna para gerir os modelos é um verdadeiro paradoxo e acaba por ocasionar um trabalho duplo e redundante das empresas no fornecimento de projetos em BIM e em CAD simultaneamente. Outro paradoxo desempenhado pelo governo é a exigência de que os projetos licitados em BIM sejam entregues em softwares específicos - o que claramente conduz o mercado para uma monopolização de desenvolvedores de software específicos sobre os sistemas computacionais de projeto utilizados no país.

O mercado da construção civil no Brasil também apresenta comportamentos paradoxais que devem ser observados e criticados pela academia. A busca por uma compatibilização BIM excessiva não condiz com o nível de precisão de execução encontrada no canteiro de obras Brasileiro. O despreparado do canteiro de obras em absorver a metodologia BIM acaba por ocasionar uma necessidade de manutenção do desenho tradicional para as obras. Se por um lado os escritórios de projeto estão discutindo os avanços

para ferramentas computacionais cada vez mais avançadas, o canteiro de obras segue relegado a baixa qualificação na formação profissional e falta de capacidade de interação com tecnologias digitais.

Ao mesmo tempo que é um caminho sem volta capaz de trazer ganhos e melhorias no ensino e aprendizado de projetos e ocasionar uma maior integração curricular, a metodologia BIM também ocasiona impasses didáticos e demanda um processo de adoção lento e oneroso pela academia. Sua implementação deve ser realizada de maneira crítica para que a universidade possa continuar a desempenhar seu papel de auxílio no desenvolvimento profissional, social e econômico - na formatação de um futuro mais sustentável para o nosso país.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMEED, Wael. BIM in architecture curriculum: a case study. **Architectural Science Review**, [S.L.], v. 61, n. 6, p. 480-491, 18 jun. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00038628.2018.1483888>.
- ABRISHAMI, Sepehr; GOULDING, Jack; RAHIMIAN, Farzad Pour; GANAHA, Abdul. Virtual generative BIM workspace for maximising AEC conceptual design innovation. **Construction Innovation**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 24-41, 5 jan. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ci-07-2014-0036>.
- AGIRBAS, Asli. Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students. **Frontiers Of Architectural Research**, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 940-950, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foar.2020.03.007>.
- AGUIAR, Victor Rafael Laurenciano; MEDEIROS, Claudio Melquiades. ENTREVISTAS NA PESQUISA SOCIAL: O RELATO DE UM GRUPO DE FOCO NAS LICENCIATURAS. **III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia**, [S.L.], p. 10-18, 26 a 29 out. 2009. IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE, PUCPR. https://educere.bruc.com.br/cd2009/pdf/3041_1475.pdf.
- AL-ASHMORI, Yasser Yahya; OTHMAN, Idris; RAHMAWATI, Yani. Bibliographic analysis of BIM Success Factors and Other BIM Literatures using Vosviewer: a theoretical mapping and discussion. **Journal Of Physics: Conference Series**, [S.L.], v. 1529, n. 4, p. 042105, 1 abr. 2020. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042105>.
- ALMULLA, Mohammed Abdullatif. The Effectiveness of the Project-Based Learning (PBL) Approach as a Way to Engage Students in Learning. **Sage Open**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 215824402093870, jul. 2020. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/2158244020938702>.
- BARROSO, Gonzalo Sánchez; DOMÍNGUEZ, Jaime González; MURILLO, Felix Badilla; VILLA, Juan Aunión; SALCEDO, Justo García Sanz; AMADOR, Juan Pablo Carrasco; LOBO, Jose Luis Cañito. Implementación del aprendizaje basado en proyectos a través de la tecnología BIM = Implementing Project-Based Learning through BIM Technology. **Advances In Building Education**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 34, 25 nov. 2020. Universidad Politecnica de Madrid - University Library. <http://dx.doi.org/10.20868/abe.2020.2.4462>.
- BASTO, Priscilla Elisa de Azevedo; LORDSLEEM JUNIOR, Alberto Casado. Ensino de BIM em curso de graduação em engenharia civil em uma universidade dos EUA: estudo de caso. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 16, n. 4, p. 45-61, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000400104>.
- BATISTELLO, Paula; BALZAN, Katiane Laura; PEREIRA, Alice Theresinha Cybis. BIM no ensino das competências em arquitetura e urbanismo: transformação curricular. **Parc**

Pesquisa em Arquitetura e Construção, [S.L.], v. 10, p. 1-16, 27 abr. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653989>.

