



EIXO TEMÁTICO:

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> Ambiente e Sustentabilidade | <input type="checkbox"/> Crítica, Documentação e Reflexão | <input type="checkbox"/> Espaço Público e Cidadania |
| <input type="checkbox"/> Habitação e Direito à Cidade | <input type="checkbox"/> Infraestrutura e Mobilidade | <input checked="" type="checkbox"/> Novos processos e novas tecnologias |
| <input type="checkbox"/> Patrimônio, Cultura e Identidade | | |

To BIM or not to BIM?

To BIM or not to BIM?

To BIM or not to BIM?

RUSCHEL, Regina C. (1)

(1) Professor Doutor Livre Docente, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil; email: ruschel@fec.unicamp.br

To BIM or not to BIM?

To BIM or not to BIM?

To BIM or not to BIM?

RESUMO

Observando-se a adoção de BIM por construtoras e escritórios de projeto brasileiros comparativamente a adoção do paradigma no ensino de engenharia civil e de arquitetura nota-se um descompasso. A prática mostra-se mais interessada e menos resistente do que a academia. Mas diferenciando a prática entre projeto e construção, a adoção de BIM no Brasil é puxada mais especificamente pela construção. Parece que a transição no passado do processo de projeto analógico para o processo de projeto auxiliado por computador foi menos traumática e obteve primeiramente maior aceitação na academia e depois na prática. Exatamente o inverso do cenário atual. Fica evidente que o benefício econômico propiciado por BIM para construção foi percebido e está sendo perseguido pela construção civil brasileira. Entretanto, motivação financeira ainda não instiga suficientemente a academia e parece que os benefícios do BIM para projetista encontram barreiras na Arquitetura e Engenharia. Este artigo busca desvendar esta problemática. A estratégia adotada para tal é refletir o quanto modelos de concepção digital podem ser mediados por BIM e conseqüentemente que adaptações no ensino são requeridas.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, modelos de concepção digital, ensino, arquitetura

ABSTRACT

Observing the adoption of BIM by Brazilians construction and design offices compared to the adoption of the paradigm in civil engineering and architectural education a mismatch is noticed. Practice seems to be more interested and less resilient than in academia. However, differentiating between design and construction practice, the adoption of BIM in Brazil is driven specifically by construction. It seems that the transition from the analog design to computer-aided design was less traumatic and first got greater acceptance in academia and then in practice. Exactly the reverse of the current scenario. It is evident that the economic benefit provided by BIM for construction was perceived and is being pursued by the Brazilian builders. However, financial motivation does not sufficiently instigates academia and it seems that the benefits of BIM for designer encounter barriers in Architecture and Engineering. This article seeks to unravel this problem. The strategy used is to reflect on how digital design models may be mediated by BIM and consequently what adaptations in teaching are required.

KEY-WORDS: BIM, digital design models, teaching, architecture

RESUMEN

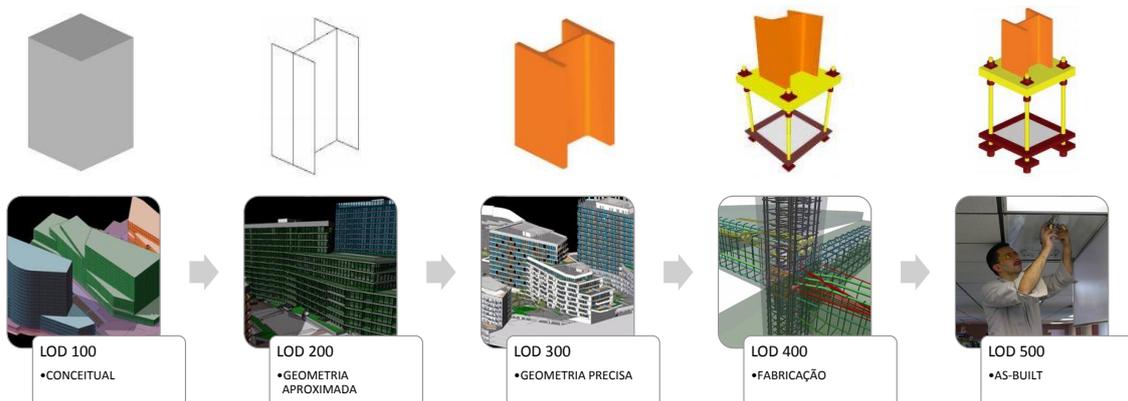
Observando la adopción de BIM para las oficinas de la construcción y del proyecto en comparación con los brasileños que adoptan el paradigma en la enseñanza de la ingeniería civil y la arquitectura da cuenta de una falta de coincidencia. La práctica parece estar más interesado y menos resistente que el gimnasio. Pero la diferenciación entre el diseño y la práctica de la construcción, la adopción de BIM en Brasil se debe específicamente a la construcción. Parece que la transición del proceso de diseño analógico para el proceso de diseño asistido por ordenador fue menos traumática y la primera tiene mayor aceptación en el mundo académico y en la práctica. Exactamente lo contrario de la situación actual. Es evidente que el beneficio económico proporcionado por BIM para construcción se percibe y está siendo perseguido por la construcción civil brasileña. Sin embargo, la motivación financiera no instiga suficientemente el gimnasio y parece que los beneficios de BIM para barreras de encuentro de diseño en Arquitectura e Ingeniería. Este artículo trata de desentrañar este problema. La estrategia para esto es para reflejar cómo los modelos de diseño digital puede ser mediada por BIM y en consecuencia que se requieren adaptaciones en la enseñanza.

