

# ENTRE BÉZIERS E NURBS: ENSINO DE FORMAS LIVRES NO CONTEXTO ARQUITETÔNICO

Luisa Rodrigues Félix<sup>1</sup>

Adriane Borda Almeida da Silva<sup>2</sup>

Neusa Mariza Rodrigues Félix<sup>3</sup>

Universidade Federal de Pelotas

Departamento de Desenho Técnico e Gráfica Computacional

Campus Universitário s/n, Capão do Leão

<sup>1</sup> isa\_luls@mail.com

<sup>2</sup> adribord@ufpel.tche.br

<sup>3</sup> neusarf@ufpel.tche.br

## Abstract

*This work intends to contribute to the use of techniques to represent free forms in didactic activities. It enlarges a previous study using only one technique to represent parametric curves and surfaces. It includes the NURBS technique, without discharging the BEZIER technique used before. Some exercises were structured using both techniques to model a representative example of Architecture: the Ronchamp Chapel – architect Le Corbusier. The tasks were compared to highlight the knowledge elements existing in both activities and its necessity of enlargement to move from one to another. It is observed that the use of different techniques, as NURBS and Bezier, emphasize the specific characteristics of the geometric entities, establishing the control of parameters for free forms in the context of architectural graphics.*

## 1. Introdução

Tradicionalmente, as atividades acadêmicas relativas ao projeto arquitetônico estiveram condicionadas ao uso de formas poliédricas e quádricas, deixando as formas geométricas livres para as atividades de interesse escultórico. Considera-se que, em parte, isto se justifica pelas dificuldades de execução destas formas em escala arquitetônica, destacando-se também as dificuldades de representação gráfica destes modelos de maneira exata e passível de um controle geométrico sistematizado. Entretanto, os recursos tecnológicos atuais possibilitam a ampliação do repertório arquitetônico, exigindo a atualização das referências a serem trabalhadas no meio acadêmico. Os conceitos e os procedimentos que envolvem a representação gráfica de formas livres encontram-se suficientemente sistematizados e disponibilizados pela ciência e já inseridos na atividade arquitetônica profissional. O interesse deste trabalho é de contribuir à inserção, no contexto acadêmico de arquitetura, de práticas dirigidas à geração e controle destas entidades geométricas. Busca-se ampliar as referências estruturadas em [1], que estavam dirigidas a um único modelo de curvas e superfícies paramétricas, ao modelo Bézier. Segue-se com a mesma metodologia adotada no trabalho referido, relativa à Teoria Antropológica da Didática, buscando-se observar as estruturas necessárias para apoiar as atividades didáticas de representação arquitetônica de objetos com formas livres.

## 2. Marco teórico

A Teoria Antropológica da Didática, que tem apoiado a linha de investigação que se insere neste trabalho, nasceu no campo da matemática, a partir dos trabalhos do francês Yves Chevallard [2], que buscava elaborar um dispositivo capaz de analisar com

profundidade os materiais didáticos. Com a designação "antropológica" dada a esta teoria, Chevallard quer destacar que um saber é sempre relativo a uma determinada instituição, na qual vive com características específicas. O autor caracteriza fundamentalmente três elementos: o sistema didático, como marco sistêmico de referência; a noção de praxeologia, como marco conceitual que estrutura a noção do saber e a Transposição Didática, como a teoria que envolve os fenômenos de trânsito do saber entre instituições.

A Transposição Didática estuda as transformações que convertem o saber original em saber objeto de ensino (conteúdo). Entende-se, no âmbito desta teoria, que o saber está estruturado por quatro elementos fundamentais que se relacionam de forma dinâmica e dialética: tarefas (problemas), técnicas (maneiras de realizar as tarefas), tecnologias (discursos racionais sobre as técnicas) e teorias (justificativa, explicação e produção de técnicas)

A instituição educativa é particularmente sensível ao processo transpositivo, adotando uma estrutura de saber própria, considerando-se que os saberes de referência a ensinar raramente são produzidos pela mesma instituição educativa; são importados das instituições profissionais e mais frequentemente das instituições científicas.

Este estudo pretende realizar o trabalho de transpor (e não simplesmente de transcreever) as técnicas e discursos tecnológicos relativos ao saber tratado (curvas e superfícies paramétricas) desde seu contexto científico, até o contexto de ensino específico, buscando referências práticas de uso no contexto profissional.

Cabe destacar que a nomenclatura adotada ao longo do trabalho, como contexto Profissional, Científico e de Ensino, objetiva referir-se a um determinado status que o saber adquire e é reconhecido. A denominação Profissional refere-se à condição do saber em uso, onde freqüentemente está centrada nos elementos mais primitivos do saber: em tarefas e técnicas, considerado o bloco do “saber-fazer”. A Científica, prioritariamente, está centrada nos elementos mais superiores do saber, como são as tecnologias e as teorias, considerado o bloco do “saber”, em sua concepção mais erudita. Enquanto que a de Ensino pretende abarcar o saber com todos os seus elementos e em sua dinâmica de estruturação. Desta forma, esta nomenclatura não se refere a um lugar ou momento limitado. Em uma instituição profissional ou de ensino, pode e, no segundo caso, deve existir a presença da atividade científica, como condição fundamental para seu funcionamento [3].