BAYHAN, Hasan Gokberk; KARACA, Ece. Technological innovation in architecture and engineering education - an investigation on three generations from Turkey. **International Journal Of Educational Technology In Higher Education**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-22, 7 ago. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s41239-020-00207-0>.

BECERIK-GERBER, Burcin; GERBER, David J.; KU, Kihong. The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. **Itcon Paper**. California, p. 411-432. fev. 2011. Disponível em: <https://itcon.org/paper/2011/24>. Acesso em: 09 mar. 2022.

BESNÉ, Alia; PÉREZ, Miguel Ángel; NECCHI, Silvia; PEÑA, Enric; FONSECA, David; NAVARRO, Isidro; REDONDO, Ernesto. A Systematic Review of Current Strategies and Methods for BIM Implementation in the Academic Field. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 11, n. 12, p. 5530, 15 jun. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app11125530>.

BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, [S.L.], v. 2, n. 1 (3), p. 68-80, jan. e jul. 2005. UFSC. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/view/18027/16976>.

BOTON, Conrad; FORGUES, Daniel; HALIN, Gilles. A framework for building information modeling implementation in engineering education. **Canadian Journal Of Civil Engineering**, [S.L.], v. 45, n. 10, p. 866-877, out. 2018. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjce-2018-0047>.

BÖES, Jeferson Spiering; BARROS NETO, José de Paula; LIMA, Mariana Monteiro Xavier de. BIM maturity model for higher education institutions. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 131-150, abr. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200518>.

ÇAPKIN, D. F.; IŞIKDAĞ, Ü.; TONG, T.. DESIGN STUDENTS VIEWPOINT ON BIM: a preliminary assessment of the indicators. **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences**, [S.L.], v. -4/3-2020, p. 143-150, 23 nov. 2020. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xliv-4-w3-2020-143-2020>.

CHECCUCCI, Érica de Sousa. Teses e dissertações brasileiras sobre BIM: uma análise do período de 2013 a 2018. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [S.L.], v. 10, p. 0190081-01900817, 26 fev. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653708>.

- EASTMAN, C. et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2011.
- FORSYTHE, Perry; JUPP, Julie; SAWHNEY, Anil. Building Information Modelling in Tertiary Construction Project Management Education: A Programme-wide Implementation Strategy. **Journal for Education in the Built Environment**, [S.L.], v. 8, n.1, p. 16-34, 15 dez. 2015. The Higher Education Academy. <https://doi.org/10.11120/jebe.2013.00003>.
- JAMAL, Khairool Aizat Ahmad; MOHAMMAD, Mohammad Fadhil; HASHIM, Norfashiha; MOHAMED, Mohamed Rizal; RAMLI, Mohd Adib. Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian Architect's Perspective. **Matec Web Of Conferences**, [S.L.], v. 266, p. 05003, 2019. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201926605003>.
- JIN, Ruoyu; ZOU, Patrick Xiaowei; LI, Bo; PIROOZ FAR, Poorang; PAINTING, Noel. Comparisons of students' perceptions on BIM practice among Australia, China and UK. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 26, n. 9, p. 1899-1923, 4 jun. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-07-2018-0275>.
- KOCATURK, Tuba; KIVINIEMI, Arto. Challenges of Integrating BIM in Architectural Education. **Building Information Modelling - Volume 2 - Computation and Performance**, p. 465-473, set. 2013. http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2013_034.content.pdf.
- LEAL, Bianca Marques Figueiredo. BIM no ensino de tecnologia da construção. **Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção**, [S.L.], v. 10, p. 0190271-01902714, 25 dez. 2019. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v10i0.8653550>.
- LEE, A. et al. **Developing a Vision of nD-Enabled Construction**. [s.l.] Construct I.T. Centre of Excellence, University of Salford, 2003. p. 114.
- LEITE, Fernanda; BROOKS, Gregory. Integrating an Architectural Engineering Undergraduate Program with Building Information Modeling. **Journal Of Architectural Engineering**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 05020002, jun. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)ae.1943-5568.0000389](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)ae.1943-5568.0000389).
- LI, Yanwei. Suggestions on setting up BIM course in architecture major of colleges and Universities. **E3S Web Of Conferences**, [S.L.], v. 236, p. 05037, 2021. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202123605037>.
- LIMA, Fernando Tadeu de Araujo; LOPES, Ricardo Ferreira; ABDALLA, José Gustavo Francis. Conhecimento geométrico e modelagem algorítmico?paramétrica: um experimento prático?pedagógico sobre o processo projetual | geometric knowledge and algorithmic?parametric modelling. **Oculum Ensaios**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 121, 8 fev. 2019. Cadernos de Fe e Cultura, Oculum Ensaios, Reflexao, Revista de Ciencias Medicas e Revista de Educacao da PUC-Campinas. <http://dx.doi.org/10.24220/2318-0919v16n1a4020>.

