

Fabricação Digital de Superfícies: Aplicações da Modelagem Paramétrica na Criação de Ornamentos na Arquitetura Contemporânea

Digital Fabrication of Surfaces: parametric applications in ornament creation in contemporary architecture

Ana Tagliari

Universidade de São Paulo, Brasil.
anatagliari@usp.br

Wilson Florio

Universidade Mackenzie e Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
wflorio@mackenzie.br e wflorio@iar.unicamp.br

Abstract. Digital fabrication (DF) is suitable to produce regular and intricate components with reduction of time and higher precision. The authors adopted parametric modeling (PM) and the laser cutter to investigate new standards of ornaments to be used in the contemporary architecture. In this way, some Paracloud resources are analyzed with the purpose of generating new geometric patterns. This paper contributes to discussion about PM and DF in the production of architectural components.

Keywords. Digital Fabrication; Parametric Modeling; Ornament; Contemporary Architecture.

Introdução

A arquitetura contemporânea tem incorporado novos padrões geométricos nas superfícies de edifícios (kolarevic,2003; Meredith, Lasch e Sasaki,2007), que vão desde a textura dos materiais, painéis orgânicos, até elementos construtivos de extrema complexidade. Nesse âmbito, a modelagem paramétrica (MP) e a fabricação digital (FD) têm viabilizado a produção de diferentes padrões geométricos de elementos construtivos (Bonwetsch, et. al,2007).

Algumas pesquisas (Cache e Boyman,1995) têm buscado referências no passado, e aplicado, de um modo renovado, na produção de objetos, mobiliário e elementos arquitetônicos. Além disso, pesquisas recentes (Pupo e Celani,2008; Florio e Tagliari,2008; Florio, Araújo e Segall,2008) revelam a importância dos protótipos rápidos como um meio de investigar a relação entre elementos arquitetônicos no espaço, a partir do uso de modelos físicos oriundos de modelos geométricos 2D e 3D.

Nos últimos anos tem-se delineado uma corrente de pensamento na arquitetura contemporânea que opera com formas e espaços integrados e contínuos. A implementação de transformações topológicas computacionais a partir de recursos computacionais de modelagem NURB, MP e FD tornou possível fundir elementos arquitetônicos dentro de um processo de continuidade e diferenciação. A suavização dos contornos e das arestas produziu formas complexas que não possibilitam uma descrição geométrica simples. A consequência disso foi a criação de espaços orgânicos e heterogêneos (Florio,2005).

Mas foi somente nos últimos 20 anos que os avanços computacionais começaram a ter um impacto sobre a concepção, desenvolvimento de projeto e construção de edifícios, particularmente a FD. Neste breve relato são apresentados alguns experimentos realizados pelos autores a partir de MP e FD por corte a laser.

Modelagem Paramétrica e a Cortadora a Laser

Ao contrário da modelagem CAD tradicional, cujas entidades são individuais e não associadas entre si, a MP permite testar diferentes configurações sem recomeçar do início, pois pode-se alterar rapidamente os parâmetros, variando as dimensões, relações e proporções entre elementos, e obter diferentes resultados para serem comparados.

Como na MP tudo é construído a partir de um conjunto de pontos (Goldberg,2006; Nir,2007), não há um conjunto de formas básicas. A proliferação e a diferenciação de um componente paramétrico permitem criar diferentes configurações de um mesmo objeto tridimensional (Hensel,2006). Embora o projeto paramétrico reduza em muitos casos o número de variáveis formais, maximiza sua variabilidade através de efeitos de transformação (Meredith, Larch e Sasaki,2007).

A FD em arquitetura refere-se aos processos de produção da forma controlados computacionalmente, e baseados em modelos geométricos digitais. Os primeiros resultados de pesquisas sobre MP e FD têm surgido nos últimos anos. Hensel e Menges (2006) têm divulgado pesquisas realizadas por engenheiros e arquitetos, assim como aplicações em edifícios recém construídos (Schodek et. al,2005). Arquitetos como Zaha Hadid, Patrick Schumaker, Ali Ralim, Mark Burry, Greg Lynn e os engenheiros do Arup and Partners (particularmente Cecil Balmond) têm concebido novos edifícios, cujas formas são derivadas de manipulações paramétricas.

A pesquisa realizada envolve a criação de elementos construtivos passíveis de serem fabricados digitalmente. As cortadoras a laser podem facilmente cortar superfícies planas de diferentes materiais (metal, madeira, acrílico, papéis, etc.). A intenção é apontar possibilidades de FD, em escala reduzida, a partir de MP e de pequenos modelos físicos gerados por corte a laser.