### 3. Descrição da prática proposta

A estruturação da prática didática foi então composta por três etapas que refletem os pressupostos da Teoria da Transposição Didática. A primeira etapa busca referência no contexto profissional arquitetônico; a segunda etapa, no contexto científico e, a etapa final, é relativa ao contexto de ensino. Destaca-se que o desenvolvimento de tais etapas não acontece de forma linear, mas estão condicionadas às considerações e disponibilidades observadas nas outras. Entretanto, por questões de sistematização são descritas separadamente.

#### 3.1. Buscando referência no contexto profissional de Arquitetura

Através da análise de obras emblemáticas, buscaram-se referências ao uso de formas livres na Arquitetura. Em um primeiro momento, adotou-se como objeto de representação a obra de Frank Ghery, do Museu Gugenheim, de Bilbao, que exemplifica o emprego da tecnologia informática para a descrição de formas arquitetônicas livres. Com o interesse de trazer outros problemas significativos e de mesma ordem, elege-se agora o modelo da cobertura da Capela Ronchamp de Le Corbusier, “Figura 1”, embora esta obra faça referência a outro momento de desenvolvimento tecnológico, quando estas formas eram controladas por processos não informatizados.



Figura 1: Capela Ronchamp. Fonte: [4]

#### 3.2. Entre NURBS e Bézier, identificando os discursos científicos

Para o estabelecimento da referência científica, realizou-se um estudo de reconhecimento das técnicas disponíveis para a representação gráfica de formas livres. Em [1], o estudo foi direcionado à exploração do modelo Bézier, buscando-se abordar modelos que facilmente possam ser identificados nas ferramentas disponíveis no contexto de ensino. Neste trabalho adota-se como “saber-científico-de-referência”, além dos modelos Bézier, as NURBS (B-splines Racionais Não Uniformes).

Para a compreensão destes modelos faz-se necessário trazer alguns conceitos que normalmente não faziam parte do contexto de expressão gráfica arquitetônica.

Os modelos de curvas e superfícies paramétricas, em geral, podem estar reunidos em dois grandes grupos: a partir de técnicas de Interpolação e a partir de técnicas de Aproximação a determinados pontos de controle. No primeiro caso, os pontos de controle pertencem às curvas e superfícies, enquanto que no segundo, podem ou não pertencer a elas, atribuindo-se a cada ponto um fator que determinará o quanto estas curvas ou superfícies irão se aproximar deles.

Os modelos selecionados pertencem ao segundo grupo, por Aproximação. Uma Bézier passa sempre pelo seu ponto de controle inicial e final, podendo aproximar-se suavemente dos demais pontos de controle. Uma NURBS não necessita cumprir esta regra.

Os modelos também são caracterizados pela maneira que permitem ser controlados, de forma Local ou Global, referindo-se ao grau de interferência na forma quando se altera a posição de um ponto de controle.

Matematicamente este é o resultado da diferença entre um modelo de curva descrito por um polinômio (Bézier, de controle global) e de outro descrito pelo quociente entre polinômios (NURBS, de controle local).

De forma precisa, estas características podem ser explicadas a partir dos conceitos de continuidade geométrica e paramétrica.

Conforme [5], uma curva Bézier, que pode ser descrita por um polinômio cúbico, apresentando, naturalmente, continuidades geométrica e paramétrica,  $G_0$  e  $C_0$  respectivamente (a escala de potência da curva varia de 0 a 2), determinando que os vetores tangente ( $1^a$  derivada) e torsão ( $2^a$  derivada) às seções curvas adjacentes têm direções diferentes e magnitudes também diferentes. Desta forma, caracteriza-se como uma curva global, onde alterações em qualquer um dos pontos, ou na direção e valor dos vetores tangentes, causa uma modificação ao longo de toda a curva. Estes efeitos podem ser um pouco mais controlados pela possibilidade de concatenar várias curvas Bézier mantendo-se a continuidade entre elas, bastando garantir que as tangentes, iniciais e finais das curvas a serem unidas, mantenham a mesma direção.

As NURBS são curvas com continuidades  $G_2$  e  $C_2$ , onde os vetores, tangente ( $1^a$  derivada) e torsão ( $2^a$  derivada) às seções

curvas adjacentes, têm direções e magnitudes equivalentes, oferecendo vantagens de controle local, em que os ajustes em um determinado trecho não se propagam em toda a curva, permitindo também a representação exata de formas quádras [6].

Em função das interfaces oferecidas pelas ferramentas informáticas, a atividade de reconhecimento dos algoritmos que descrevem os modelos pode ser relegada, priorizando-se o reconhecimento das vantagens e desvantagens de cada um, assim como dos parâmetros capazes de controlar as entidades geométricas que representam.