MANZINI, E.J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. **In: Seminário Internacional sobre pesquisa e estudos qualitativos**, 2, 2004, Bauru. A pesquisa qualitativa em debate. Anais... Bauru: USC, 2004. CD-ROOM. ISBN: 85-98623-01-6. 10p. https://www.marilia.unesp.br/Home/Instituicao/Docentes/EduardoManzini/Manzini_2004_entrevista_semi-estruturada.pdf.

MEGAHED, Naglaa Ali. Towards Math-Based Architectural Education in Egyptian Engineering Faculties. **Nexus Network Journal**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 565-581, 19 set. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00004-013-0159-3>.

NIKOLIC, Dragana; CASTRONOVO, Fadi; LEICHT, Robert. Teaching BIM as a collaborative information management process through a continuous improvement assessment lens: a case study. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 28, n. 8, p. 2248-2269, 21 jun. 2021. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-11-2020-1000>.

OLANREWAJU, Oludolapo Ibrahim; CHILESHE, Nicholas; BABARINDE, Sunday Ajiboye; SANDANAYAKE, Malindu. Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 27, n. 10, p. 2931-2958, 15 maio 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-01-2020-0042>.

OLATUNJI, Oluwole Alfred. Promoting student commitment to BIM in construction education. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 26, n. 7, p. 1240-1260, 23 abr. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-04-2018-0173>.

OLOWA, Theophilus; WITT, Emlyn; LILL, Irene. CONCEPTUALISING BUILDING INFORMATION MODELLING FOR CONSTRUCTION EDUCATION. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [S.L.], v. 26, n. 6, p. 551-563, 19 jun. 2020. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2020.12918>.

PEREIRA FILHO, Zander Ribeiro; BARRETO, Ana Júlia Carvalhido Izabel. BIM COMO INTERFACE COLABORATIVA NO CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO IFF. **Revista Internacional de Ciências**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 99-114, 21 jun. 2018. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2018.32653>.

PUOLITAIVAL, Taija; FORSYTHE, Perry. Practical challenges of BIM education. **Structural Survey**, [S.L.], v. 34, n. 4/5, p. 351-366, 8 ago. 2016. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ss-12-2015-0053>.

RIEKSTINS, Arne. TEACHING PARAMETRICISM AS A STANDARD SKILL FOR ARCHITECTURE. **Journal Of Architecture And Urbanism**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 34-39, 28 maio 2018. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/jau.2018.1476>.

RIVERA, Felipe Muñoz-La; VIELMA, Juan Carlos; HERRERA, Rodrigo F.; CARVALLO, Jorge. Methodology for Building Information Modeling (BIM) Implementation in Structural

Engineering Companies (SECs). **Advances In Civil Engineering**, [S.L.], v. 2019, p. 1-16, 21 fev. 2019. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2019/8452461>.