PALABRAS-CLAVE: BIM, diseño del modelo digital, educación, arquitectura

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling – BIM*) é uma abordagem para projeto, construção e gestão de facilidades na qual a representação digital é usada para mediar processos e facilitar a troca e interoperabilidade da informação em todo ciclo de vida do produto. Em BIM a representação digital é um modelo de informação, isto é, o modelo geométrico acrescido de informações que caracterizam seus componentes. O modelo de informação evolui durante o desenvolvimento do produto em termos de informação e forma aprimorando seu nível de desenvolvimento (*Level of Development – LOD*) (Figura 1) (BEDERICK, 2013). A forma ao longo do ciclo de vida do produto é transformada de um modelo genérico (conceitual ou de geometria aproximada) para um modelo orientado a objetos de geometria precisa da edificação ou infraestrutura. O modelo orientado a objetos é composto por objetos de categorias específicas: arquitetônica, estrutural, sistemas prediais entre outras. O modelo orientado a objetos é construído a partir de uma composição holística de objetos. Os objetos, que compõem o modelo de informação, são definidos por meio de modelagem paramétrica.

Figura 1: Níveis de desenvolvimento do modelo de informação ao longo do ciclo de vida do produto.



Fonte: adaptado de BIMForum (2013) e <http://www.allthingsbim.com/2008/12/aia-bim-protocol-e202.html>

Eastman et al. (2008) apresentam a abordagem BIM especificamente para quatro agentes da construção civil: proprietários e gestores de facilidades, projetistas, construtores e fabricantes. Assim o fazendo demonstram o desejo ou a vocação de BIM para mediar todo o ciclo de vida de uma edificação. Os proprietários e gestores da edificação se beneficiam do uso do modelo de informação pois este propicia: (i) maior conhecimento do potencial desempenho do edifício, (ii) maior compreensão e controle sobre o cronograma de projeto, (iii) estimativas mais confiáveis, (iv) maior garantia sobre o cumprimento de contratos e (v) a otimização da operação e manutenção. Para projetistas chama-se a atenção do impacto de BIM: (i) no projeto (concepção e desenvolvimento), (ii) na integração de sistemas de engenharia, (iii) na modelagem para fabricação e (iv) no melhoramento da interface entre projeto e construção. Para construtores o benefício de BIM está na economia de dinheiro e tempo obtida da precisão do modelo de informação subsidiando processos de quantificação, compra e controle de execução de atividades. Para fabricantes o BIM viabiliza a customização em massa de produtos especializados.

Segundo Succar (2009) a adoção da Modelagem da Informação da Construção desenvolve-se em etapas graduais de apropriação de nova tecnologia, de transformação de processos e adaptação ou criação de novos padrões para o desenvolvimento do produto (Figura 2). Este processo inicia pela modelagem digital da edificação ou componente, evolui para a integração de modelos compostos, culminando no desenvolvimento colaborativo de modelos holísticos representando um protótipo virtual da construção. Pode-se dizer que cada etapa de implementação de BIM incorpora uma tecnologia facilitadora, iniciando-se pelas ferramentas de modelagem e avaliação de desempenho (simulações), de integração de modelos (compatibilização) e finalmente de compartilhamento e desenvolvimento em rede entre interveniente do ciclo de desenvolvimento do produto da construção civil.



Observando-se a adoção de BIM por construtoras e escritórios de projeto brasileiros comparativamente a adoção do paradigma no ensino de engenharia civil e de arquitetura nota-se um descompasso. A prática mostra-se mais interessada e menos resistente do que a academia. Mas diferenciando a prática entre projeto e construção, a adoção de BIM no Brasil é puxada mais especificamente pela construção (McGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014). Parece que a transição do processo de projeto analógico (do papel a mão livre ou na prancheta) para processo de projeto auxiliado por computador foi menos traumática no passado e obteve primeiramente maior aceitação na academia e depois na prática. Exatamente o inverso do cenário atual. Fica evidente que o benefício econômico para construtores, apontado por Eastman et al. (2008), foi percebido e está sendo perseguido pela construção brasileira. Entretanto, motivação financeira não é ainda suficientemente forte para a academia e parece que os benefícios do BIM apontados para projetista encontram barreiras na Arquitetura e Engenharia. Este artigo busca desvendar esta problemática.

A adoção do paradigma de modelagem da informação da construção desenvolve-se em etapas graduais de apropriação de nova tecnologia. Entretanto, a tecnologia BIM é diversa em funcionalidade sendo composta por múltiplos sistemas: de modelagem, de simulação, de verificação, de integração e de compartilhamento. Então apropriar-se desta multiplicidade tecnológica no ensino de forma instrumental ou aplicada, requer também diversidade de especialidades, modelos de desenvolvimento de projeto digital e momentos na grade curricular. A abordagem de disciplinas pontuais de informática aplicada, tanto para engenharia civil como arquitetura e urbanismo torna-se insuficiente ou inapropriada. Apresenta-se ai uma barreira para a adoção de BIM no ensino que será discutida a seguir.

