

MODELOS PARAMÉTRICOS E TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO DIGITAL DE SUPERFÍCIES CURVAS COMO RECURSOS DIDÁTICOS AO ENSINO DE ARQUITETURA

LUCAS ISOLDI DUARTE¹;
JANICE DE FREITAS PIRES³

¹UFPEL – *lucasisoldi@hotmail.com*

³UFPEL – *janicefpieres@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

Os exercícios de representação gráfica a partir do sistema paralelo de projeção das disciplinas de geometria da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo tradicionalmente eram desenvolvidos com instrumentos de desenho técnico, visando atribuir precisão aos desenhos. Até 2010, na disciplina de Geometria Descritiva IV (atual Geometria Gráfica e Digital II), do segundo semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo, eles estavam direcionados para a habilitação no desenho com traçados à mão, com pouco uso de modelos físicos como apoio a tais atividades de representação. A partir do final de 2010 iniciou-se a inserção da produção de modelos digitais junto às atividades desta disciplina e, a partir da avaliação do desempenho dos estudantes, foi possível reafirmar que a estas duas atividades (representação a mão e digital) são de fundamental importância para o desenvolvimento da percepção espacial, principalmente em se tratando do estudo de geometrias complexas (superfícies curvas), que são abordadas em tal disciplina. Nesse contexto, foram sendo adotados, ao longo de cada edição da disciplina, exercícios de produção de modelos digitais tridimensionais com resultados sistematizados em Pires, Nunes, Vasconcelos e Borda (2011),

Em paralelo, houve uma preocupação em traduzir estes modelos para modelos físicos, visando ampliar a experiência visual, adicionando a experiência tátil e, principalmente, buscando habilitar os estudantes para a confecção de maquetes ou protótipos de tais superfícies, a partir de modelos em papel. Em Pires, Borda, Peronti e Osmaré (2014), tem-se o relato de exercícios de produção de tais modelos físicos na disciplina de GGD II. Houve também um avanço na produção dos modelos digitais, com a inserção de técnicas de modelagem paramétrica (Vasconcelos, Vecchia e Borda, 2014), que potencializam a produção dos modelos.

Técnicas de fabricação digital em estrita relação com a modelagem paramétrica facilitam a fabricação de modelos complexos (PUPO e CELANI, 2008). O projeto PROMOGEO (PROdução de MOdelos Físicos por fabricação digital da GEOMETRIA complexa da arquitetura) tem o objetivo de abordar tais modelos junto aos estudos da geometria complexa, como recurso didático ao ensino geometria em arquitetura.

O presente trabalho busca explorar, por intermédio da modelagem paramétrica, estratégias que auxiliem no ensino de superfícies aplicado nas disciplinas de Geometria Gráfica para que assim, em paralelo ao traçado manual, seja possível introduzir aos estudantes momentos didáticos de aprendizagem em técnicas de fabricação digital especificamente as denominadas de prototipagem rápida (para produção de protótipos em escala reduzida).

2. METODOLOGIA

A metodologia abarca as seguintes etapas: 1) Revisão Bibliográfica sobre as técnicas de fabricação digital, suas características e especificidades quanto aos seus condicionantes e parâmetros de execução. Nesta etapa também foram selecionados os modelos a serem executados por fabricação digital (impressão 3D e corte a laser); 2) Reconhecimento das técnicas e tecnologias, equipamentos de produção, seu funcionamento e softwares de configuração dos modelos digitais. 3) Modelagem das superfícies tendo por base a metodologia já aplicada na disciplina de GGD2 e com apoio do conteúdo sistematizado na etapa 2. Serão também estudadas e exploradas soluções que visem à adequação dos modelos quanto aos parâmetros de modelagem reconhecidos na etapa anterior. Simultaneamente, foram desenvolvidas atividades adicionais de modelagem, visando adequar tais modelos aos requisitos das técnicas e tecnologias de fabricação digitais; 4) Execução dos modelos, a partir do desenvolvimento das etapas anteriores; 5) Validação dos modelos, com a avaliação sobre a modelagem realizada pelos estudantes na disciplina de GGD2 e a adequação das técnicas para a execução dos modelos físicos, visando construir um referencial para potencializar a atividade de projeto.