SÁNCHEZ, Alberto; GONZALEZ-GAYA, Cristina; ZULUETA, Patricia; SAMPAIO, Zita. Introduction of Building Information Modeling in Industrial Engineering Education: students perception. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 16, p. 3287, 11 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app9163287>.

SANCHEZ-LITE, Alberto; GONZALEZ, Cristina; ZULUETA, Patricia; SAMPAIO, Zita. A Comparative Study of the Use of Building Information Modeling in Teaching Engineering Projects. **Ieee Access**, [S.L.], v. 8, p. 220046-220057, 2020. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2020.3042662>.

SOLIMAN, Ashraf M.. Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios. **Frontiers Of Architectural Research**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 204-217, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foar.2017.03.002>.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 357-375, maio 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

WALLISS, Jillian; HONG, Zaneta; RAHMANN, Heike; SIEWEKE, Jorg. Pedagogical foundations: deploying digital techniques in design /research practice. **Journal Of Landscape Architecture**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 72-83, 2 set. 2014. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/18626033.2015.968421>.

WANG, Li; LEITE, Fernanda. Process-Oriented Approach of Teaching Building Information Modeling in Construction Management. **Journal Of Professional Issues In Engineering Education And Practice**, [S.L.], v. 140, n. 4, p. 04014004, out. 2014. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)ei.1943-5541.0000203](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)ei.1943-5541.0000203).

WU, Ping; JIN, Ruoyu; XU, Yidong; LIN, Feng; DONG, Yiting; PAN, Zhihong. THE ANALYSIS OF BARRIERS TO BIM IMPLEMENTATION FOR INDUSTRIALIZED BUILDING CONSTRUCTION: a china study. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 1-13, 8 jan. 2021. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2021.14105>.

ZAMORA-POLO, Francisco; SÁNCHEZ-CORTÉS, Mercedes Martínez; REYES-RODRÍGUEZ, Antonio Manuel; SANZ-CALCEDO, Justo García. Developing Project Managers' Transversal Competences Using Building Information Modeling. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 19, p. 4006, 25 set. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app9194006>.

ZHAO, Dong; MCCOY, Andrew P.; BULBUL, Tanyel; FIORI, Christine; NIKKHOO, Parisa. Building Collaborative Construction Skills through BIM-integrated Learning Environment.

International Journal Of Construction Education And Research, [S.L.], v. 11, n. 2, p. 97-120, 6 jan. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15578771.2014.986251>.

ANEXO A – Roteiro Entrevistas

Nome do Entrevistado:

Área de atuação com BIM: () Acadêmica/Docência () Empresarial/Projetos
() Ambos¹³

Mini-currículo/apresentação: as informações mais necessárias são formação, experiência profissional, tempo e trajetória de carreira empresarial/projetos e acadêmica/docente.

GRUPO I - Relato do processo de implementação de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto

1. Como era o seu processo de desenvolvimento de projeto na empresa antes do BIM?
2. Quando e como você decidiu implementar BIM na sua empresa?
3. Qual foi o principal motivo para a implementação?
4. Relate qual/como foi a estratégia adotada para iniciar a execução de um plano de implementação de BIM na sua empresa. Quais foram os primeiros passos e quais se seguiram no processo?
5. Quanto tempo durou ou tem durado a implementação de BIM na sua empresa?
6. Quais foram as pessoas envolvidas no processo de implementação de BIM?
7. Quais foram as tecnologias envolvidas no processo de implementação de BIM?
8. Quais foram os processos internos da sua empresa que foram envolvidos na implementação de BIM?
9. Como é atualmente o seu processo de desenvolvimento de projeto na empresa utilizando a metodologia BIM?

GRUPO II - Identificação de ganhos e benefícios na adoção de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto

10. Houve algum ganho ou benefício trazido pela implementação da metodologia BIM em sua empresa?

¹³ Acadêmica/Docência: aplicar grupos V, VI, VII e VIII. Empresarial/Projetos: aplicar grupos I, II, III, IV e VIII. Ambos: aplicar todos os grupos.