Compreendendo BIM integrado a diferentes modelos de concepção digital requer interoperabilidade entre tecnologias associadas a estes modelos, propiciando que o investimento criativo entre equipes e momentos do desenvolvimento do produto não se perca. Esta interoperabilidade inexistente, é parcial ou tem falhas. Apresenta-se ai outra barreira ou desmotivação para adoção de BIM no ensino que também será investigada a seguir.

2 A PROBLEMÁTICA DA MULTIPLICIDADE COMPUTACIONAL

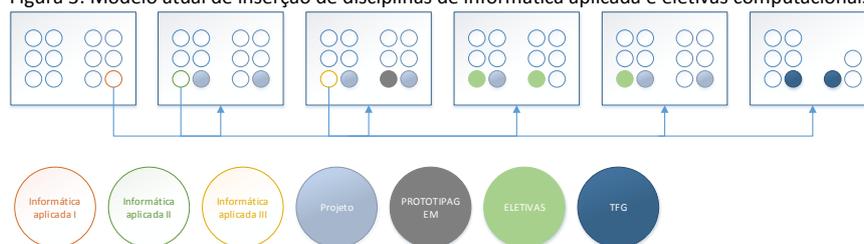
Oxman (2006) aponta quatro modelos teóricos definidos de acordo com o processo digital utilizado na concepção do produto arquitetônico. Estes modelos de concepção digital são: projeto auxiliado por computador, formativo, generativo e baseado em desempenho.

O modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador (CAD Model) pode ser descrito, bidirecional ou avaliativo. O CAD descritivo caracteriza-se pela concepção por meio da manipulação da representação gráfica da solução, onde o projetista interage com um desenho ou esboço digital ou modelo geométrico (ANDRADE, 2012, p. 56). O CAD bidirecional acrescenta ao processo da concepção a transformação de modelo físico em digital ou vice-versa permitindo maior experimentação conceitual. O CAD avaliativo incorpora o aspecto previsível, isto é, o de simular um desempenho sobre o modelo.

O modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador é o mais adotado tanto no ensino de arquitetura quanto o de engenharia civil. Este modelo é implementado no ensino em disciplinas de informática aplicada e de projeto. Desta forma, um número relativamente pequeno de disciplinas de informática aplicada que habilitam o aluno na modelagem tridimensional, representação 2D e desenho técnico, renderização e animação de modelos são suficientes para o suporte computacional amplo e genérico ao longo da grade curricular. Disciplinas de projeto e eletivas abarcam competências em sistemas de simulação de desempenho e dimensionamento (análise estrutural, eficiência energética, conforto térmico e acústica) e sistemas geográficos de informação, ampliando habilidades computacionais do projeto arquitetônico para o urbanístico. A Figura 3 exemplifica este modelo para o curso de de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Este curso é anual, integralizado em 6 anos, com aproximadamente 6 disciplinas por semestre.

BIM pode ser incorporado ao modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador. Basta substituir a ferramenta de modelagem de sistema CAD por ferramentas de modelagem BIM. Os sistemas CAD geram modelos geométricos construídos por formas genéricas como sólidos e superfícies. As ferramentas de modelagem BIM geram modelos orientado a objetos: arquitetônicos, estruturais, de sistemas prediais ou de infraestrutura. O modelo orientado a objetos é composto por objetos de categorias/tipos específicos. Os objetos permitem a modelagem segundo a disciplina de projeto específica. No modelo arquitetônico os objetos são: laje, parede, coluna, janela, porta, telhado, escada entre outros. No modelo estrutural os objetos são: laje, viga, pilar entre outros. Como os objetos que compõem o modelo BIM são paramétricos e incluem além da definição da forma parametrizada também informações (material, fornecedor, especificação, entre outras) o sistema de modelagem BIM oferece recursos de extração automática de vistas informacionais em forma de tabelas de dados, assim como a representação bidimensional (planta, corte, vista e perspectiva).

Figura 3: Modelo atual de inserção de disciplinas de informática aplicada e eletivas computacionais.



Fonte: autoria própria

O fato da modelagem em BIM ser orientada a objetos tem suas vantagens e desvantagens. A vantagem está no modelo ser compostos por objetos inteligentes: tem forma, informação e função; portanto, incorporam regras para manter sua consistência. Outra vantagem é que ferramentas BIM deveriam fazer reuso de modelos. Assim um modelo gerado numa ferramenta pode ser reutilizado por outra. A desvantagem está no fato de que cada disciplina de projeto requer um sistema de modelagem BIM, e isto é um complicador no ensino de engenharia civil que forma um profissional em engenharia estrutural, de sistemas prediais e de infraestrutura. No ensino de projeto auxiliado por computador mediado por sistemas CAD uma ferramenta de modelagem bastava, pois gerava um modelo genérico. Entretanto, este mesmo modelo de concepção digital mediado por BIM requer o ensino de múltiplas ferramentas de modelagem, uma para cada ênfase de projeto.

