

# A modelagem paramétrica e o ensino de geometria descritiva - as superfícies de Felix Candela

Parametric modeling and descriptive geometry education in architecture - Felix Candela's surfaces

**Carlos Eduardo Verzola Vaz**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.  
cevv00@gmail.com

**Natalia Pereira**

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.  
natalia.silvapereira@hotmail.com

## ABSTRACT

This paper aims to discuss the possible contributions that parametric modeling environments can bring to descriptive geometry teaching process in architecture courses. The paper shows a method where models developed in Grasshopper are used to illustrate how is possible to combine computing concepts, shape generation and design references during descriptive geometry classes. In this work is used as design precedent, solutions created by the Mexican architect and mathematician Felix Candela. His concrete shells developed from hyperbolic paraboloids are recognized as important references in architecture. As was said, during the research was developed a set of models in Grasshopper. This models were created in a way to show to the students the concepts required to build an hyperbolic paraboloid.

**KEYWORDS:** Felix Candela, descriptive Geometry, design.

## Introdução

Normalmente, durante o processo de ensino da geometria descritiva nos cursos de arquitetura, são empregados como instrumentos para o desenvolvimento de desenhos os sistemas CAD (*computer aided design*) ou a mídia tradicional (papel, esquadros, régua, etc.). Além destas ferramentas, também são utilizados, de modo menos extensivo, aplicativos específicos para o ensino de geometria, como por exemplo, o Cabri, o Calques e o Cinderela. Estes programas pertencem a uma classe de ferramentas que utiliza métodos dinâmicos, o que permite que estudantes compreendam de forma mais interativa o comportamento geométrico dos elementos, em uma dada situação (SANTOS, 2000). Isto possibilita que o aprendizado da geometria deixe de ser um processo "estático" (situação que pode ser identificada quando se utiliza a mídia tradicional ou os sistemas CAD).

Apesar deste aspecto positivo, a partir dos aplicativos de geometria dinâmica não é possível realizar uma transposição direta do estudo da disciplina da geometria para uma situação de projeto. Isto é, para relacionar geometria e arquitetura é necessário utilizar imagens

de referência de projetos e os dados armazenados no arquivo de aplicativos desenvolvidos para o ensino de geometria não podem ser reaproveitados para, por exemplo, o desenvolvimento de uma solução de projeto. Como resultado, caso o estudante deseje trabalhar em uma situação de projeto, com uma forma desenvolvida em um aplicativo de geometria dinâmica, terá que, por exemplo, refazê-la em um sistema CAD.

Outra classe de ferramentas que poderia ser utilizada no ensino de geometria é formada pelos ambientes de modelagem paramétrica. A partir da utilização destes aplicativos pode ser dada uma nova dimensão ao ensino da geometria nas escolas de arquitetura e urbanismo, pois a partir da sua manipulação os alunos passam a trabalhar conceitos de outras áreas, como por exemplo da matemática, lógica e computação.

Este artigo tem como objetivo apresentar um método para a utilização de ambientes de modelagem paramétrica visual no ensino de geometria descritiva nos cursos de graduação de arquitetura e urbanismo. Durante o trabalho foi empregado o ambiente de modelagem paramétrica visual *Grasshopper* como ferramenta para a implementação de definições (algoritmos) capazes

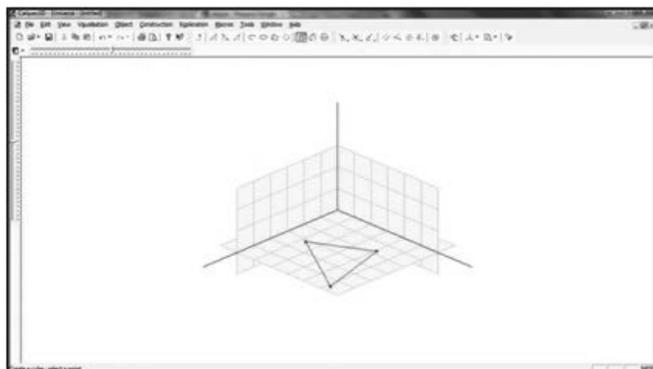


Fig. 1: Interface do aplicativo de geometria dinâmica Calques.  
Fonte: Elaboração própria.

de ilustrar conceitos de geometria. As definições elaboradas na pesquisa buscaram relacionar estes conceitos diretamente com superfícies identificadas na obra do engenheiro, arquiteto e matemático mexicano Felix Candela (CASSILLEN, 2010). Seus projetos são internacionalmente reconhecidos e podem ser considerados como referências no emprego de cascas de concreto definidas geometricamente por paraboloides. A partir dos algoritmos implementados no *Grasshopper* pretende-se que os alunos gerem, por meio da manipulação dos parâmetros, situações idênticas às encontradas na obra deste arquiteto, assim como inúmeras outras.