11. Descreva os principais ganhos e benefícios trazidos pela metodologia BIM para o *exercício/de projeto (prática projetual)* na sua empresa.

12. Descreva os principais ganhos e benefícios trazidos pela metodologia BIM para os *produtos/serviços finais oferecidos* pela sua empresa para os seus clientes.

13. Quais ganhos de equipe/pessoas você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

14. Quais ganhos tecnológicos você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

15. Quais ganhos de processos você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

GRUPO III - Identificação de desafios e impasses na adoção de BIM na empresa e no exercício cotidiano de projeto

16. Descreva os principais desafios e impasses trazidos pela metodologia BIM para o *exercício/de projeto (prática projetual)* na sua empresa.

17. Descreva os principais desafios e impasses trazidos pela metodologia BIM para os *produtos/serviços finais oferecidos* pela sua empresa para os seus clientes.

18. Quais perdas de equipe/pessoas você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

19. Quais perdas tecnológicas você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

20. Quais perdas de processos você identifica como trazidos para a sua empresa a partir da adoção do BIM?

GRUPO IV - Percepção de mercado frente a adoção de BIM

21. Como você avalia a percepção dos seus clientes sobre as vantagens de ter um projeto desenvolvido sob a metodologia BIM?

22. Qual a sua visão sobre o custo benefício de trabalhar em BIM frente ao mercado de projetos que você atua?

23. Como está, na sua percepção, a formação de mão de obra para projetos em BIM e a oferta de pessoas com tais formações no mercado de trabalho?

24. O que você sente falta no mercado de projetos para que o BIM aconteça de forma ainda mais plena? Quais são os produtos ou insights que o mercado ainda não se atentou que é necessário para uma plena adoção de BIM no Brasil?

25. Qual é o papel das universidades nesse ecossistema do mercado da construção civil no que concerne às práticas de projeto e ao gerenciamento BIM da construção?

GRUPO V - Relato do processo de implementação de BIM na universidade e no ensino de projeto

26. A metodologia BIM é ensinada na universidade em que leciona? Caso não, qual o motivo?

27. Como era o seu processo e experiência de ensino de projeto na universidade antes do BIM?

28. Quando e como, na sua visão, a metodologia BIM começou a entrar e fazer parte do ensino de projeto nas universidades brasileiras?

29. Quais foram as principais mudanças percebidas no ensino e na aprendizagem de projetos com a adoção do BIM?

30. De maneira geral, você acredita que as mudanças trazidas pelo BIM nas universidades tem sido boas ou ruins para o ensino e o aprendizado de projeto?

31. Como está, na sua percepção, qualitativamente a formação dos alunos para projetos em BIM?

32. O que você sente falta na universidade para que o BIM aconteça de forma ainda mais plena? Quais são os processos ou insights que a academia ainda não se atentou que é necessário para uma plena adoção de BIM no ensino e no aprendizado de projeto?

GRUPO VI - Identificação de ganhos e benefícios na adoção de BIM na universidade e no ensino de projeto

33. Descreva os principais ganhos e benefícios trazidos pela metodologia BIM para o *ensino e aprendizado de projeto (prática projetual)* na universidade.

34. Quais ganhos de desenvolvimento e aprendizado dos alunos na universidade você atribui a entrada das tecnologias digitais da informação na universidade?

GRUPO VII - Identificação de desafios e impasses na adoção de BIM na universidade e no ensino de projeto

35. Descreva os principais desafios e impasses trazidos pela metodologia BIM para o *ensino e aprendizado de projeto (prática projetual)* na universidade.

36. Quais as perdas de desenvolvimento e aprendizado dos alunos na universidade você atribui a entrada das tecnologias digitais da informação na universidade?