Outra demanda associada ao modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador mediado por BIM é o compromisso com o aspecto avaliativo. Novas ferramentas de avaliação surgiram com BIM. Exemplos destas são as de simulação 4D e 5D: temporal e de custo integradas ao modelo de informação. Outro exemplo são ferramentas de integração e compatibilização de modelos compostos, i.e., modelo arquitetônico, estrutural e de sistemas prediais. Estas ferramentas identificam inconsistências e conflitos de projetos. Finalmente, surgem ferramentas de verificação de projeto, por exemplo ao atendimento de normas ou requisitos específicos. Surge a questão de como incorporar estes aspectos avaliativos no ensino de projeto: em disciplinas eletivas, em disciplinas teóricas obrigatórias, ou em disciplinas de projeto? Checcucci e Amorim (2013) propõem um método para identificar quais disciplinas do curso de graduação de Engenharia Civil tem interface com BIM e desta forma viabilizam a abordagem de pulverizar o ensino de BIM ao longo da formação do Engenheiro. O método também pode ser aplicado par cursos de Arquitetura e Urbanismo.

3 A PROBLEMÁTICA BAIXA INTEROPERABILIDADE

Os modelos de concepção digital formativo, generativo e baseado em desempenho despontam com força na prática arquitetônica internacional (ANDRADE; RUSCHEL, 2012; PETERS, 2013; POPOVSKA, 2013; HINES, 2013; EDWARDS, 2013). O modelo de concepção digital formativo enfatiza a representação sintática da solução arquitetônica. No modelo de concepção digital generativo a forma deriva de algoritmos e princípios. Finalmente, no modelo de concepção digital por desempenho a forma é transformada ou gerada por uma condição de desempenho.

Estes modelos de concepção digital - formativo, generativo e baseado em desempenho – já estão presentes no ensino de arquitetura no Brasil (PRATSCHKE; PASCHOALIN, 2011; ALVES; PRATSCHKE, 2012; CELANI; VAZ; PUPO, 2013; CELANI; VAZ, 2012; PAIO; TURKIENICZ, 2011; TURKIENICZ; WESTPHAL, 2012; DUARTE; CELANI; PUPO, 2011) em contraposição ao projeto auxiliado por computador.

Os modelos de concepção digital - formativo, generativo e baseado em desempenho – tem maior dificuldade de serem mediados por BIM pois a ênfase está na forma genérica, livre e complexa. Outra dificuldade advém do ferramental de BIM existente, que é mais voltado para a fase de desenvolvimento de projeto do que para concepção. Sendo assim, rompe-se o fluxo de informação ou reuso de modelo entre as fases de concepção e desenvolvimento quando a primeira faz uso dos modelos formativos, generativos ou do desempenho (Figura 4).

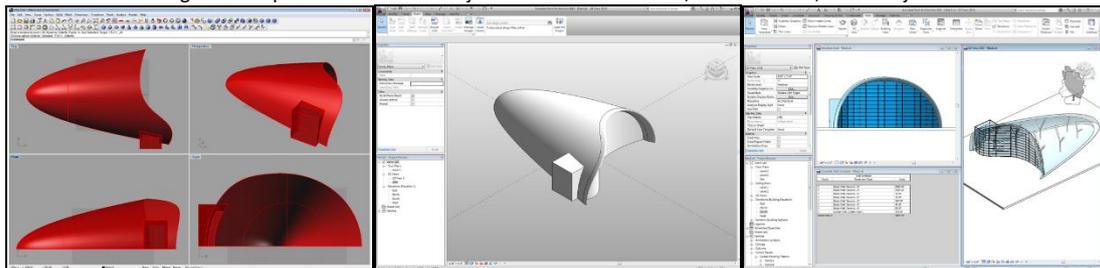
Figura 4: Ruptura no reuso do modelo entre a fase de concepção e de desenvolvimento.



Fonte: autoria própria.

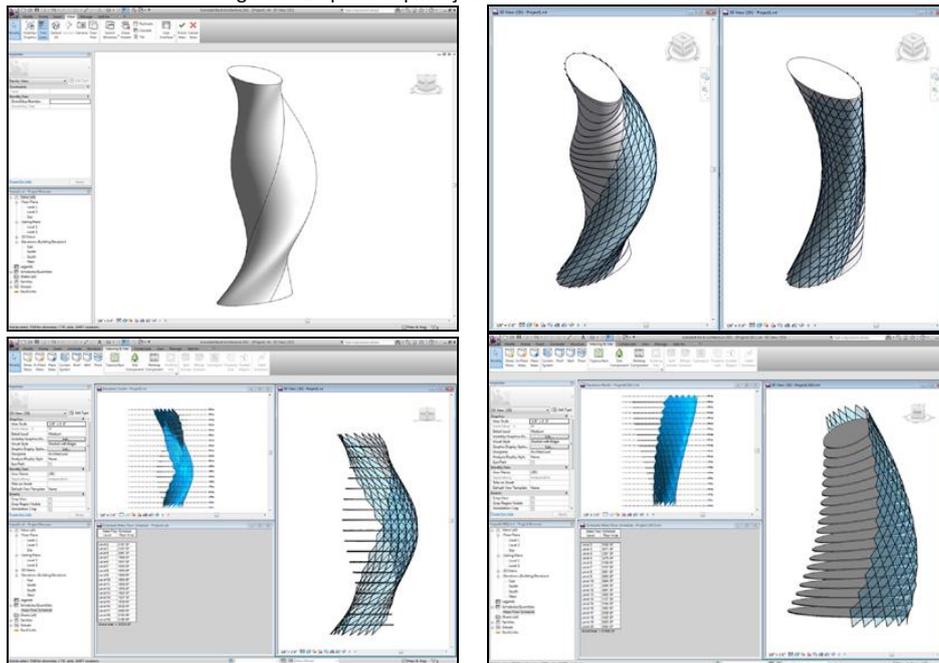
Uma solução para esta problemática é a tradução de modelos volumétricos ou topológicos desenvolvidos em sistemas CAD para modelos orientados a objetos de sistemas BIM. Esta solução requer interoperabilidade entre ferramentas e inteligência de reconhecimento de uma forma e mapeamento consistente para um tipo de componente. Isto é possível entre algumas ferramentas como mostrado nas Figura 5 e 6. Entretanto, a interoperabilidade do modelo de informação entre ferramentas deve ser realizada com cuidado, estudos anteriores mostram falhas na tradução entre transformações (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Figura 5: Sequência de transformação entre Rhinoceros 3D, Revit Families, Revit Projects.



