PEER REVIEW, Vol. 5, Nº 8, 2023
DOI: 10.53660/438.prw1104b
ISSN: 1541-1389

A dialética entre criação arquitetônica e desenho paramétrico: experiências didáticas

A dialética entre criação arquitetônica e desenho paramétrico: experiências didáticas

Thiago Henrique Omena[1]*, Arthur Hunold Lara 1[2], Mariela Cristina Ayres de Oliveira 2[1], Ana Judite Galbiatti Limongi França 1[2]

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo discutir a relação entre a atividade intelectual criativa e as possibilidades da representação paramétrica, por meio de experiências didáticas. O trabalho apresenta uma abordagem didática exploratória, onde os processos de criação arquitetônica foram avaliados e assimilados pelos acadêmicos. Em seguida, foram discutidas as estratégias generativas e associativas do desenho paramétrico, bem como a liberdade criativa do projetista. O estudo realizado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da FAU USP ao longo de dez anos mostrou que a metodologia projetual e generativa paramétrica está em consonância com outras escolas públicas no Brasil e no exterior. Há uma preocupação em relação à otimização dos processos projetivos e gerenciais diretamente ligados ao Processo de Projeto Integrado (PPI), visto que associam atividade, expressão, representação criativa, gerenciamento, tomada de decisão, simulação com representação dinâmica e validação em ambientes informacionais.

Palavras-chave: Criação arquitetônica; Processo de projeto; Desenho paramétrico; Didática.

ABSTRACT

This paper aims to discuss the relationship between creative intellectual activity and the possibilities of parametric representation through didactic experiences. The paper presents an exploratory didactic approach where the processes of architectural creation were evaluated and assimilated by the academics. Subsequently, generative and associative strategies of parametric design, as well as the creative freedom of the designer, were discussed. The study carried out at the School of Architecture and Urbanism and Design of FAU USP over the course of ten years showed that the parametric projective and generative methodology is in line with other public schools in Brazil and abroad. There is a concern regarding the optimization of projective and managerial processes directly linked to the Integrated Design Process (PPI), as they associate activity, expression, creative representation, management, decision-making, simulation with dynamic representation and validation in informational environments.

Keywords: Architectural creation; Design methods; Parametric design; Didactics.

[1] Universidade Federal do Tocantins.
*E-mail: thomena@gmail.com
[2] Universidade de São Paulo.

Recebido: 10/04/2023 | Aceito: 12/05/2023 | Publicado: 14/05/2023

INTRODUÇÃO

Historicamente, a documentação do projeto tem início após o advento da perspectiva, que segundo Menezes (2000), foi a primeira sistematização de representação na arquitetura, haja vista que anteriormente não eram encontrados registros (projetos) das edificações.

A incorporação da perspectiva ocorreu pelos artistas, Segundo Gonçalves (2009, p. 57), e manifestou-se "de tal maneira que o espaço passou a ser compreendido mais pela sua representação do que pela vivência do espaço real, ou seja, a representação sistemática acabou prevalecendo em relação ao espaço percebido".

Menezes (2000) aponta que a Revolução Industrial do século XVIII foi o que catalisou o desenvolvimento técnico (e o próprio desenho técnico como consequência), por conta da inserção da geometria descritiva como disciplina paradigmática para arquitetos e engenheiros.

Menezes (2000) afirmou também que o desenho projetivo ganhou força com a Revolução Industrial, uma vez que, para o autor, o ensino tradicional de arquitetura se baseia, em grande parte no desenho projetivo que engloba desenhos bidimensionais, plantas, cortes etc.

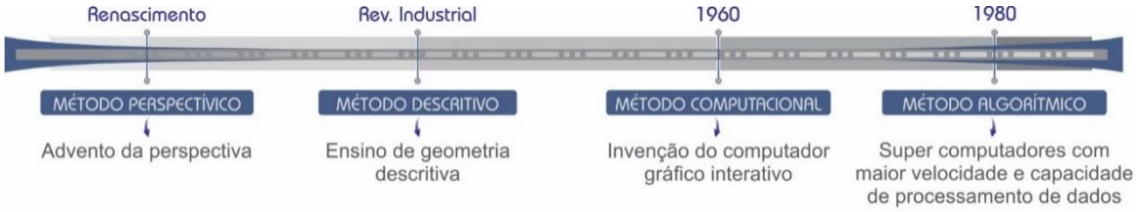
A redução de objetos de três dimensões para duas, foi possível justamente por conta da geometria descritiva, visto que possibilitou maior controle e precisão, e assim, permitiu o processo de produção seriada, além da documentação precisa, para que outros profissionais executassem o que era ideado por outrem.

