

O papel das impressoras 3D nas diversas etapas do projeto

The 3D printer paper at various stages of project

Frederico Braida

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
frederico.braida@ufjf.edu.br

Emmanuel Sá Resende Pedroso

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
emmanuel.pedroso@ufjf.edu.br

Aline Calazans Marques

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
aline.calazans@ufjf.edu.br

Fernando Tadeu de Araújo Lima

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil
fernando.tadeu@ufjf.edu.br

ABSTRACT

This article aims to address the use of 3D printers in the stages of design, development and final presentation in projects of architecture and urbanism. To evaluate the performance of 3D printers, we emphasize in each of these stages of the project, the representational demands and cognitive processes involved as well as analytical categories taken as cost, running time, accuracy and level finish, the representation of materials, scale and size of three-dimensional models and possibilities for intervention in the models themselves.

KEYWORDS: Impressoras 3D; Prototipagem rápida; Projeto; Fabricação Digital; Modelagem tridimensional.

Introdução: as tecnologias digitais, as máquinas de controle numérico e o projeto de arquitetura e urbanismo

Se o final do século passado ficou marcado pela incorporação da prancheta eletrônica nos ambientes de projeto, com a utilização dos programas de CAD (computer aided design, ou desenho auxiliado por computador), percebe-se, nos dias hoje, a maior exploração da tecnologia CAM (computer aided manufacturing, ou fabricação auxiliada por computador), a propagação da plataforma BIM (building information modeling, ou modelagem de informação da construção) e uma consequente utilização de máquinas CNC (computer numeric control), ou seja, de equipamentos numericamente controlados por computador. Portanto, assiste-se a uma mudança não somente do desenho arquitetônico, do ponto de vista da qualidade e da técnica de representação gráfica, mas a uma inovação no próprio processo de projetar, uma vez que a expressão *file to factory* (do arquivo à fábrica) já se apresenta como uma realidade, ou seja, a fabricação automatizada do objeto arquitetônico, pelo menos em partes, a partir de um modelo digital se impõe como uma possibilidade concreta.

Nesse novo contexto de projeção e de materialização do ambiente construído, destacam-se os equipamentos e os processos de prototipagem rápida e de fabricação digital. Essas máquinas permitem tanto a produção de protótipos, modelos de testes, quanto a fabricação de produtos acabados ou elementos construtivos a serem empregados diretamente nas obras. As fresas e as impressoras 3D são exemplos dessas máquinas, as quais têm sido divididas de acordo com os seguintes métodos de produção dos objetos: (a) subtrativo, (b) formativo e (c) aditivo.

Como pode-se observar, são diversas as máquinas e múltiplos os métodos que vêm influenciando os processos de concepção, desenvolvimento e materialização do projeto de arquitetura e urbanismo. No entanto, no âmbito deste artigo, o foco volta-se para as máquinas popularmente conhecidas como impressoras 3D, as quais trabalham com o método aditivo. Mais especificamente, objetiva-se abordar a utilização das impressoras 3D que operam com a tecnologia FDM – fusion deposition modeler (modelagem por fusão e deposição). Para isso, metodologicamente, recorre-se tanto à pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte dos processos de prototipagem rápida e de fabricação

digital quanto à observação empírica e à análise crítica da utilização desse tipo de equipamento nas diversas fases do projeto de arquitetura e urbanismo.

O lugar dos modelos tridimensionais nas diversas etapas do projeto de arquitetura e urbanismo

Ao longo da história da arquitetura e do urbanismo, o desenvolvimento de maquetes físicas tem se mostrado como uma ferramenta altamente eficaz de concepção, de representação e de apresentação do projeto, uma vez que elas podem, potencialmente, comunicar de forma imediata as ideias acerca dos materiais, das formas, dos tamanhos, das cores etc.. Outra grande vantagem é que as maquetes físicas constituem-se em formas tangíveis de representação tridimensionais, ou seja, são objetos cujas dimensões coincidem com as dimensões da arquitetura, portanto, mostram-se como potenciais fontes de ricas informações tomadas do mundo “real”.