Experimentos Realizados

Neste artigo são apresentados alguns pequenos experimentos gerados a partir da MP no Paracloud Modeler e fabricados pela cortadora a laser Universal Laser Systems X-660.

O programa Paracloud permite gerar superfícies e elementos complexos a partir de uma nuvem de pontos. Essa modelagem é armazenada em matrizes generativas, como um DNA, contendo os parâmetros dos algoritmos de comportamento associados à nuvem de pontos.

Junto com o Paracloud Modeler, foi utilizado o programa Rhinoceros. Sua total compatibilidade com o Paracloud tem facilitado a criação de formas complexas. Os parâmetros estabelecidos no Paracloud são enviados para o Rhino na produção de modelos geométricos digitais, incluindo a possibilidade de gerar superfícies com recursos NURB, com curvas contínuas de terceiro grau.

Experimento 1

Em pesquisas anteriores os autores investigaram a produção de maquetes de residências do arquiteto norte-americano Frank Lloyd Wright (Tagliari e Florio, 2008). Nesta pesquisa, alguns padrões geométricos foram investigados a partir de aberturas e vitrais produzidos por Wright. Na figura 1 pode-se observar os vitrais da Robie e Martin House, assim como os ornamentos orgânicos das residências Millard, Pope, Rosenbaum e Schwartz, todos fabricados por corte a laser.

Wright denominava “ornamento integrado” alguns elementos integrados do edifício, um padrão inerente ao material que poderia ser visto como parte integrante dele, como uma estrutura de uma árvore ou de uma flor. Os padrões da natureza eram abstraídos e transformados em elementos arquitetônicos, como vitrais, mobiliários e blocos de concreto texturizados.

Neste experimento, os vitrais e esquadrias foram desenhados em escala no AutoCad a partir de desenhos publicados. Utilizou-se papel tamanho A2 com espessura de 1mm. As peças cortadas pela máquina de corte a laser foram removidas, resultando no vitral (fig.1). O tempo de fabricação de cada vitral variou de acordo com a geometria e número de cortes efetuados, e variou entre 12 e 18 minutos.

Experimento 2

Neste experimento, foram desenhados no Rhinoceros três diferentes padrões de motivos geométricos (fig.2). Também foi desenhada uma superfície orgânica a fim de aplicar esses padrões sobre sua superfície. No Paracloud essa superfície foi importada e, sequencialmente, cada uma das texturas foi utilizada como parâmetro a ser aplicado sobre a superfície desdobrada. Em seguida, cada um desses padrões foi enviado, separadamente, para ser modelado no Rhino (fig.2). Pode-se observar que cada módulo ajusta-se à curvatura e dimensões da malha que foi enviada ao Paracloud, adquirindo a dupla curvatura da superfície.

Os três padrões foram enviados para a máquina de corte a laser. Neste caso foi utilizado um papel cartão com espessura de 1 mm, revestido por papel duplex em ambas as faces.

Experimento 3

Diferentemente dos dois experimentos anteriores, neste procurou-se gerar padrões assimétricos e curvilíneos. O módulo proposto permite estabelecer uma continuidade com os módulos adjacentes, alternando figuras positivas e negativas, de modo a constituir uma geometria mais complexa. Do mesmo modo que o anterior, uma superfície orgânica foi criada no Rhinoceros, assim como o motivo geométrico. Essa superfície foi então importada no Paracloud, onde o módulo foi usado como célula. Após a configuração dos parâmetros, os dados foram enviados para a modelagem geométrica no Rhino. Por fim, as células foram enviadas para corte a laser.

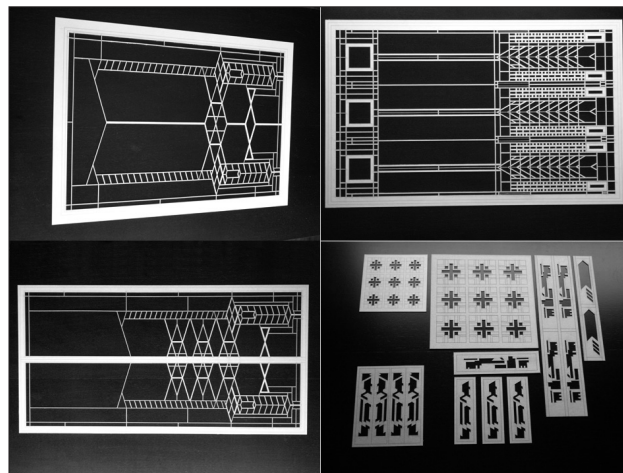


Figura 1. Vitrais/esquadrias fabricados por corte-a-laser.