GRUPO VIII - Sugestões e elucubrações futuras para o desenvolvimento de BIM no Brasil - mercado e universidades

37. Como você enxerga o ensino e a aprendizagem de projetos no Brasil num futuro de médio e longo prazo?

38. Como você enxerga o mercado de projetos e da construção civil no Brasil num futuro de médio e longo prazo?

39. Quais serão os principais agentes protagonistas das mudanças que farão o futuro do setor de projetos na construção civil brasileira?

40. Quais são suas principais sugestões de melhorias e mudanças no mercado a construção brasileiro para um desenvolvimento de longo prazo que permita a utilização de BIM em plenitude?

ANEXO B – Quadro de proposta entrevistados

Entrevistado Empresa ou Instituição Data	Atividades	Breve relato da importância para a pesquisa
<p>Alexandre Brasil Arquitetos Associados</p> <p>25/01/2022</p>	<p>Com histórico amplo de docência e de projetos e de utilização de BIM no escritório próprio</p>	<p>Arquiteto com escritório próprio e professor de projeto em Belo Horizonte. Poderá contribuir muito para a análise e reflexão sobre a evolução do ensino em Belo Horizonte nos últimos anos com a introdução do BIM fazendo uma ponte entre o ensino e o exercício de projeto do CAD para BIM - na academia e no escritório de arquitetura.</p>
<p>André Prado Arquitetos Associados</p> <p>18/08/2021</p>	<p>Com histórico amplo de docência e de projetos e de utilização de BIM no escritório próprio</p>	<p>Arquiteto com escritório próprio e professor de projeto em Belo Horizonte. Poderá contribuir muito para a análise e reflexão sobre a evolução do ensino em Belo Horizonte nos últimos anos com a introdução do BIM fazendo uma ponte entre o ensino e o exercício de projeto do CAD para BIM - na academia e no escritório de arquitetura.</p>
<p>Aymon Gomes Focus Arquitetura</p> <p>16/07/2021</p>	<p>Projetos de instalações prediais (proteção e combate a incêndio)</p>	<p>Entre 2017 e 2019 o aluno auxiliou em esquema de reuniões semanais a implementação de BIM na empresa para projetos de instalações de proteção e combate a incêndio. O Aymon, projetista com amplo conhecimento e experiência em projetos de PCI, foi o responsável por apresentar todas as demandas das dificuldades de utilização do software (Autodesk Revit MEP) e os desafios para atendimento das demandas dos órgãos de aprovação dos projetos a serem introduzidos nos novos processos e métodos para desenvolvimento dos projetos em BIM.</p>

Entrevistado Empresa ou Instituição Data	Atividades	Breve relato da importância para a pesquisa
Bruno Santa Cecília Arquitetos Associados 14/07/2021	Com histórico amplo de docência e de projetos e de utilização de BIM no escritório próprio	Arquiteto com escritório próprio e professor de projeto em Belo Horizonte. Poderá contribuir muito para a análise e reflexão sobre a evolução do ensino em Belo Horizonte nos últimos anos com a introdução do BIM fazendo uma ponte entre o ensino e o exercício de projeto do CAD para BIM - na academia e no escritório de arquitetura.
Carlos Alberto Maciel Arquitetos Associados 09/02/2022	Com histórico amplo de docência e de projetos e de utilização de BIM no escritório próprio	Arquiteto com escritório compartilhado com outros arquitetos e professores de projeto de Belo Horizonte. O escritório em que é sócio (Arquitetos Associados) é vencedor de diversos concursos de edifícios e obras institucionais, além de obras residenciais e comerciais. Também é professor de projeto. Poderá contribuir para a pesquisa no entendimento da aplicação do BIM para obras institucionais. Também poderá contribuir para a discussão sobre a evolução do ensino de projeto frente à introdução do BIM nas universidades e a relação mercado-graduação de arquitetura e Modelagem da Informação da Construção.
Ítalo Batista PROERG Engenharia 17/08/2021	Projetos de instalações prediais (Hidrossanitários, Gás Predial, Elétrica, Automação Predial, SPDA, Telecomunicações e outras infraestruturas prediais)	A empresa de estudo de caso da pesquisa de mestrado do aluno sofreu entre 2015 e 2017 uma completa implementação da metodologia BIM. Empresa de engenharia e projetos de sistemas prediais com 30 anos de mercado. Localizada em Belo Horizonte, a empresa foi fundada por um engenheiro membro do corpo diretivo da ABRASIP MG. Será importante compreender a evolução da empresa após o recorte da pesquisa de mestrado e ver os impactos da implementação de BIM a longo prazo.