Um fato que deve ser ressaltado, de acordo com Menezes (2000), é a portaria do MEC nº 1.770/94, visto que após a publicação dela passaria a ser obrigatório no currículo dos cursos o ensino de informática aplicada à arquitetura e urbanismo no Brasil, e este talvez tenha sido o início do questionamento na metodologia de ensino das disciplinas voltadas ao desenho. Menezes (2000) propõe então três períodos históricos em que houve mudanças paradigmáticas na documentação do projeto na Arquitetura e no Urbanismo: Renascença (método perspectívico), Revolução Industrial (método descritivo) e Década de 1960 (método computacional).

Com a evolução dos computadores e o maior acesso dos usuários, foi possível alcançar um maior poder e rapidez no cálculo matemático e processamento de dados. Foi este o contexto em que Wirz (2014) disse que uma mudança de paradigma poderia ser notada. Esta pesquisa não apenas vai ao encontro do pensamento do autor, como enxerga

um quarto momento histórico nas mudanças paradigmáticas que ocorreram na representação da arquitetura e do urbanismo: o método algorítmico, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 - Linha do tempo das mudanças na representação



Fonte: Omena, 2019.

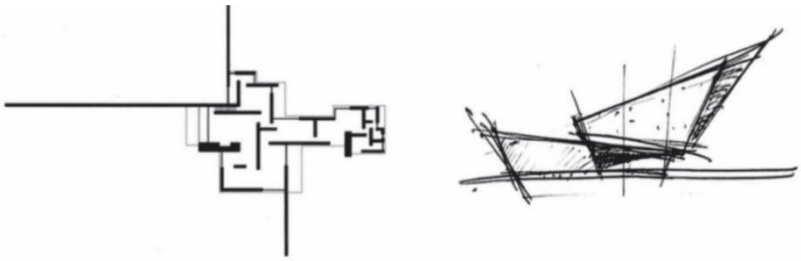
A MUDANÇA NA LÓGICA DO PROCESSO DE PROJETO

Tedeschi (2014) afirma que o processo de desenho clássico exclui aspectos fisicamente relevantes, e que no mundo real impulsionariam (ou pelo menos, deveriam impulsionar) a composição formal. Outro quesito importante apontado pelo autor, é que o ato de desenhar acontece de maneira diferente dos mecanismos cognitivos implícitos ao processo criativo. Neste quesito, ao invés de adicionar informações (como acontece no desenho tradicional), estabelecem-se inter-relações entre as informações.

Para o autor são estes dois quesitos que limitam o desenho clássico, e foi por isso que ele foi enfático ao dizer que não existe relação associativa capaz de ser gerenciada no modo tradicional de desenho, justamente porque seria compreendido como um processo aditivo, por meio do qual a complexidade poderia ser alcançada pela adição e sobreposição de sinais independentes (primitivas gráficas) que seriam traçados sobre o papel.

Para exemplificar o exposto, Tedeschi (2014) apresenta a figura 2, na qual o desenho da esquerda é uma planta (baixa) de Mies van der Rohe e a comparação à direita seria um rascunho, nos quais a única coisa que havia em comum entre ambos seria, para o autor, a visão ontológica de que ambos seriam apenas sinais em um papel, mesmo que representando coisas diferentes.

Figura 2 - Dois desenhos feitos por processo tradicional



Fonte: Tedeschi, 2014.

Tedeschi (2014) compreende que a consistência do desenho (que é baseado em acordos sociais) é garantida pelo próprio projetista e não pelo meio em que é realizado. Isto posto, o desenho não é para o autor um meio inteligente, mas um sistema baseado em normas e convenções.

