

ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA E FABRICAÇÃO DIGITAL: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Paulo Eduardo Fonseca de Campos

Desde o início dos anos 2000, a fabricação digital vem se popularizando e, mais recentemente, sendo anunciada como o prenúncio de uma Terceira Revolução Industrial (ECONOMIST, 2012). É certo que se está assistindo ao surgimento de uma inovação que pode ser classificada como disruptiva ou radical, segundo os preceitos expressos no site *The Innovation Policy Platform*⁵, já que a fabricação digital pode representar uma oportunidade real de quebra de paradigma, cujo impacto será significativo sobre o mercado e a atividade econômica futura da sociedade, além de uma resposta ao esgotamento de um ciclo produtivo calcado, originalmente, nos clássicos padrões fordistas.

⁵ INNOVATION POLICY PLATFORM, The. Disponível em: <www.innovationpolicyplatform.org>. Acesso em 6 out. 2016.

Na arquitetura e, particularmente, no segmento da construção industrializada, os saltos tecnológicos, historicamente, são dados por meio de inovações incrementais, ou seja, aquelas baseadas em produtos, serviços, processos, organização ou métodos já existentes, cujo desempenho pode ser significativamente melhorado ou atualizado. Essa é habitualmente a forma de inovação que predomina na cadeia da construção e na arquitetura, ainda que a natureza da inovação e da taxa de mudança tecnológica muito possam diferir de um país para outro, entre setores produtivos e períodos de tempo envolvidos, de acordo com a *Innovation Policy Platform*.

Por sua vez, os processos de projeto e fabricação executados por meio dos sistemas CAD (do inglês: *computer aided design* ou projeto assistido por computador), CAE (*computer aided engineering* ou engenharia assistida por computador) e CAM (*computer aided manufacturing* ou manufatura assistida por computador), integram aquilo que se pode chamar de convergência digital ou “*continuum digital*”, como classifica Kolarevic (2003). Uma ligação direta entre projeto e produção, a qual se estabelece por meio das tecnologias digitais.

A fabricação digital é aqui encarada como um tema vinculado a uma nova alternativa tecnológica para o desenvolvimento da arquitetura industrializada, com inúmeros conceitos inovadores de projeto e de produção a ela ligados. Apesar disso, não há porque enxergá-la como uma forma de ruptura com o passado e a tradição da arquitetura, mas sim como um meio de continuidade, uma possibilidade a mais que permite combinar conceitos aparentemente opostos, tais como a produção padronizada e a produção flexível.

Materiais e arquitetura no contexto da fabricação digital

Apesar de todo o potencial oferecido pelas tecnologias de fabricação digital, é preciso reconhecer que seu desenvolvimento e validação para uso na arquitetura dependem, em boa medida, do conhecimento profundo das próprias especificidades desta “nova indústria”, sem o qual se corre o risco de convertê-la em um hobby ou uma curiosidade, quando não, um modismo. A aproximação entre a academia, como parte integrante do aparato de ciência e tecnologia, e o setor privado, além dos investimentos em pesquisa, particularmente de forma consorciada, constituem uma prática que já vem oferecendo resultados tangíveis em países desenvolvidos como a Inglaterra, por exemplo, no caso específico da Universidade de *Loughborough* (BUSWELL, 2007), como se verá mais adiante.

O ponto de partida deste esforço se dá com a geração de propostas criativas e a identificação de oportunidades, em um processo baseado na aplicação de metodologias para inovação e planejamento em estágios mais avançados. A equipe multidisciplinar a ser reunida em torno de um projeto de inovação radical pode abranger desde empresas produtoras de materiais e componentes para construção, até fabricantes de sistemas construtivos industrializados, que aspirem se manter inovadores e competitivos. Neste contexto, o concreto é, e ainda seguirá sendo, um dos materiais de construção mais conhecidos e utilizados no mundo, com um crescente apelo econômico, social e ambiental no âmbito deste setor produtivo. A fabricação digital ou robótica, por sua vez, é a tecnologia de manufatura mais avançada e flexível de que se dispõe na atualidade, com forte impacto no nível das condições tecnológicas e humanas. O desafio que ora se coloca diz respeito à inovação como indutora do desenvolvimento sustentável e à visão de futuro que a arquitetura industrializada será capaz de desenhar para si.