Entrevistado Empresa ou Instituição Data	Atividades	Breve relato da importância para a pesquisa
<p>João Diniz João Diniz Arquitetura 11/02/2022</p>	<p>Com histórico amplo de docência e de projetos</p>	<p>Arquiteto com escritório próprio e professor de projeto em Belo Horizonte. Poderá contribuir muito para a análise e reflexão sobre a evolução do ensino em Belo Horizonte nos últimos anos com a introdução do BIM fazendo uma ponte entre o ensino e o exercício de projeto do CAD para BIM - na academia e no escritório de arquitetura.</p>
<p>Mateus Pontes UFMG 15/07/2021</p>	<p>Professor com grande experiência em ensino de ferramentas digitais para desenvolvimento de projetos, sobretudo ferramentas BIM.</p>	<p>Devido a sua grande experiência de docência voltada para o ensino de ferramentas digitais aplicadas aos processos de produção de projeto e sobretudo ferramentas cuja metodologia base é o BIM, o professor tem uma visão prática e objetiva sobre a aplicação direta dessas ferramentas no ensino e aprendizado de projeto e os seus consequentes impactos. Portanto, se faz de grande valia sua contribuição para a pesquisa.</p>
<p>Rodrigo Trindade Agência Energia 12/07/2021</p>	<p>Projetos de instalações prediais (aquecimento solar)</p>	<p>Em 2017 o aluno ministrou treinamento de utilização de uma ferramenta BIM (Autodesk Revit MEP) para toda a equipe da empresa no intuito de capacitar a equipe para utilização das ferramentas. E entre 2017 e 2019 o aluno auxiliou em esquema de reuniões quinzenais a implementação de BIM na empresa para projetos de instalações de aquecimento. O Rodrigo, proprietário da empresa com amplo conhecimento e experiência em projetos de aquecimento, foi o responsável por apresentar todas as demandas das dificuldades de implementação da metodologia BIM na empresa e os potenciais ganhos que a ferramenta poderia trazer com novos processos a serem implementados e novos desenhos e materiais que seriam possíveis de serem entregues aos clientes com a utilização de BIM.</p>

Entrevistado Empresa ou Instituição Data	Atividades	Breve relato da importância para a pesquisa
<p>Sandra Botrel PROTHERM</p> <p>19/01/2022</p>	<p>Projetos de instalações prediais (ar condicionado e climatização)</p>	<p>Empresária do ramo de projetos de climatização, desenvolve projeto de climatização para grandes empreendimentos e está atualmente em processo de implementação de BIM na sua empresa vivenciando os principais ganhos e impasses atuais na implementação de BIM. Poderá contribuir com a experiência e a percepção atuais de como está o mercado de projetos e de como está a qualificação da mão de obra para trabalhar com BIM.</p>
<p>Sylvio de Podestá Sylvim Emrich de Podestá Arquitetos Associados</p> <p>21/07/2021</p>	<p>Com histórico amplo de docência e de projetos e de utilização de BIM no escritório próprio</p>	<p>Quando o aluno foi estagiário do Sylvio em 2014 o escritório estava utilizando BIM para projetos residenciais e institucionais. Além de implementar BIM no seu escritório o arquiteto é um professor de projeto com vasta carreira no ensino de projeto que poderá contribuir muito para a análise e reflexão sobre a evolução do ensino em Belo Horizonte nos últimos anos com a introdução do BIM fazendo uma ponte entre o ensino e o exercício de projeto do CAD para BIM - na academia e no escritório de arquitetura.</p>