Para Tedeschi (2014), o desenho tradicional era incapaz de gerenciar forças (como a gravidade) e restrições que afetassem e restringissem ações como deslocamentos e deformações. Seriam então limites como estes que haveriam de restringir a exploração da forma no método clássico de desenho, e esta seria a causa defendida pelo autor que fez os projetistas repetirem sistemas tectônicos comuns ao invés de inová-los.

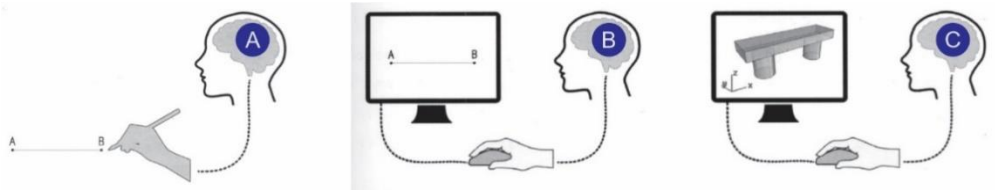
No início dos sistemas CAD estes limites relatados (incapacidade de gerenciamento de forças pelo método clássico de desenho) não haviam sido superados pelo computador, conforme relata Tedeschi (2014), que afirmou também que estes softwares apenas melhoraram a capacidade humana em reproduzir atividades repetitivas sem afetar o método de projeto.

Assim, a lógica aditiva presente nestes sistemas não diferiu quase nada da lógica que acontecia nos processos tradicionais de desenho (figura 3). Isto porque em ambos os processos era confiado ao projetista a determinação da consistência global de um projeto, por meio do controle dos *layers* do CAD e da adição consciente de primitivas gráficas através de mediação digital (TEDESCHI, 2014).

Tedeschi (2014) afirmou que o maior progresso na lógica dos processos de projeto arquitetônico iniciou-se a partir dos anos 1980, em virtude de pesquisas acadêmicas e práticas arquitetônicas de vanguarda, quando se buscava fugir das limitações dos

aplicativos computacionais, e em virtude disso se explorou a possibilidade de manipular por dentro (a partir da programação) os programas que auxiliavam a composição formal.

Figura 3 - Comparação entre o processo tradicional e o CAD



Fonte: Tedeschi, 2014.

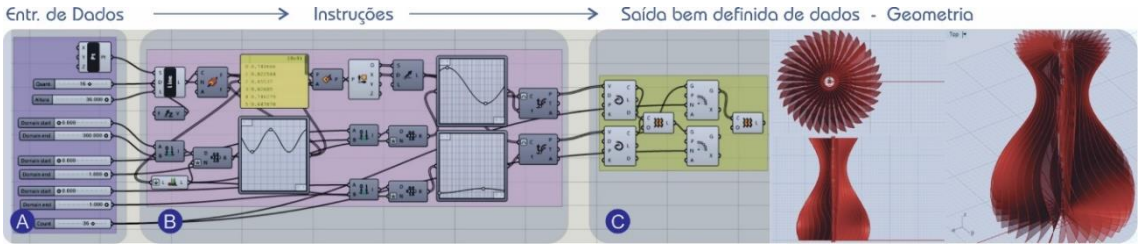
Para o autor, vários foram os projetistas que perceberam que era possível gerenciar a complexidade além das capacidades humanas por meio da estruturação de rotinas e procedimentos, nascia então a Arquitetura Assistida/Auxiliada por Algoritmo ou *Algorithm Aided Design* – (AAD) e o desenho paramétrico computacional.

Estas metodologias de projeto utilizavam como lógica associativa de desenho o algoritmo para encontrar soluções inovadoras na composição de geometrias não convencionais, uma vez que era capaz de gerenciar forças e outras informações intrínsecas do material construtivo e do cálculo.

Para ilustrar o processo AAD, Tedeschi (2014) define um algoritmo como um conjunto inequívoco de instruções precisamente definidas (figura 4B), que espera que cada entrada de dado (figura 4A) tenha diferença entre tipo e quantidade (para evitar dúvidas) e que por fim possa gerar uma saída bem definida de dados, como a geometria presente na figura 4C, programada através do popular aplicativo 3D Rhinoceros e o plug-in Grasshopper.