Fonte: http://buildz.blogspot.com.br/2011_01_01_archive.html

Figura 6: Etapas de tipificação da forma na ferramenta REVIT.

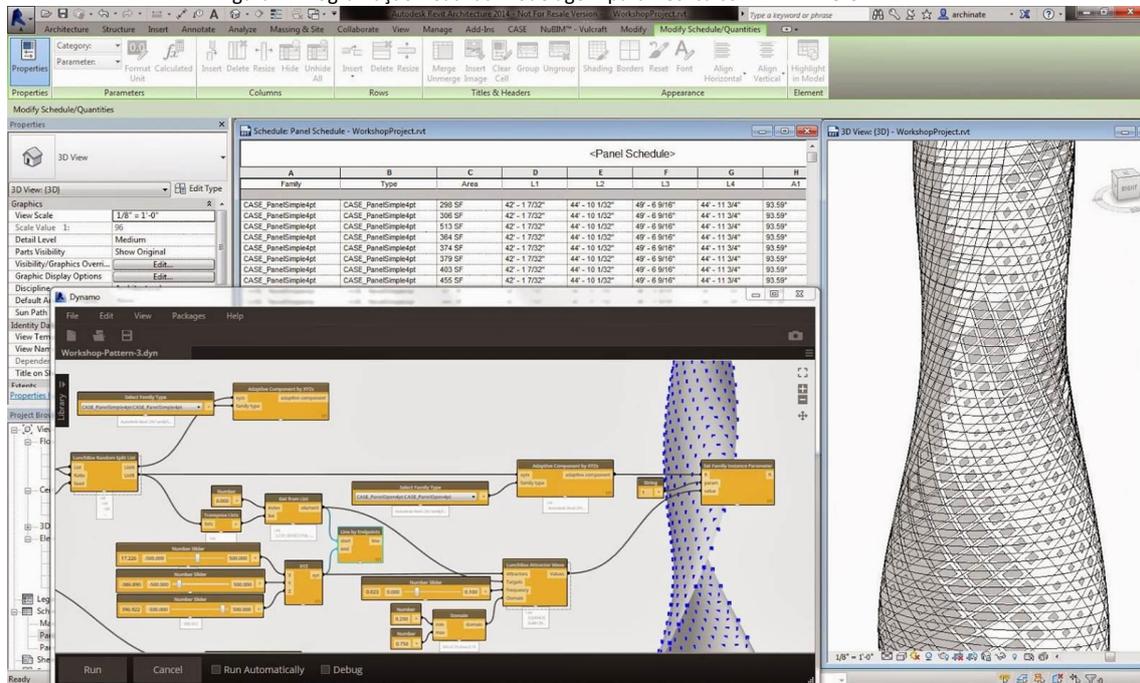


Fonte: http://buildz.blogspot.com.br/2011_01_01_archive.html

A solução definitiva seria a possibilidade de realizar modelos de concepção digital formativo, generativo e baseado em desempenho mediados por BIM. Soluções iniciais neste sentido já estão disponíveis como o plug-in DYNAMO para REVIT ou VASARI (da Autodesk) (Figura 6) e o GENERATIVE COMPONENT para o AECOsim (da Bentley). Tanto o DYNAMO como o GENERATIVE COMPONENT são programadores visuais para geração de formas sobre ferramentas de modelagem BIM. A vantagem de desenvolver a concepção digital mediada por BIM é que o que é gerado é um modelo de informação que incorpora recursos de extração automática de vistas tanto gráficas como informacionais (Figura 7).

Para implementar no ensino de arquitetura os modelos de concepção digital - formativo, generativo e baseado em desempenho – mediados por BIM requer-se incluir o ensino da programação visual para modelagem parametrizada, conhecimento de interoperabilidade e de tradução de modelos.

Figura 7: Programação visual da modelagem paramétrica com DYNAMO em REVIT.