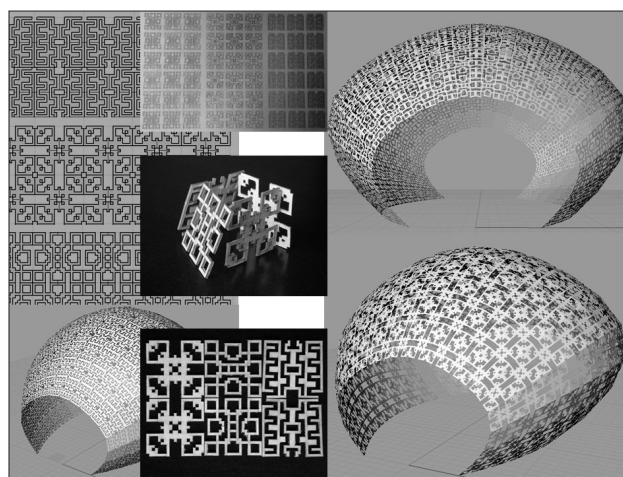


Figura 2. Diferentes ornamentos: MP e FD.

Experimento 4

Uma das possibilidades de uso da MP para criar elementos construtivos no Paracloud é utilizar a modelagem por desempenho, ou “performance modeling”. Neste tipo de MP pode-se definir a posição de diferentes elementos construtivos a partir da análise de exposição solar. Na figura 4 pode-se acompanhar o desenvolvimento de um modelo, na alternância entre os programas Rhinoceros e Paracloud.

Após o desenho de diferentes tipos de aberturas (células) e da superfície no Rhino, esta última é importada no Paracloud, estabelecendo um link entre os programas. Neste caso, utilizou-se a MP para determinar a posição de 5 células, com diferentes raios de aberturas circulares, sobre a superfície curvilínea da cobertura de acordo com o desempenho solar. A superfície importada é submetida à análise de incidência solar no horário, dia, mês, ano, latitude e longitude pretendidos. Os graus de incidência podem ser visualizados por cores, onde o azul representa menor incidência e o vermelho a maior incidência solar. Os dados numéricos são assim dispostos em uma matriz numérica, variando de -1, 0 e 1, representando o desvio angular a normal da superfície. Em seguida esses valores são substituídos pelos nomes das células bidimensionais, denominados 11 a 15. A matriz é atualizada mostrando agora os componentes 11 a 15 na matriz. Por último define-se os parâmetros refit, stretch u e v, para que cada célula se molde à superfície curvilínea, e pressiona-se o botão no Paracloud para gerar as células no Rhino.

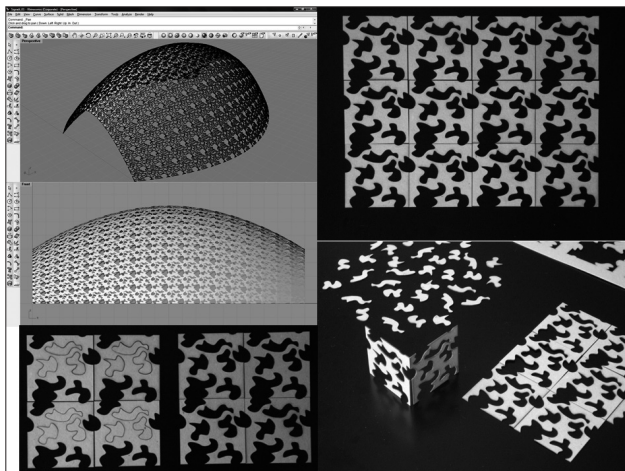


Figura 3. Criação de ornamentos: relação Rhino-Paracloud-Rhino.

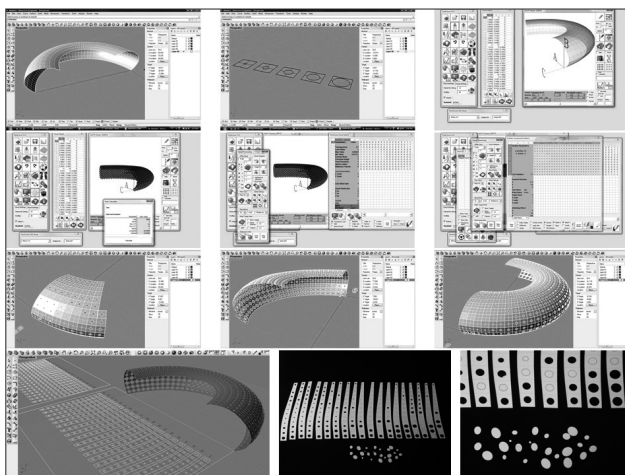


Figura 4. Modelagem por desempenho e corte a laser.