O desenho paramétrico é, portanto, todo aquele em que as relações entre as partes possuem dependência de parâmetros definidos (como por exemplo uma edificação em que as dimensões são todas dependentes do número áureo 1,618), no exemplo acima, temos um exemplo de geométrica produzida por AAD e cujo desenho é também paramétrico.

Figura 4 - Exemplo de lógica assiciativa de desenho paramétrico representada por AAD



Fonte: Omena, 2019.

AS MUDANÇAS NO PROCESSO DE ENSINO EM ARQUITETURA

O termo desenho paramétrico não está ligado somente ao digital. O primeiro computador analógico, descobrimento no início do século XX, a Máquina de Anticítera, creditada a autores gregos, mostra sofisticadas engrenagens parametrizadas com o movimento da Lua e planetas.

Para complicar, a palavra paramétrica se liga a conceitos matemáticos e ao desenho nas áreas de Arquitetura, Engenharia, Construções e Operações (AECO). Nelas, associa-se a ação projetacional que faz uso da representação dinâmica para gerar formas parametrizadas às regras, restrições ou dados pré-estabelecidos. Para o autor o termo (paramétrico) é derivado do nome do matemático persa Muhammad Ibn Musa Al-Kwarizmi, que definiu precisamente regras ou instruções para calcular uma função, conforme apontou Lara (2016).

Isto posto, é justamente a função que estabelece uma relação entre os números de entrada com os de saída; assim, em um desenho paramétrico, como as relações estão interligadas parametricamente quando há modificação em alguma das partes, todo o conjunto modifica com o mesmo padrão utilizado.

Para Kolarevic (2003) foi nos anos 1980 que os modelos paramétricos passaram a atuar em sistemas gráficos com a capacidade de reagir às alterações específicas que ocorrem em suas partes (em virtude da capacidade de processamento necessária para que isto ocorra). Deste modo, o controle indireto da forma (simples ou complexa) pode ser sistematizado por meio de metodologia paramétrica/algorítmica, isto acontece através de

dependência geométrica e pela decomposição do objeto intencionado em partes ou componentes que podem ser descritos em regras baseadas na lógica.

É neste contexto que o Desenho Assistido por Algoritmos potencializa a força e aplicabilidade do desenho paramétrico, por meio da simulação de dados e uso do AAD (TERZIDIS, 2006). Deste modo, é possível oferecer ao projetista subsídios para a tomada de decisões formais diversificadas de projeto, que permitem representar graficamente suas ideias, recursos e espaço, com o suporte de programas computacionais (TEDESCHI, 2014).

Resumidamente é possível dizer que as ferramentas para a modelagem digital paramétrica aliadas a um repertório matemático consistente, que inclui lógicas associativas de concepção formal, permitem maior dinamismo, elasticidade, organicidade, plasticidade e sustentabilidade.

O processo de projeto também se altera com o advento da tecnologia, uma vez que o projeto autoral (arraigado à cultura brasileira, diferentemente das práticas vigentes em países da América do Norte e da Europa), passa a ser desenvolvido de modo mais integrado, no qual predominam práticas de autoria e responsabilidade compartilhadas.

Não se deve afirmar que essas dinâmicas sejam, em si, simulações. As movimentações de entidades de modelagens paramétricas, se não forem rebatidas sobre o tempo (se não ocorrerem em função do tempo), ou selecionadas por algoritmos genéticos e/ou sistemas sofisticados de avaliações acabam gerando mais dados ou formas repetitivas do que modelos dinâmicos de representação. Corre-se o risco do projeto gerar formas de modo aleatório ou repeti-las indefinidamente, sem que isso de fato represente uma solução de projeto efetiva.

Para discorrer sobre a implementação, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade de São Paulo, inicialmente restrita ao nível de Pós-graduação, é preciso, primeiramente, contextualizar a atividade docente durante os dez anos aos quais esta análise se refere, bem como uma contextualização prévia dos fatos históricos.

Neste sentido, a escola tem um longo histórico desfavorável à máquina numérica, o que pode ser percebido na abordagem em papel ainda sobressalente na docência de projeto. Na década de 70, os primeiros computadores da então Faculdade de Arquitetura

e Urbanismo (FAU) se localizavam na gráfica da própria FAU. Os dados eram gravados precariamente em fitas de áudio cassete.