### 3.3. Prática Didática: buscando uma estrutura integral do saber

Para a estruturação da prática didática buscou-se então explicitar as três referências disponíveis: a do contexto profissional, adotando como exemplo o caso da Capela Ronchamp de Le Corbusier; a do contexto científico, particularizando os modelos Bézier e NURBS de modelagem de curvas e superfícies paramétricas; e por fim, a do contexto de ensino, investigando-se sobre os limites e as potencialidades destas técnicas de geração e controle quando implementadas nas ferramentas informáticas disponibilizadas para o exercício.

Propõe-se a realização de modelos digitais tridimensionais da cobertura da Capela Ronchamp, a partir de Béziers e de NURBS, utilizando o software 3DSTUDIO, da AUTODESK.

A "Figura 2", imagem da esquerda, exemplifica o desenvolvimento da proposta a partir do modelo Bézier. A malha de referência utilizada para a geração de uma das superfícies é composta por seqüências de Curvas Bézier, que de acordo com o que foi identificado anteriormente é possível manter a continuidade entre elas. Para realizar modificações nesta superfície, existe um mecanismo próprio da ferramenta informática utilizada. É necessário gerar uma cópia da malha (cópia de referência) que fica representada paralelamente à primeira. Para ajustar a forma da superfície é necessário ativar a malha de referência para então mover os pontos de controle, ou os vetores que partem dos pontos de controle iniciais e finais. Ajusta-se a malha de referência e estes ajustes, simultaneamente aparecem na superfície. Já no modelo por NURBS não é preciso criar uma malha, podem ser criadas curvas em apenas uma direção, a partir das quais é gerada a superfície. As modificações podem ser feitas através dos pontos de controle, diretamente na superfície, como está exemplificado na "Figura 2", na imagem da direita. Neste caso, as técnicas permitem maior facilidade para prever o efeito final do ajuste.

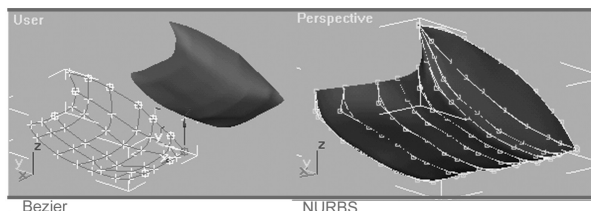


Figura 2. Esquerda: Modelagem a partir de Bézier. Direita: Modelagem a partir de NURBS.

## 4. Considerações finais

Na prática proposta buscou-se caracterizar um problema arquitetônico de representação de formas livres, reconhecer as técnicas e discursos disponibilizados pela ciência e então identificar os recursos implementados em ferramentas informáticas acessíveis no contexto didático.

Considera-se que a metodologia empregada garantiu trazer para a prática didática a estrutura integral do saber, observando-se os blocos: "teoria-tecnologia", dos discursos didáticos, e "técnica-problema", que vincula os recursos informáticos à representação arquitetônica de geometrias complexas.

Avalia-se que atividades deste tipo contribuem ao processo de apropriação dos meios informáticos e de estabelecimento da Gráfica Digital no exercício de Arquitetura, percebendo-se que mesmo a execução de um único elemento arquitetônico, pode ser suficiente para identificar conceitos e procedimentos necessários ao controle de formas livres, desde que a atividade seja problematizada, por exemplo, pelo emprego de modelos diferenciados. Considera-se que o processo de ensino-aprendizagem, mesmo que se reconheça a potencialidade e facilidade de uso dos modelos NURBS, torna-se mais significativo ao apresentar outro tipo de modelo, estimulando a atitude exploratória e analítica frente às diferentes técnicas de representação.

Este trabalho se insere na linha de investigação de produção de materiais didáticos para educação a distância de gráfica digital para arquitetura, que está sendo subsidiada atualmente pelo programa Prosul/CNPQ.

## Referências

1. Félix, L.R., Félix, N.L.R., Borda, A.S. Proposta de Prática Didática referente à modelagem de superfícies paramétricas no contexto de ensino da expressão gráfica arquitetônica. GRÁFICA 2003, UNICRUZ, Santa Cruz do Sul, RS, 2003.
2. Chevallard, Y. *La Transposition Didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage, 2ème édition, Grenoble, 1991.
3. Borda, A.B.A.S., *Los saberes constitutivos del Modelado Geométrico y Visual, desde las instituciones científicas y profesionales a las escuelas de arquitectura: un análisis de transposición didáctica*. Tese de Doutorado, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Espanha, 2001.
4. <http://www.galinsky.com/buildings/ronchamp/> [5-09-2004]
5. Serón, F. *Informática Gráfica*. Memoria de Oposición, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Espanha, 1990.
6. Foley, J., Van Dam, A., Feiner, S., Hughes, J. *Computer Graphics. Principles and Practice*. 2nd ed. Addison-Wesley, 1990.