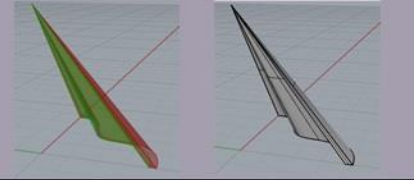
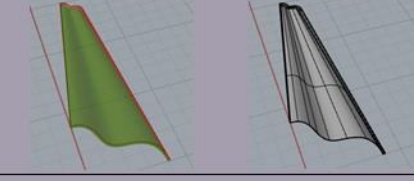
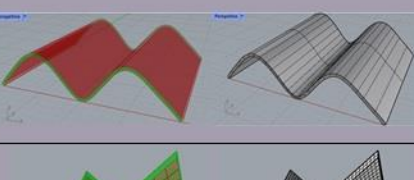
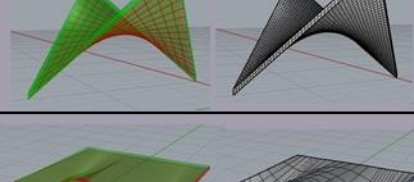
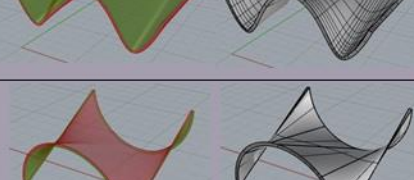
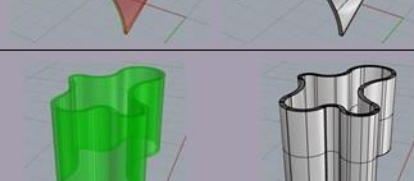

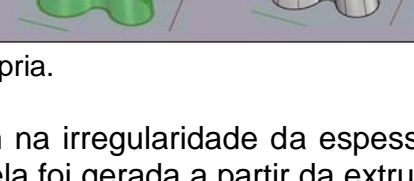
Este estudo apresentará os resultados das etapas 1 a 3, considerando-se a continuidade do trabalho com a aplicação de oficinas para capacitar os estudantes para a produção de tais modelos físicos por fabricação digital. Além dos objetivos referidos anteriormente, uma das etapas do projeto em questão é a conformação de uma coleção de modelos baseados nas superfícies complexas abrangendo as superfícies desenvolvíveis, superfícies de revolução e superfícies não desenvolvíveis. A produção dos modelos está sendo direcionada, neste momento, para a fabricação por técnicas aditivas, por impressão 3D, em que há sobreposição de camadas de material derretido, para que, em um segundo momento, tais modelos sejam adaptados ou remodelados para a fabricação por técnicas de corte a laser (técnica do tipo subtrativa).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do conceito de superfícies geométricas (RODRIGUES, 1960) e seus processos de geração (como resultado de movimentos de linhas geratrizes, guiadas por linhas denominados diretrizes, tendo por base determinadas leis de geração) foi realizada a modelagem paramétrica de duas classes de superfícies, conforme a seguir: Retilíneas Desenvolvíveis (cônicas e cilíndricas em geral); e Retilíneas não desenvolvíveis (Cilindroides, Conoides e Paraboloides Hiperbólicos). Não foram geradas todas as superfícies estudadas na disciplina de GGD2 em função da escolha priorizar os tipos de superfícies que possuem alguma relação entre os seus elementos fundamentais (linhas ou curvas) e seus processos de geração. A intenção é demonstrar como os mesmos elementos fundamentais, submetidos a diferentes leis de geração, geram superfícies distintas, categorizadas nestas classes de superfícies.

Durante a modelagem paramétrica das superfícies, diversos obstáculos foram encontrados, principalmente ao configurar a espessura das superfícies, o que é necessário ao processo de impressão. Foi necessário explorar diferentes técnicas de modelagem e a manipulação dos parâmetros associados para a adequada conformação das superfícies. O Quadro 1 explicita as técnicas empregadas em cada tipo de superfície e ilustra os modelos resultantes.

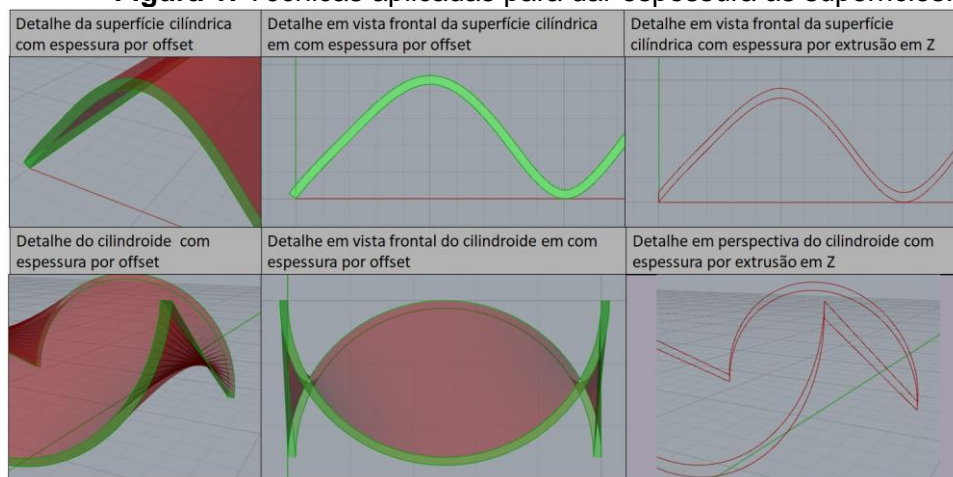
Quadro 1: Dados da execução dos modelos digitais paramétricos por meio do plugin Grasshopper e o software Rhinoceros.