O desenvolvimento de possibilidades de integração entre os programas computacionais, adotados para o desenvolvimento de projeto, durante a década de 1990 que utilizavam tecnologias CAD, eram uma realidade possível à medida que recursos disponíveis por meio de programas computacionais passaram a permitir a exportar desenhos no formato neutro DXF (*Drawing Exchange Format*), que permitiu a troca de informações entre diferentes programas de autoria.

Concomitantemente, editores de textos passaram a permitir a inserção de planilhas eletrônicas e gráficos criados em programas específicos (NASCIMENTO; SANTOS, 2003), ampliando as possibilidades de digitalização de informações de projeto e de execução de edificações.

É nesse período que a prática do desenho assistido por computador passa a ser paulatinamente incorporado às práticas de ensino-aprendizagem da FAUUSP quando uma primeira configuração do Laboratório de Computação Gráfica é implantada, suficiente para o suporte ao ensino dos programas computacionais Autodesk AutoCAD versões 9, 10 (cujos recursos ainda eram bastante limitados e a interface oferecida ao usuário pouco amigável) e, posteriormente, 12 para DOS (*Disk Operating System*).

Entretanto, nessa fase inicial o ensino de CAD se manteve restrito a cursos de extensão e, portanto, desvinculado das dinâmicas de ensino adotadas nos cursos de graduação e de pós-graduação.

Posteriormente, as primeiras iniciativas para a integração de processos de projeto com o auxílio de recursos digitais nos cursos regulares da FAU USP se deram durante a primeira década do século XXI. Nesse período, uma sala de aula foi improvisada com computadores para a primeira disciplina da graduação que ministrava Autocad versão 14 para os alunos de arquitetura do segundo ano da grade curricular do curso.

Até essa época, os alunos eram proibidos de entregar seus projetos representados em pranchas produzidas em ambiente virtual e as soluções de projeto elaboradas no âmbito das disciplinas eram entregues em papel vegetal (transparente) e a lápis.

Um indício da segregação verificada à época, entre as das técnicas de desenho com o auxílio de programas computacionais e os processos de projeto em prática nas disciplinas da faculdade nesse período, é a atribuição de disciplinas ensino de arquitetura com mediação digital inicialmente aos cuidados de docentes da área de engenharia.

Cabe mencionar que a gradual evolução das dinâmicas de ensino-aprendizagem, no sentido da incorporação de recursos de modelagem digital, trouxe vantagens, como maior agilidade e precisão na representação de soluções de projeto, mas também novos desafios aos docentes. Por exemplo, à medida que os produtos de meios de representação digital passaram a ser incorporados ao ambiente acadêmico como, por exemplo, a necessidade de conferência digital para a verificação da autenticidade dos trabalhos, como consequência da facilidade de clonagem de informações geométricas em ambiente computacional.

Apesar das evoluções relacionadas à assimilação de recursos de computacionais ao desenvolvimento de projeto em disciplinas da FAUUSP, ainda não há consenso relacionado à necessidade de proficiência dos alunos em técnicas do desenho instrumentado em papel anteriores a seu contato com os meios de representação em ambiente digital.

Acerca do exposto Young (2011), fez considerações pertinentes que podem auxiliar a discussão, segundo o autor a geometria (segmento da matemática que estuda o espaço e os objetos que ali podem ser representados) perpassa as relações entre a arquitetura e suas metodologias de projeto e exerce um papel de mediação arquitetônica (elo intermediário entre sujeito e objeto).

Para o autor, a modelagem tridimensional pode estar corrigindo a relação entre geometria e arquitetura, fazendo referência a uma possível associação equivocada, na visão dele, em que a função do ensino de geometria/desenho estava relacionada à esperança dos arquitetos renascentistas de que a beleza de um projeto arquitetônico pudesse ser julgada completamente através do desenho.

Young (2011) defende que a geometria é uma parte integrante da construção arquitetônica e da representação, e que nestas áreas o entendimento deste assunto (geometria) pode mudar bruscamente, haja vista que na construção o conceito envolve as

medidas que traduzem o desenho para a edificação, ao passo que na representação o termo pode ser o modo de representação (projeção) ou o próprio objeto representado (forma).