Fonte: <http://inthe fold.autodesk.com> (26/06/2014)

4 ADOÇÃO BIM NO ENSINO

Ambrose (2012) argumenta brilhantemente a favor de BIM como um agente transformador do ateliê de projeto em cursos de arquitetura. Na verdade seu argumento é a favor do abandono do modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador meramente descritivo e bidimensional. Observa-se em sua argumentação um discurso para a adoção do modelo de concepção digital de projeto auxiliado por computador avaliativo e dos modelos de concepção digital formativo, generativo e baseado em desempenho; mediados por BIM.

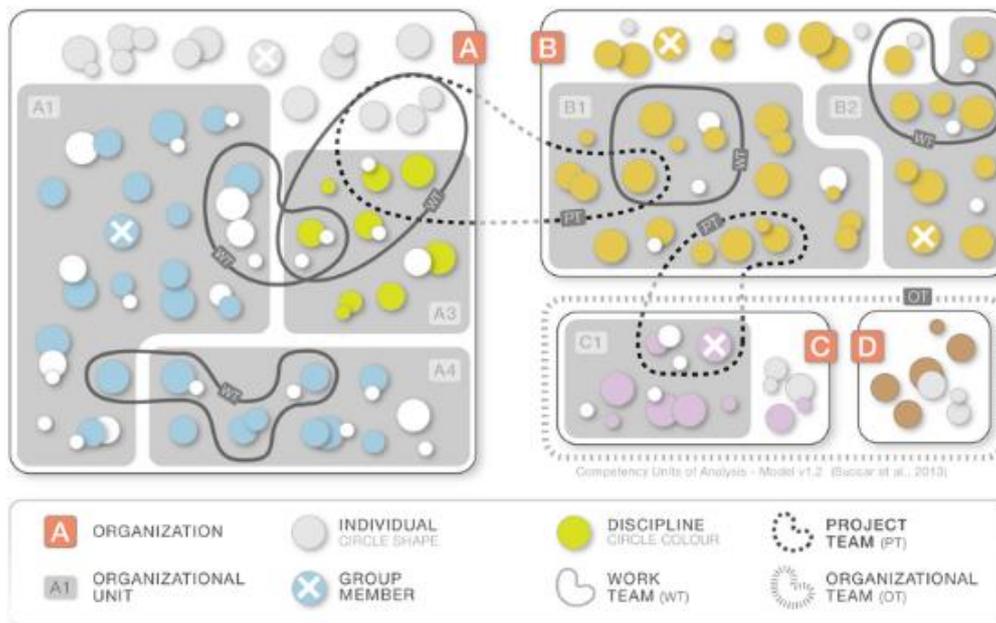
Ambrose (2012) argumenta que BIM não deve ser entendido como uma ferramenta, mas como uma forma de pensar. O desafio é compreender a solução além do modelo geométrico, mas também considerando implicações no seu desempenho e na sua construção para desenvolver um rigoroso processo de avaliação crítica não perdendo de vista a intenção do

artefato. Para o autor, a abstração é o âmago do projeto arquitetônico. Entretanto, as abstrações tradicionais da projeção ortográfica são muito radicais e demanda-se maior uso de modelos físicos ou digital como dispositivo abstrato.

Segundo Succar (2009), a adoção incremental da Modelagem da Informação da Construção implementando todo potencial tecnológico, processual e político resulta na prática integrada (Figura 2). Embora, não seja consenso BIM ser condição para a prática integrada (KENT; BERERI-GERBER, 2010). Entretanto, observa-se que a prática arquitetônica que implementa modelos de concepção digital - formativo, generativo e baseado em desempenho – só se viabiliza pelo projeto colaborativo que integra equipes de projeto multidisciplinares (ANDRADE; RUSCHEL, 2012; PETERS, 2013; POPOVSKA, 2013; HINES, 2013; EDWARDS, 2013).

Succar, Sher e Williams (2013) apresentam uma proposta de avaliação, aquisição e aplicação de competências para a Modelagem da Informação da Construção. Segundo os autores, identificar e organizar competências genéricas associadas a BIM facilita sua adoção e esclarece as atividades complexas para a realização da colaboração multidisciplinar. As competências são habilidades para desenvolver tarefas específicas ou entregar produtos mensuráveis. As competências variam em tamanho de unidade: do indivíduo, de um grupo, de uma organização e de um time (de trabalho, de projeto ou de organizações) (Figura 8). Desta forma, interessa para simular a prática integrada desenvolver competência de time de projeto.

Figura 8: Unidades de competência para Modelagem da Informação da Construção.