Logo, os diversos tipos de maquetes alinham-se aos objetivos específicos de cada uma das fases de projeto, as quais, de acordo com a NBR 6492, que versa sobre a representação de projetos de arquitetura, são assim denominadas: (a) estudo preliminar, (b) anteprojeto, (c) projeto executivo e (d) projeto como construído (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994, p.4-6). Para os fins deste artigo, adotando-se um ponto de vista menos normativo, mas que contempla as habilidades demandas dos projetistas e as questões cognitivas envolvidas em cada etapa de projeto, propõe-se a divisão do processo projetual em três fases: (a) concepção, (b) desenvolvimento e (c) apresentação. A partir das etapas projetuais descritas por Silva (2006), pode-se compreender que a concepção, primeira fase do processo projetual, é marcada pelo elevado grau de abstração das ideias do projetista e, conseqüentemente, de suas representações. Admitindo-se o projeto como uma solução para um problema inicialmente colocado, a concepção trata-se de uma fase em que as primeiras respostas são buscadas, geralmente de forma abrangente. Na fase de desenvolvimento do projeto, tem-se a solução geral do problema e a representação bastante clara da obra. As representações do projeto nesta fase voltam-se, mais especificamente, para os membros da equipe, pois são diversos atores que se envolvem na solução do problema, desde os clientes, passando pelos demais projetistas, chegando até os indivíduos dos órgãos de aprovação do projeto. Finalmente, é na fase de apresentação que o projeto mostra-se por completo e detalhado, pois se trata da resposta conclusiva ao problema. A representação nesta fase, em oposição à fase de concepção, é exata, precisa, objetiva, e voltada para o público em geral.

Dessa forma, para efeito deste artigo, os modelos serão divididos em modelos de concepção, de desenvolvimento

e de apresentação. Embora um mesmo modelo possa enquadrar-se em mais de uma fase, dependendo do enfoque que se dê, geralmente, há características que marcam a predominância de alguma fase a qual o modelo se destina. Essa divisão contempla aquela proposta por Mills (2007), para quem as maquetes primárias, que são aquelas que se relacionam com o nível ou estágio de evolução do projeto, são assim denominadas: (a) maquete preliminar, (b) maquete de diagrama, (c) maquete de conceito, (d) maquete de volumes, (e) maquete de cheios e vazios, (f) maquete de desenvolvimento, e (g) maquete de apresentação ou maquete com acabamento. A partir da classificação de Mills (2007), pode-se afirmar que as maquetes de concepção são quase sempre volumétricas, destinadas ao estudo das proporções e das aberturas em um estágio preliminar. Também, por estarem relacionadas com as primeiras formalizações do conceito, são maquetes usadas, segundo Dunn (2010) e Mills (2007), para a verificação de intenções e demais aspectos abstratos do projeto. Já as maquetes de desenvolvimento, apresentam-se mais bem desenvolvidas que as maquetes de concepção, pois pressupõem maior definição dos problemas projetuais, no entanto, ainda devem ser versáteis o suficiente para permitir modificações, pois não são maquetes de apresentação final do projeto. Nesse sentido, não há necessidade de uma representação fiel de detalhes como espessuras e texturas precisas dos materiais, porém, com relação à escala e ao acabamento, em geral, são maiores que as maquetes de concepção. Logo, as maquetes de desenvolvimento demandam maiores investimentos financeiro e de tempo de execução. Por fim, as maquetes de apresentação são aquelas que representam o projeto já concluído. Essas maquetes são bastante custosas, pois o tempo dedicado à sua produção é elevado. Geralmente produzidas em tamanhos maiores, elas exigem um especial cuidado com o detalhamento (MILLS, 2007).

Assim, esses três grandes tipos de maquetes possuem características específicas, as quais podem ser identificadas segundo as seguintes categorias de análise: (a) custo, (b) tempo de execução, (c) precisão e nível acabamento, (d) representação dos materiais; (e) escala e dimensão, e (f) possibilidades de intervenção. A Fig. 1 apresenta um quadro que revela a relação de cada tipo de maquete com as essas categorias

Destaca-se que essas características representam as aplicações das maquetes correlacionadas com as fases de projeto de um ponto de vista geral. No entanto, as especificidades de cada projeto podem demandar que um determinado tipo de maquete tenha uma característica diferente das supracitadas.

	Categorias de análise	Tipos de maquetes		
		Maquetes de concepção	Maquetes de desenvolvimento	Maquetes de apresentação
	custo	baixo	médio	alto
	tempo de execução	rápido	médio	demorado
	precisão e nível acabamento	baixos	médios	altos
	resolução da representação dos materiais	baixa	média	alta
	escala e dimensão	reduzidos	intermediários	ampliados
	possibilidades de intervenção	muitas	intermediárias	poucas/nenhuma

Fig. 1. Tipos de maquetes e suas características. Fonte: os autores.

As características dos modelos tridimensionais produzidos a partir de impressoras 3D

Na área da arquitetura e do urbanismo, são visíveis as influências das tecnologias digitais nos âmbitos da representação em campos diversos como, por exemplo, da história e teoria, das metodologias de projeto e do patrimônio. Com relação às especificidades da produção de modelos tridimensionais, uma das inovações mais sensíveis tem sido a possibilidade da modelagem computacional. No entanto, Mills (2007, p.240) ressalta que, “embora o uso de programas de maquetes eletrônicas tenha se difundido, a compreensão direta oferecida pela maquete física se perdeu. Para preencher essa lacuna, as maquetes por prototipagem rápida desenvolvidas para a indústria de protótipos têm sido adotadas pelas firmas de arquitetura”. É por isso que, nos últimos dez anos, destaca-se a modelagem virtual acompanhada da prototipagem rápida e da fabricação digital.