Ao final da segunda década do século XXI, a FAU conta com larga experiência no ensino com modelos e a representação paramétrica não é excludente ao esboço, ao fluxograma e outras formas de exteriorização de concepções espaciais. O automóvel tem cada vez mais inteligência com os sensores, computação embarcada e uso da fabricação digital com uma sofisticada linha de montagem robotizada. Emprega-se na sua manufatura o uso da gestão da informação com o desenho paramétrico e tem, nas suas primeiras fases de projeto, o largo uso do desenho manual com o uso de marcadores que ajudam dar volume ao desenho variações e mostram as nuances das suas linhas.

Após a superação da fase inicial de assimilação digital nas dinâmicas de ensino-aprendizagem, observou-se, principalmente no âmbito do programa de pós-graduação, uma crescente procura por conceitos básicos de programação, parametrização e prototipagem. Recentemente foi criada uma disciplina optativa AUT 2501 Desenho Paramétrico e Fabricação Digital para ambos os cursos de Arquitetura e Design.

Ainda sobre a contextualização da implementação da máquina numérica e do desenho paramétrico na FAUUSP, o ambiente ensino preparado para suporte às disciplinas dedicadas ao ensino de CAD e de modelagem digital tem sofrido sistematicamente com a insuficiência e a obsolescência de equipamentos de hardware e de programas computacionais.

O advento de recursos mais sofisticados de modelagem da informação da construção (*Building Information Modeling – BIM*) trouxe possibilidades de incorporar à representação digital geométrica de um projeto características físicas e funcionais. Deste modo, passou a ser possível elaborar um modelo composto por elementos, que podem ser componentes, sistemas ou conjuntos de componentes, de modo a permitir (AIA, 2008):

- Elaboração das representações gráficas necessárias ao projeto de arquitetura e aos projetos técnicos;
- Elaboração de simulações de desempenho dos modelos representados;

Registro e organização dos resultados obtidos por simulações;

- Registro de dados coletados correspondentes à aferição do desempenho real;
- Tratamento estatístico das informações;
- Documentação do histórico de resultados e ações implantadas; e
- A partir da consulta aos resultados, a retroalimentação do processo.

Em suma, os projetos desenvolvidos em BIM, além das informações geométricas tridimensionais (3D), podem apresentar as seguintes informações: tempo (4D), custo (5D) e gestão de facilidades (6D) (RIBA, 2012).

Além disso, a modelagem da informação da construção permite a representação digital de componentes da edificação, associada atributos e a regras paramétricas. O comportamento paramétrico de um elemento corresponde à habilidade de um determinado componente em responder a um estímulo. Nesse contexto, componentes da edificação, tais como: paredes e elementos estruturais, respondem de modos diferentes a estímulos, quando compatibilizados com elementos construtivos. Por exemplo, um cano pode atravessar uma parede, mas deve desviar-se de uma viga. Ou ainda, uma parede pode receber uma porta ou janela (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006).

Estrutura-se na introdução de disciplinas voltadas ao ensino da Modelagem de Informacional da Construção (BIM) e da Modelagem Informacional da Cidade (CIM) e Modelagem Informacional da Manufatura (MIM) em seus diferentes níveis para a graduação da FAUUSP. Atualmente, o BIM na FAU está no nível 2 (fechado) e somente em disciplinas da pós-graduação focando o GIS (Dados da Cidade) o BIM fechado. Disponibiliza-se para todos os alunos os três principais pacotes informacionais paramétricos: Bentley, Arquicad e AutoDesk com seus respectivos aplicativos e *plug-ins* paramétricos: *Generative Components*, Rhinoceros e Grasshopper e Dynamo.

Com a reforma do edifício da FAUSP, cria-se o Histórico Informacional da Modelagem (HBIM) que traz toda a informação dos elementos construtivos da FAU em ambiente paramétrico e disponível em seu clone digital (Digital Twin).

O nível 3 (aberto) ligado à Internet das Coisas (IOT) sensível pela rede de sensores que faz as cidades, edifícios e objetos adquirirem o status de “inteligentes” e verdes (ambientalmente corretos) é um sonho ainda muito distante.