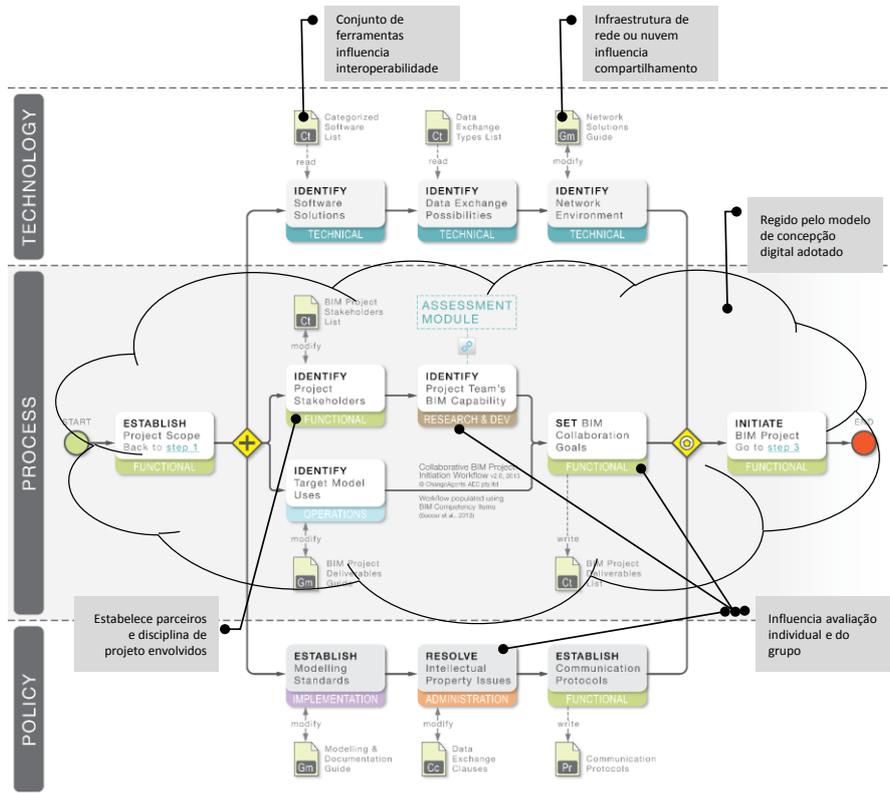


Fonte: Succar, Sher e Williams (2013, p. 176)

Para identificar corretamente a tecnologia, o processo e políticas envolvidas em um determinado projeto colaborativo mediado por BIM, Succar, Sher e Williams (2013) propõem a explicitação de fluxo de trabalho (Figura 9). Este fluxo de trabalho é apropriado para a definição de disciplinas de projeto colaborativo. O fluxo de trabalho identifica em termos de tecnologia: a categoria de ferramentas, troca de dados e solução de rede. A troca de dados é influenciada pela interoperabilidade entre das ferramentas escolhidas. Em termos de processo deve-se estabelecer o escopo identificando: intervenientes, usos do modelo de informação, capacidades dos envolvidos e metas de colaboração. A tônica do escopo de projeto é

estabelecida pelo modelo de concepção digital (projeto auxiliado por computador, formativo, generativo e/ou orientado ao desempenho). Em termos de políticas deve-se estabelecer padrões de modelagem a seguir, protocolos de comunicação e resolver questões de propriedade intelectual. Feito estas definições pode-se iniciar o projeto mediado por BIM.

Figura 9: Cenário de preparação para disciplina de projeto colaborativo mediado por BIM.



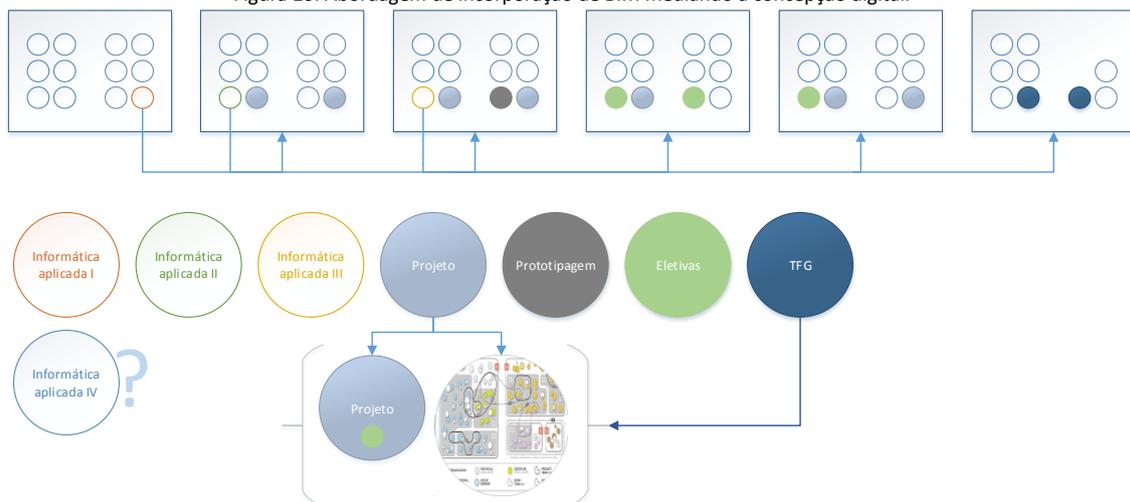
Fonte: Adaptado de Succar, Sher e Williams (2013, p. 186).