Breves considerações a respeito de inovação na arquitetura industrializada

A história da construção industrializada, especialmente no campo da pré-fabricação, sempre lidou com questões relacionadas à padronização e à produção seriada, particularmente vinculadas a programas massivos de habitação social. Sob a égide da inovação tecnológica voltada à construção massiva de habitações, vários foram os equívocos cometidos no período de reconstrução da Europa após a Segunda Grande Guerra (FONSECA DE CAMPOS, 2013). Neste período, predominaram, de forma implacável, as regras dos sistemas construtivos pré-fabricados da chamada “primeira geração” da industrialização, na qual frequentemente o usuário era relegado à condição de mero detalhe, predominando uma visão produtivista. Como exemplo, acessar a imagem⁶ do conjunto habitacional “*Killingworth Towers*”, construído nos anos 1970, em *Newcastle* (UK), fotografado durante sua demolição (1987).

Foram várias as críticas a este modelo inicial, que vinculava a pré-fabricação seriada à rigidez e à uniformidade para definir um sistema construtivo desenvolvido sem pensar nas qualidades intrínsecas de sua arquitetura e sua relação com o entorno urbano, a cidade. Este cenário, porém, vem se modificando rapidamente nas últimas décadas, com a introdução das tecnologias digitais de fabricação, as quais incentivaram projetistas a explorar soluções que estimulam a pesquisa de geometrias mais complexas, desafiando os princípios da padronização que, até então, dominavam os meios de produção. Desde então, a tecnologia digital tem sido associada à teoria e

⁶ Disponível em: <<http://towerblock.org/wp-content/uploads/2010/02/ne-55.jpg>>. Acesso em: 6 out. 2016.

ao desenvolvimento de uma produção arquitetônica contemporânea não padronizada, com ênfase à flexibilidade e à variedade.

Kolarevic (2003) afirma que a era digital reconfigurou radicalmente a relação entre concepção e produção, criando uma conexão direta entre o que pode ser concebido e construído. Os projetos de edifícios, atualmente, não só nascem digitalmente, como são realizados digitalmente por meio dos processos *file-to-factory*, que fazem uso de tecnologias de controle numérico computadorizado (CNC) para fabricação. Gershenfeld (2005), por sua vez, em seu icônico livro *"FAB; The coming revolution on your desktop – From personal computer stop personal fabrication"* pondera que, graças à convergência da computação e fabricação, hoje é possível converter bits em átomos, imprimindo objetos a partir de suas imagens ou modelagem virtual.

Ou seja, com o advento dos processos digitais de fabricação, por meio de máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), somados aos sistemas CAD, CAE e CAM, que juntos proporcionam a integração de projeto, engenharia e manufatura auxiliados por computador, as técnicas tradicionais de produção vêm passando por uma autêntica revolução, embora não acabada, mas que indica uma tendência de quebra de paradigma a ser acompanhada com atenção não só pelas áreas de formação e pesquisa, mas também pelo setor produtivo.

Fabricação digital e tecnologia do concreto:

3D Concrete Printers

É possível afirmar, apoiando-se em pesquisas em bases de dados de patentes e anais de congressos especializados (ISARC, 1984-2014), que a primeira pesquisa envolvendo a utilização de material cimentício e fabricação digital, foi

realizada na *University of Southern California*, intitulada “*Contour Crafting*” (HWANG; KHOSHNEVIS, 2004).

O sistema consiste em uma tecnologia de fabricação aditiva que utiliza o controle computadorizado para criar superfícies de forma livre. Um grande pórtico automatizado, somado a um equipamento de extrusão de material cimentício, possibilitaria a construção da estrutura ou edificação de maneira integral. Segundo o próprio pesquisador principal (KHOSHNEVIS, 2006), a viabilização do sistema pressupõe tal desenvolvimento e integração da indústria da construção e de todos os seus atores em torno desse novo sistema construtivo, que hoje é ainda inimaginável pensar em sua viabilidade a curto prazo, embora a sua técnica seja comprovadamente plausível. Como exemplo, acessar a ilustração⁷ do sistema construtivo “*Contour Crafting*” baseado na extrusão de material cimentício.

Freeform Construction

Outra pesquisa de fundamental importância acerca da manufatura aditiva utilizando materiais cimentícios teve origem na Universidade de *Loughborough*, no Reino Unido. Da mesma maneira que a pesquisa desenvolvida pelo grupo da *Southern California University*, esse trabalho emprega um pórtico mecânico computadorizado, utilizado como meio para a deposição das camadas de matriz cimentícia, com precisão, no local desejado.