Com a chegada das máquinas de Fabricação Digital (FD), o ensino do desenho paramétrico de forma sistematizada pôde se beneficiar do uso de máquinas robotizadas conjuntamente com uma nova paginação no chão de fábrica da oficina mesclando as máquinas tradicionais com as de FD.

Os recursos computacionais mais complexos trouxeram um desafio relacionado à infraestrutura dos laboratórios de Computação Gráfica disponíveis às atividades de ensino-aprendizagem. Atualmente, encontram-se em processo de implantação soluções móveis para o armazenamento de equipamentos portáteis, com o objetivo de incorporar o ambiente digital à prática acadêmica diária e aumentar a interação entre alunos e disciplinas, na direção do processo de projeto colaborativo, por meio do uso da mediação digital atrelada à arquitetura e ao design, aproximando assim os ateliês de projeto e oficinas à área da computação gráfica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gradual inserção de recursos computacionais para suporte à modelagem e ao desenho paramétrico, no âmbito dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Design permitiu o amadurecimento das práticas de ensino-aprendizagem, à medida que se depara com novos desafios e mudanças de paradigma.

Atualmente, busca-se incorporar à vivência acadêmica os seguintes aspectos: (i) propiciar ao aluno o contato com um ambiente digital compatível com as boas práticas profissionais; (ii) fornecer ao discente o contato com experiências de projeto colaborativo, auxiliando a expansão de seu repertório; (iii) oferecer ao aluno procedimentos metodológicos adequados para a pesquisa de soluções, ao longo do processo de projeto.

Isso se dá em uma época extremamente estimulante, à medida que a tecnologia digital evolui rapidamente, incorporando novos recursos que permitem explorar processos de projeto e de fabricação inovadores. Por outro lado, coloca o docente frente ao desafio de provocar a curiosidade do aluno e, ao mesmo tempo, provocar-lhe o espírito

crítico frente ao ambiente de superexposição ao ambiente digital que pode tender à banalização de soluções de projeto.

Por isso, a vivência prática e diária em sala de aula de situações que incorporem recursos de tecnologia de informação consiste em aspecto fundamental para a formação não só profissional, como também pessoal e social do aluno e futuro profissional atuante nas áreas da arquitetura, do urbanismo e do design.

REFERÊNCIAS

AIA - *The American Institute of Architects*. *Document E202 –* ***Building Information Modeling protocol exhibit***. San Francisco: AIA, 2008.

GONÇALVES, M. M. **O uso do computador como meio para a representação do espaço**. 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo – USP, São Paulo: USP, 2009.

KOLAREVIC, B. *Architecture in the digital age*: ***Design and Manufacturing***. Nova Iorque: Spon Press, 2003.

LARA, A. H. Desenho Paramétrico. In: BRAIDA, F.; LIMA, F.; FONSECA, J.; MORAIS, V. **101 conceitos de arquitetura e urbanismo na era digital**. São Paulo: ProBooks, 2016.

LEE, C.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*. *In*: ***Automation in Construction***. **v. 5**. *London*: Elsevier B. V., 2006, pp. 758-776. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580505001445. Acesso em: 10 mai. 2014.

MENEZES, A. M. **O uso do computador no ensino de desenho nas escolas de arquitetura**. *In*: IV Congresso da Sociedade Ibero Americano de Gráfica Digital – SIGRADI. Anais. Rio de Janeiro: SIGRADI, 2000.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. *In*: **Ambiente Construído**, **v. 3**, **n. 1**. Porto Alegre: ANTAC, 2003, pp. 69-81.

OMENA, T. H. **Ciclo de desenvolvimento de projeto baseado em desempenho do material**: dos processos digitalmente mediados à fabricação local. 2019. 270 p. Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2019.

TEDESCHI, A. ***AAD_Algorithms Aided Design***. *Parametric strategies using Grasshopper*. Itália: Le Penseur, 2014.

TERZIDIS, K. ***Algorithmic Architecture***. S/l: Routledge, 2006.

WIRZ, F. *Foreword*. *In*: TEDESCHI, A. ***AAD_Algorithms Aided Design***. *Parametric strategies using Grasshopper*. Itália: Le Penseur, 2014.