5 CONSIDERAÇÕES

Para discutir a questão "TO BIM OR NOT TO BIM" no ensino de arquitetura, adotou-se neste artigo a estratégia de refletir o quanto modelos de concepção digital podem ser mediados por BIM. Neste processo considerou-se demandas, restrições e adaptações no ensino requeridas. Demonstrou-se que BIM é capaz de mediar todos modelos de concepção digital. Entretanto, existem restrições: de interoperabilidade ou de ênfase ferramental. A solução desta problemática é de responsabilidade da ciência da computação e deve ser meta prioritária de fornecedores de tecnologia. Apontou-se a demanda e dificuldade vislumbrada em se incorporar ao ensino a multiplicidade de ferramentas de modelagem orientada a objetos (arquitetura, estrutural, de sistemas prediais, de infraestrutura) e de ferramentas de simulação (além das de desempenho estrutural e ambiental, mas também as de simulação temporal, de estimativa de custo, de integração e verificação de modelos e de compartilhamento). Verificou-se também que a prática arquitetônica que implementa modelos de concepção digital - formativo, generativo e baseado em desempenho – se viabiliza em equipes de projeto multidisciplinares, desta forma o projeto integrado e colaborativo deve também ser ênfase no ensino (Figura 10). Estratégia atual do ensino da informática implementada em disciplinas

específicas ou eletivas talvez não seja capaz de absorver a demanda na formação do arquiteto e engenheiro civil das competências de BIM que o mercado necessita. O ensino destas competências deve ser pulverizado ao longo do curso de graduação, requerendo também do corpo docente a absorção destas especialidades ou composições diferenciadas de professores responsáveis por disciplinas.

Figura 10: Abordagem de incorporação de BIM mediando a concepção digital.



Fonte: autoria própria.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. M. ; PRATSCHKE, A. . Processos de Criação, Emergência e Parametrização em Arquitetura. **Cadernos de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo** (Mackenzie. Online), v. 12, p. 1-23, 2012.
- AMBROSE, Michael A. Agent Provocateur – BIM in the academic design studio. **International Journal of Architectural Computing**, Brentwood, v. 10, n. 1, p. 53-66, Jun. 2012.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de. **Processo digital de geração da forma baseada no desempenho e com suporte em Building Information Modeling**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2012. 399 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2012.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de ; RUSCHEL, R. C.. A interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, p. 76-111, 2009.
- ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, R. C. Projeto performativo na prática arquitetônica recente: categorias e características. **Arquitextos** (São Paulo), v. 13, p. 4587, 2012.
- BEDRICK, Jim. A Level of Development for BIM Process. **AECbytes**, May 2013. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_68.html>, Acessado em: <07/08/2014>
- BIMForum. Level of Development Specification. Agu. 2013. Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>, Acessado em: <07/08/2014>
- CELANI, Gabriela ; VAZ, Carlos Eduardo Verzola ; PUPO, Regiane . Sistemas generativos de projeto: classificação e reflexão sob o ponto de vista da representação e dos meios de produção. **Revista Brasileira de Expressão Gráfica**, v. 1, p. 22-39, 2013.
- CELANI, Gabriela ; VAZ, Carlos Eduardo Verzola. Scripts em CAD e ambientes de programação visual para modelagem paramétrica: uma comparação do ponto de vista pedagógico. **Cadernos do PROARQ** (UFRJ), v. 1, p. 1-1, 2012.
- CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Identificando interfaces entre BIM e a matriz curricular de cursos de engenharia civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO DE



- TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013
- DUARTE, J. ; CELANI, M. G. C. ; PUPO, Regiane Trevisan . Inserting computational technologies in architectural curricula. In: GU, N.; WANG, X. (Org.). **Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education**. Hershey: IGI-Global, 2011.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.
- EDWARDS, Seth. Embedding Intelligence: Architecture and Computation at Grimshaw, NY. **Architectural Design**, Hoboken, v. 83, n. 3, p. 70-73, Mar. 2013.
- HINES, David. Interoperability in Sports Design. **Architectural Design**, Hoboken, v. 83, n. 3, p. 70-73, Mar. 2013.
- KENT, David C.; BECERIK-GERVER, Burcin. Understanding Construction Industry Experience and Attitudes towards Integrated Project Delivery. **Journal of Construction Engineering and Management**, Brentwood, v. 136, n. 8, p. 815-825, Aug. 2010.
- McGRAW HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How contractors around the world are driving innovations with Building Information Modelling**. Smart MarketReport, 2014.
- OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 229-265, May 2006.
- PAIO, Alexandra ; TURKIENICZ, Benamy. An Urban Grammar Study: A Geometric Method for Generating Planimetric Proportional and Symmetrical Systems. **Nexus Network Journal** (Testo stampato), v. 13, p. 151-169, 2011.
- PETERS, Brady. Realising the Architectural Idea: Computational Design at Herzog & De Meuron. **Architectural Design**, Hoboken, v. 83, n. 3, p. 56-61, Mar. 2013.
- POPOVSKA, Dusanka. Integrated Computational Design: National Bank of Kuwait Headquarters. **Architectural Design**, Hoboken, v. 83, n. 3, p. 34-35, Mar. 2013.
- PRATSCHKE, A. ; PASCHOALIN, D. M. . Performance e Arquitetura: revisão do processo de projeto na cultura digital. **Virus**, v. 1, p. 1-15, 2011
- SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, [S.l.], v. 18, p.357-375, 2013
- SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. An Integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. **Automation in Construction**, [S.l.], v. 35, p.174-189, 2009
- TURKIENICZ, Benamy; WESTPHAL, E. . The cognitive studio: Exercises in design learning. In: Nicolai Steino; Mine Özkar. (Org.). **Shaping design teaching Explorations into the teaching of form**. 1ed.Aalborg: Aalborg University Press, 2012, v. , p. 185-202.