Inspirada, particularmente, nas técnicas já conhecidas de impressão 3D, a pesquisa tem o apoio de importantes atores do mercado da construção mundial, como o escritório de arquitetura Foster & Partners e o Buro Happold,

⁷ Disponível em: <<http://www.archdaily.com/554739/nasa-tech-brief-awards-contour-crafting-s-automated-construction-methodology-top-honors>>. Acesso em: 15 out. 2016.

especializado em projetos estruturais de alta complexidade (BUSWELL et al, 2007).

Mais recentemente, em 2014, a Universidade de Loughborough firmou um acordo de cooperação com um consórcio de empresas liderado pela gigante mundial da construção civil Skanska, com o objetivo de desenvolver o uso da impressão 3D em concreto. O engenheiro Rob Francis, diretor de inovação e desenvolvimento da Skanska UK (Reino Unido) declarou, na ocasião, que a “impressão 3D em concreto, quando combinada com uma espécie de centro de pré-fabricação móvel, tem um potencial para reduzir o tempo necessário para criar elementos complexos para os edifícios, de semanas para horas” (McGAR, 2014). Acrescentou ainda: “Nós esperamos alcançar um nível de qualidade e eficiência, jamais visto na construção”. O objetivo final da iniciativa, segundo a mesma matéria, é desenvolver o primeiro robô comercial do mundo para impressão em concreto.

Como exemplo, acessar a imagem⁸ da impressão de uma edificação pelo processo “3D Concrete House Printer” de Andrey Rudenko (EUA) – primeira impressora de concreto 3D portátil para impressão no local.

A principal diferença entre as duas pesquisas (*Contour Crafting* e *Freeform Construction*) é o fato de os ingleses partirem do princípio do uso da técnica para a execução de componentes construtivos, e não da edificação inteira, o que parece ser bem mais razoável.

Um dos mais recentes projetos envolvendo fabricação aditiva de concreto para edifícios foi o desenvolvido pela empresa de construção civil chinesa WinSun. O exemplo

⁸ Disponível em: <<https://sourceable.net/wp-content/uploads/2014/11/3d-concrete.jpg>>. Acesso em: 15 out. 2016.

do edifício mais alto do mundo executado com tecnologia de impressão 3D em concreto causou espanto e se disseminou rapidamente, não apenas na mídia especializada, mas também em veículos de grande circulação, junto com a notícia de que na China dez casas haviam sido “impresas” em concreto, em um período de menos de vinte e quatro horas.

Como exemplo, acessar a imagem⁹ do mais alto edifício do mundo executado com tecnologia de impressão 3D em concreto pela WinSun – Parque Industrial de Suzhou (China).

Conclusão

Nos últimos anos, as tecnologias digitais incentivaram designers e arquitetos a explorar geometrias complexas em seus projetos, que levaram à investigação de novos processos de fabricação, desafiando os princípios da estandardização que, até então, dominavam os meios de produção desde a Segunda Grande Guerra. É fato que a tecnologia digital tem sido associada à teoria e ao desenvolvimento de uma produção contemporânea não padronizada, tanto no Design como na Arquitetura.

Entre as obras mais recentes que talvez melhor simbolizem este *zeitgeist* da arquitetura digital, no qual tomam parte também materiais avançados, a exemplo dos compósitos cimentícios como o GRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete* ou Concreto Reforçado com Fibra-de-vidro), encontra-se o Centro Olímpico da Juventude de Nanjing (2014), projetado por Zaha Hadid (1950-2016). Ali, o conceito de *Freeform Construction* encontrou um desafio de

⁹ Disponível em: <<http://www.yhbm.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=68>>. Acesso em: 15 out. 2016.

grande escala para a construção de estádios e edifícios contemporâneos, que possibilitaram aliar as mais avançadas tecnologias de projeto, materiais e execução.

Como exemplo, acessar a imagem¹⁰ do *Nanjing Youth Olympic Centre* (China, 2014), projetado por Zaha Hadid.

Na medida em que os processos digitais hoje proporcionam a integração de projeto, engenharia e manufatura auxiliada por computador é possível vislumbrar uma tendência de quebra de paradigma a ser acompanhada com atenção nas áreas de formação e pesquisa em Design e Arquitetura. São inúmeras as possibilidades oferecidas pela fabricação digital no desenvolvimento da arquitetura industrializada e de outros campos de aplicação, particularmente voltados ao projeto de produto para o edifício.

¹⁰ Disponível em: <<http://design--daily.blogspot.com.br/2014/09/nanjing-youth-olympic-centre-zaha-hadid.html?m=1>>. Acesso em: 26 mar. 2016.