	Tipos de Superfícies	Técnicas de modelagem	Modelos paramétricos e geométricos para a impressão 3D
Retilíneas desenvolvíveis	Cônica Geral	Concordância de arcos; Superfície por extrusão da curva até o vértice; Espessura dada por cópia com escala não uniforme	
	Cônica Geral seccionada	Concordância de arcos; Escala uniforme da diretriz inferior; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com escala não uniforme	
	Cilíndrica Geral	Curvas livres; Translação da curva diretriz; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com escala não uniforme	
Retilíneas não desenvolvíveis	Paraboloide Hiperbólico	Linhas retas reversas; Superfície regrada; Espessura dada por extrusão linear em Z (uma única direção).	
	Conoide	Curva livre e reta; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com equidistância da superfície (offset).	
	Conoide	Curvas livres com reflexão; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com equidistância da superfície (offset).	
Obra de arquitetura	Cilíndrica Geral (Biblioteca da Univ. Cotbus, Alemanha)	Arcos em concordância; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com equidistância da superfície (offset).	
	Cônica Geral a partir da superfície anterior	Arcos em concordância; Diretriz superior com escala de redução uniforme; Superfície regrada; Espessura dada por cópia com equidistância da superfície (offset).	

Fonte: Elaboração própria.

Os problemas mais recorrentes ocorreram na irregularidade da espessura em quase todos os tipos de superfícies, quando ela foi gerada a partir da extrusão linear no sentido da altura da superfície (eixo Z), conforme a Figura 1 para a superfície cilíndrica e cilindroide. Isto se deve as diferentes direções da curvatura em cada ponto das superfícies e, para sanar, aplicaram-se as técnicas de equidistância da superfície, a qual gera uma segunda superfície com distância constante ou, em alguns casos, a de escala não uniforme.

Figura 1: Técnicas aplicadas para dar espessura às superfícies.



Fonte: Elaboração própria.

4. CONCLUSÕES

O estudo desenvolvido possibilitou gerar modelos paramétricos voltados a fabricação digital por prototipagem rápida, especificamente para a impressão 3D, embora ainda não houvesse o avanço para o processo de fabricação em si. Isto será realizado na sequência, a fim de validar os modelos digitais resultantes, para que possam ser inseridos como apoio ao ensino em arquitetura. Considera-se que além da atualização dos estudantes em tecnologias de fabricação digital a partir das oficinas que serão ofertadas, a principal contribuição estará na conformação de uma coleção de modelos físicos que irão auxiliar os estudantes na compreensão sobre os tipos de superfícies e suas particularidades geométricas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PIRES, Janice de Freitas; Cristiane Nunes; Tássia Vasconcelos; SILVA, Adriane Borda Almeida da. TRAJETÓRIAS DE GEOMETRIA NA ARQUITETURA. In: XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico e IX International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design. Rio de Janeiro: UFRJ, Escola de Belas Artes, 2011. v. 01. p. 01-12.

PIRES, J. F.; SILVA, A. B. A.; PERONTI, G.; OSMARÉ, M. Planificações Parametrizadas e Kirigami: Aproximações possíveis para o Estudo e a Representação de Superfícies Curvas. In: **XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics SIGraDi: Design in Freedom**, 2014, Montevideo. Proceedings.... São Paulo: Editora Edgard Blücher. v. 01. p. 265-270.

PUPO, R.T.; CELANI, G. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. FEC - Unicamp, São Paulo, v.1, n.3, p. 31 - 41, 2008.

VASCONCELOS, T. B. ; VECCHIA, L. F. D. ; BORDA, A.B.A.S. A parametrização como experiência prévia para a estruturação de métodos projetuais em arquitetura. In: **SIGRA DI 2014 XVIII Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital**, 2014, Montevideo. Design in freedom. Montevideo: Manuel Carballa, 2014. v. 1. p. 295-301.