Após as células terem sido modeladas no Rhino, procedeu-se à fusão de faixas de células em uma única direção para criar o unfold (ou unroll). Para que isso ocorra, as células devem ser curvas em uma única direção, ou seja, devem ser superfícies desdobráveis (developable surfaces). Pode-se ver na figura 4 que as faixas contendo células foram desdobradas sobre a superfície no Rhino, e depois foram enviadas para a máquina de corte a laser.

Discussão

O processo de importar uma nuvem de pontos de uma superfície gerada em um programa CAD, como o Rhino, para o programa Paracloud, permite produzir diferentes padrões de distribuição de “células”, e estimular a criação de texturas, elementos vazados, quebra-sóis, esquadrias, aberturas, painéis, vedações e estruturas modulares, repetidos ou similares. Essa agilidade em alterar e comparar diferentes soluções entre si é extremamente desejável no processo de projeto. Na busca por diferentes soluções, o estudante (ou arquiteto) pode optar por aquela considerada mais adequada diante dos propósitos do projeto. Todavia não se trata de buscar a forma mais inovadora, mas sim a que melhor atende às questões técnicas e estéticas pretendidas para o projeto.

O link Rhino-Paracloud-Rhino permite configurar, enviar e gerar elementos separadamente entre os programas. Diferentes padrões e combinações entre elementos podem ser produzidos sobre diferentes superfícies, estimulando a imaginação e tornando ágil alguns procedimentos, com a automatização de algumas tarefas.

Conclusões Finais

A MP permite manipular múltiplos parâmetros de um mesmo projeto e gerar diferentes famílias de elementos de destinação à construção. Esse recurso computacional amplia nossa capacidade cognitiva de processar muitos dados, produzindo diferentes resultados. A combinação computacional permite fazer emergir novos padrões, que dificilmente seriam imaginados e produzidos no sistema artesanal. Consequentemente, uma infinidade de padrões e combinações geométricas pode ser gerada a partir de poucos recursos.

A manipulação tátil de modelos físicos é um complemento essencial para entender, em pequena escala, o relacionamento de elementos construtivos dos edifícios. Nesse sentido a fabricação digital nos ajuda a identificar fisicamente partes de um modelo, e sua localização no espaço, especialmente a profundidade visual. Os resultados obtidos na pesquisa revelam a importância da FD para produzir detalhes muito pequenos com extrema precisão e rapidez.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPQ à essa pesquisa e à Profa. Gabriela Celani, do LAPAC da Unicamp.

Referências

- Bonwetsch, T.; Bärtschi, R.; Kobel, D.; Gramazio, F.; Kohler, M. 2007, Digitally Fabricating Tilted Holes: Experiences in Tooling and Teaching Design. In: Proceedings of the Ecaade 25, pp.793-799.
- Cache, B.; Boyman, A. 1995, Earth Moves: The Furnishing of Territories. Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Florio, W. 2005, O Uso de Ferramentas de Modelagem Vetorial na Concepção de uma Arquitetura de Formas Complexas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- Florio, W.; Tagliari, A. 2008, O uso da cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas. In: Anais do Sigradi, Havana, pp. 1-8.
- Florio, W.; Araújo, N.S.; Segall, M.L. 2008, Protótipos rápidos de coberturas complexas em arquitetura: comparação entre os processos FDM e 3D printer. In: Anais do Sigradi, Havana, pp.1-8.
- Goldberg, S. A. 2006, Computational Design of Parametric Scripts for Digital Fabrication of Curved Structures, International Journal of Architectural Computing, IJAC, v.4, n°3, pp.99-117.
- Hensel, M.; Menges, A. 2006, Material and Digital Design Synthesis: integrating material self-organisation, digital morphogenesis, associative parametric modeling, and computer-aided manufacturing, Architectural Design, v.76, n°2, pp. 88-95.
- Kolarevic, B. (ed.). 2003, Architecture in the digital age: design and manufacturing. Spon Press, New York.
- Meredith, M.; Lasch, A.; Sasaki, M. 2007, From Control to Design: parametric/algorithm architecture, Actar, New York.
- Nir, E. 2007, From No-Dimensions to N-Dimensions with Parametric Point-Clouds, International Journal of Architectural Computing, IJAC, pp.46-59.
- Schodek, D.; Bechthold, M.; Griggs, K.; Kao, K.M.; Steinberg, M. 2005, Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design, John Wiley, USA.
- Pupo, R.; Celani, G. 2008, Implementando a fabricação digital e a prototipagem rápida em cursos de arquitetura: dificuldades e realidades. In: Anais do Sigradi, Havana, pp.1-6.