Conforme enfatizado por Dunn (2010, p.180, tradução nossa), “a aparição de novos programas de criação de maquetes por computador, que permitem gerar sistemas paramétricos e organizações biológicas complexas e explorá-los em termos de projeto, tem começado a oferecer alguns caminhos para os maquetistas que anteriormente não existiam”. Um desses caminhos é a prototipagem rápida, a impressão 3D, a produção de modelos concebidos digitalmente e materializados em máquinas controladas por computador.

De forma geral, Mills (2007, p.240-241) apresenta uma série de considerações sobre as vantagens e

desvantagens da adoção da prototipagem rápida, as quais estão resumidas na Fig. 2.

A partir desse quadro (Fig. 2), verifica-se que a utilização das impressoras 3D deve ser criteriosa. O recurso da prototipagem rápida pelo método aditivo deve ser empregado segundo as características de cada fase do processo projetual, bem como das especificidades de cada projeto.

Os modelos tridimensionais produzidos a partir de impressoras 3D e as etapas do projeto de arquitetura e urbanismo

Embora as características de todas as impressoras 3D, do ponto de vista da performance, sejam bastante semelhantes, as considerações tecidas nesta seção dizem respeito à coleta de dados realizada em uma pesquisa bibliográfica e às análises baseadas no desempenho de uma impressora FDM. Os resultados aqui descritos baseiam-se em investigações que têm sido levadas a cabo pelo Grupo de Pesquisa das Linguagens e Expressões da Arquitetura, Urbanismo e Design (LEAUD), vinculado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora, após a aquisição de uma impressora 3D uPrint SE, que opera com plástico ABS. Os pesquisadores do grupo têm investigado as possibilidades de aplicação das impressoras 3D nos processos de ensino e aprendizagem, mais especificamente, nos processos de concepção, desenvolvimento e apresentação de projetos de arquitetura, urbanismo e design.

	Vantagens	Desvantagens
Interface	Com o desenvolvimento do projeto em mídia digital, já há um banco de dados que garante a facilidade da prototipagem rápida.	Caso não tenha uma base de dados consolidada, o processo de prototipagem rápida pode tornar-se mais lento do que a elaboração de uma maquete de papel.
Velocidade	Estando disponíveis as informações digitais, a prototipagem rápida pode ser feita automaticamente sem uso de muito tempo da equipe de projeto.	Embora não haja um investimento grande de tempo da equipe, o processo de impressão de uma maquete pequena é muito demorado.
Complexidade	Uma das tarefas mais comuns é a elaboração de formas curvas complexas.	A transferência entre sistemas de dimensionamento apresenta algumas barreiras.
Custo	Quando comparada com o custo de dias de trabalho de um funcionário, a prototipagem rápida é vantajosa.	Quando comparada com uma hora de trabalho investida em uma maquete preliminar de papel, o custo é elevado.
Estágios	Podem ser empregadas em todas as etapas de projeto, porém, devido ao potencial de sua eficiência, as maquetes de projetos completos são facilmente justificáveis.	Devido ao custo e ao tempo, pode haver uma tendência de se reduzir a quantidade de maquetes de estudo.
Modificação	É possível imprimir partes editáveis de uma maquete.	Após a impressão, não é possível modificações e os ajustes devem ser feitos na maquete eletrônica.
Maquetes híbridas	Para a produção de partes mais complexas, pode-se recorrer à prototipagem rápida, aliada a recursos manuais.	Não foi citada nenhuma desvantagem sobre esse aspecto.
Acabamento	Acabamento preciso.	As marcas deixadas nas maquetes pelas impressoras tendem a produzir uma aparência rústica (que pode ser tratada manualmente).

Fig. 2. Vantagens e desvantagens da utilização das impressoras 3D. Fonte: adaptado de Mills (2007, p.240-241).

Para se avaliar o desempenho da referida impressora, foi proposto o desenvolvimento de um projeto de uma cobertura para uma área de convivência existente entre edifícios do campus universitário. Partiu-se do pressuposto de um projeto paramétrico, o qual deveria explorar a utilização da prototipagem rápida em todas as etapas do processo projetual (Fig. 3).

