



A APLICAÇÃO DO SISTEMA CAD-CAM NA PRODUÇÃO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DE GEOMETRIA DE CURVATURA VARIÁVEL

Wilson Florio (1)

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil –
e-mail: wflorio@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

A produção de elementos construtivos pelo sistema CAD-CAM depende de um modelo digital tridimensional que contenha toda a descrição geométrica dos elementos a serem fabricados. O aprimoramento de programas gráficos computacionais, tanto de modelagem 3D como de análise técnica (análise por elementos finitos e análise gaussiana), tem proporcionado novas experiências e representado avanços na construção civil. No entanto, há pouco conhecimento desse sistema construtivo e de seu potencial uso na concepção de formas arquitetônicas de grande complexidade, especialmente na construção de elementos construtivos curvilíneos.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o papel exercido pelo modelo digital, desde a concepção até a construção de três diferentes obras de arquitetura contemporânea de geometria curvilínea variável, e que foram viabilizadas tecnicamente pelo sistema de fabricação auxiliada por computador.

3 METODOLOGIA

Após o levantamento de dados de 12 obras que foram realizadas pelo processo CAD-CAM, selecionamos apenas 3 para realizar um estudo aprofundado, desde o projeto inicial até a execução final. O critério adotado para a seleção deveu-se a três fatores: 1. características de construção do modelo digital; 2. materiais utilizados; 3. processo de fabricação. Os três projetos analisados têm características distintas, e representam os vários processos informatizados que vêm sido utilizados na construção que envolve alta-tecnologia.

Como as características do modelo digital tridimensional dependem em grande parte do programa gráfico utilizado, selecionamos e analisamos três tipos de programas gráficos. Em primeiro lugar aquele que contém ferramentas paramétricas, cujos elementos estão parcialmente pré-definidos por parâmetros. Segundo, os programas que possuem recursos de variações paramétricas, que permitem estabelecer relações hierárquicas entre as partes e componentes do sistema. E terceiro, os programas de modelagem por superfícies NURB, sem qualquer recurso de parametrização.

O critério de seleção que levou em consideração os materiais especificados e aplicados na construção permitiu estabelecer comparações entre três diferentes materiais: aço, madeira e vidro.

O terceiro critério analisou os três diferentes modos de fabricação auxiliada por computador mais comuns: dois processos são de remoção abrasiva – corte a laser e corte a plasma; e um pelo processo de remoção mecânica – roteador.

4 RESULTADOS PARCIAIS

O primeiro projeto analisado foi o *Walt Disney Concert Hall* (1988-2003), projetado pelo arquiteto Frank Gehry. A análise pormenorizada das etapas de desenvolvimento desse projeto e de sua construção mostrou que tanto a utilização de ferramentas paramétricas como o sistema de construção de um modelo digital 3D utilizando a Modelagem de Informações para Construção (BIM- *Building Information Modeling*) são essenciais para visualizar e quantificar inúmeros elementos que compõem o edifício.

O modelo tridimensional detalhado de todas as peças metálicas foi construído no programa Catia, que foi costumizado pelo escritório do arquiteto. Este modelo serviu como um banco de dados, fornecendo e recebendo todas as informações para os projetos complementares – estrutura, hidráulica, elétrica, acústica e ar condicionado. O processo de fabricação CAD-CAM utilizado foi o de corte a plasma para a estrutura em aço e a laser para cortar as placas de alumínio que revestem as superfícies externas do edifício.

O segundo projeto analisado foi o *Chiesa Futura* (2000-2003), projetado pelo arquiteto Norman Foster. Sua equipe utilizou o programa MicroStation, cujas restrições paramétricas permitiram experimentar e comparar várias alternativas para a criação da volumetria externa do edifício. Apesar de possuir menos recursos do que o Catia (especializado em construções metálicas), o programa utilizado mostrou-se adequado para obras de pequeno porte como esta. As peças de madeira foram cortadas nas dimensões previstas no modelo digital pela máquina de controle numérico (CNC).

O terceiro projeto analisado foi o *Bubble BMW* (1999-2000), projetado pelo arquiteto Bernhard Franken. O processo de criação do modelo digital envolveu a técnica de modelagem “metaball” do programa Maya. As superfícies NURB que formam as “bolhas” foram criadas e manipuladas topologicamente no programa. Tanto o modelo digital como o processo de fabricação é mais artesanal que os dois processos descritos anteriormente. No entanto, enquanto as peças metálicas que constituem a estrutura foram cortadas pelo processo a laser, os vidros de dupla curvatura foram fabricados a partir de fôrmas recicláveis de *styrofoam* que foram “esculpidas” por uma máquina roteadora de alta velocidade. As placas de vidro foram moldadas por esse molde uma a uma, permitindo revestir a superfície por placas curvas de vidro.



Figura 1 – Modelos digitais do *Walt Disney Concert Hall* e *Chiesa Futura* e foto da construção *Bubble BMW*

Com base nos projetos analisados pode-se concluir que o sistema CAD-CAM é versátil, permitindo a produção de elementos construtivos de diferentes configurações formais, desde elementos seriados modulados até elementos únicos. Apesar dos poucos exemplos de sua aplicação na construção civil, esse sistema tem demonstrado versatilidade, especialmente quanto na produção de elementos não regulares e de geometria complexa.

5 REFERÊNCIAS

- FLORIO, Wilson. **O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas.** 2005. 477 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- SCHODEK, Daniel et al. **Digital design and manufacturing: CAD-CAM technologies in architecture.** New Jersey: John Wiley and Sons, 2005.