Ao final do projeto, o desempenho da impressora 3D por fusão e deposição foi analisado segundo as categorias analíticas apresentadas na segunda seção e verificou-se que: (a) o protótipo possui um alto custo, muito em função dos valores dos insumos da máquina; (b) o tempo de execução é bastante elevado, se considerado o tamanho do protótipo e comparando com o tempo necessário para produzi-lo artesanalmente; (c) a precisão do modelo é muito alta e o nível de acabamento é bastante satisfatório; (d) a representação dos materiais é praticamente inviabilizada por se tratar de um único material, o plástico ABS; (e) a impressora não é capaz de imprimir objetos com grandes dimensões (em grandes escalas), salvo ao se optar por imprimir o modelo por partes, as quais deverão ser encaixadas posteriormente, uma vez que as dimensões máximas de impressão são 203 x 152 x 152 mm; e (f) são mínimas as possibilidades de intervenção nas maquetes depois de impressas, devido a rigidez do material.

Destaca-se que a recomendação da utilização das impressoras 3D nas diversas etapas de projeto varia de acordo com os critérios adotados, o que permite sua indicação para outros fins que não os aqui contemplados. Considerando-se os fatores escala e dimensão e a resolução da representação dos materiais, os modelos impressos alinham-se com as demandas da fase de concepção; do ponto de vista dos investimentos financeiros e de tempo, da precisão e nível acabamento e das possibilidades de intervenção, esse modelos atendem melhor à fase de apresentação. Sendo assim, na fase de desenvolvimento do projeto, a utilização de impressoras 3D não se apresenta como uma solução otimizada.

Discussão e considerações finais

A partir das considerações tecidas neste artigo, pode-se concluir que a utilização das impressoras 3D no processo projetual destina-se mais apropriadamente às fases inicial e de conclusão do projeto, ou seja, de

concepção e de apresentação. No entanto, deve-se resaltar que a utilização desse tipo de máquina está muito relacionada com a solução formal proposta. Para geometrias simples, talvez seja ainda desaconselhável a utilização das impressoras 3D, sobretudo pelo elevado custo e pela demora da impressão. Porém, nos casos de geometrias complexas, a utilização na fase de concepção se justifica.

Essas conclusões ratificam a seguinte ponderação realizada por Orciuoli e Celani (2010, p.71): “Finalmente, é preciso dizer que a fabricação digital não substitui os elementos produzidos em série nem os elementos artesanais. Ela ocupa um nicho de produtos com geometria complexa, que precisam ter excelente acabamento e constituem-se em peças únicas ou séries muito pequenas, cuja industrialização por métodos mecânicos não se justifica. Os demais meios de produção não serão substituídos pela fabricação digital, mas ela resolve casos que o artesanato e a indústria não poderiam resolver”.

Ainda vale lembrar que a produção de maquetes geradas por processos de prototipagem rápida pressupõe um considerável domínio dos programas de modelagem computacional, ou seja, de construção de maquetes eletrônicas, bem como conhecimentos das propriedades da impressora com a qual se trabalha a fim de ajustar as características do modelo digital com as configurações possíveis para a referida impressora.

Agradecimentos

Os agradecimentos são direcionados para a FAPEMIG (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais), pelo apoio financeiro e logístico que possibilitou a apresentação deste trabalho.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1994. NBR 6492: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro: ANBT.
- Dunn, N. 2010. Maquetas de arquitectura: mediod, tipos, aplicación. Barcelona: Blume.
- Mills, C. B. 2007. Projetando com maquetes. 2. ed. Porto Alegre: Bookman.
- Orciuoli, A.; Celani, G. 2010. 3D em detalhes. Revista au, 25 (199), 68-71.
- Silva, E. 2006. Uma introdução ao projeto arquitetônico. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

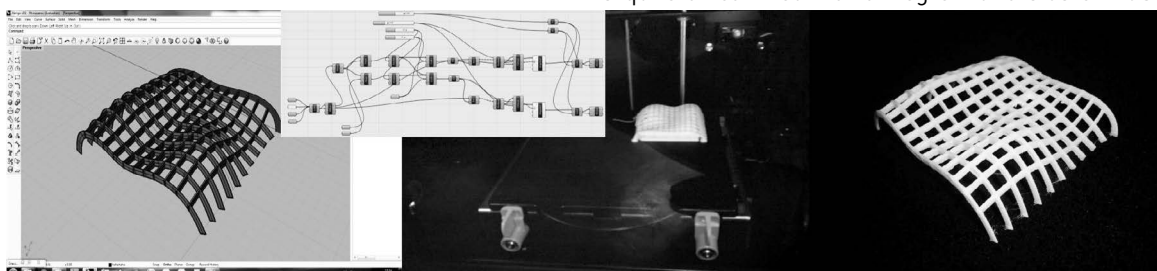


Fig. 3. Prototipagem digital e impressão do modelo da cobertura projetada. Fonte: os autores.