## 1. A dimensão Geométrica, lógica e matemática dos ambientes de modelagem paramétrica visual no ensino

Os ambientes de modelagem paramétrica podem ser considerados como uma alternativa em relação às linguagens de *script*, que normalmente são usadas para parametrizar geometrias instanciadas na área de trabalho de um aplicativo CAD. Segundo Monedero (2000), uma rotina elaborada com este objetivo apresenta apenas relações entre os componentes da forma especificada, enquanto suas dimensões são definidas no momento de seu instanciamento. O código escrito em uma linguagem de programação, neste caso, representa uma família de objetos, que pode ser definida como uma série de elementos que apresentam as mesmas partes, contudo com dimensões diferentes. O problema em se utilizar linguagens de programação para gerar formas é que este processo pode ser muito complexo e os arquitetos, em sua maioria, não têm interesse em explorar estas ferramentas. Um exemplo de ambiente de modelagem paramétrica é o *Grasshopper*, que pode ser considerado como um editor de algoritmo que apresenta as mesmas características das linguagens de programação visual. Este aplicativo permite que as formas sejam desenvolvidas por meio de um procedimento indireto de construção e pode ser considerado como uma ontologia capaz de representar os conceitos pertencentes a área da geometria gráfica

(seu universo de discurso).

Por exemplo, se um usuário deseja definir uma linha em uma ferramenta paramétrica, em primeiro lugar este deve definir dois pontos, contudo, diferentemente do processo que deve ser realizado nos softwares CAD, esta operação não se realiza diretamente, a partir de um dos comandos do aplicativo. Ou seja, não é utilizado diretamente o *mouse* para selecionar um ponto específico na área de trabalho, para que assim seja instanciado um elemento geométrico (neste caso um ponto). O usuário deve criar um “gráfico” que representará a linha que será construída. Nele cada nó simboliza uma entidade ou operação (conceitos da ontologia) e este deve ser elaborado segundo uma sequência correta para que seja obtida a geometria desejada. Este gráfico, também chamado de definição, funciona como um algoritmo, no entanto, em lugar de ser utilizado, por exemplo, uma linguagem de programação para realizar a construção geométrica é utilizada uma representação um pouco mais icônica e menos abstrata. Como resultado da adoção de este tipo de ferramenta, os estudantes aprendem não apenas conceitos da geometria gráfica, mas também alguns princípios de programação e como diferentes parâmetros numéricos atuam sobre uma determinada forma geométrica. Além disso a definição desenvolvida pelo usuário funciona como uma memória de cálculo do processo de construção da forma, ou seja, uma narrativa completa dos cálculos efetuados. Portanto, diferentemente do processo usual em que, após a elaboração da geometria em um aplicativo de modelagem, se perde o processo, no caso dos ambientes de modelagem paramétrica visual, este fica armazenado na definição. Em termos educacionais esta característica dos ambientes de modelagem paramétrica podem contribuir para que os alunos compreendam o processo de construção e conceitos geométricos.

## 2. Restaurante Los Manantiales - um exemplo com superfícies regradas e a arquitetura de Felix Candela

O restaurante Las Manantiales pode ser considerada uma importante referência do uso de paraboloides hiperbólicos (*hyper*) na arquitetura. Neste projeto o arquiteto obtém a volumetria a partir de um *hyper* seccionado, copiado e rotacionado a partir de um mesmo ponto oito vezes. Por meio de uma definição do *Grasshopper* é possível ilustrar quais são os conhecimentos necessários para modelar um parabolóide, mostrando como este foi aplicado no restaurante Los Manantiales e quais são os parâmetros que podem ser modificados para que sejam obtidas variações sobre este mesmo tema.

Um modelo com este objetivo não deve ser construído segundo o mesmo método com que se elabora um

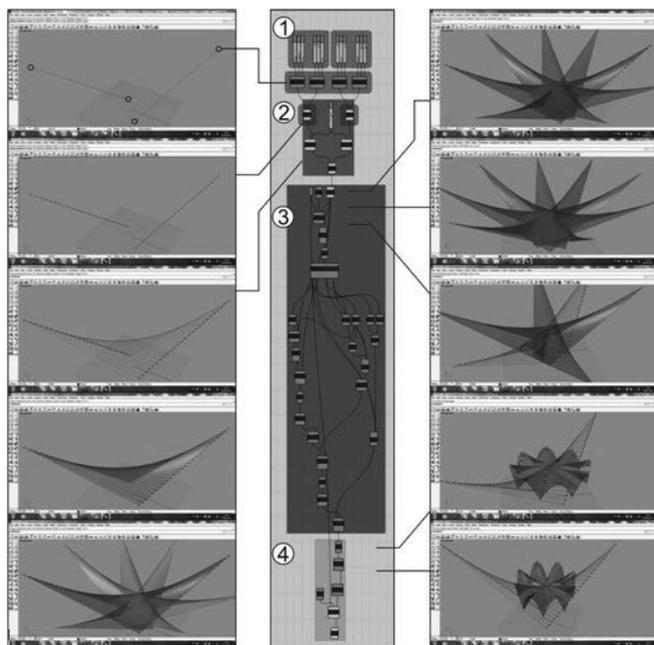


Figura 2: Definição do *Grasshopper* e modelo gerado.  
Fonte: Elaboração própria.

modelo para representar ou processar uma solução de projeto. Deve estar clara na definição do *Grasshopper* os conceitos geométricos, matemáticos e lógicos para a construção da forma. A figura abaixo apresenta imagens da geometria básica do Restaurante Los Manantiales e a definição responsável por gerá-la. Nela é possível observar os diferentes blocos com componentes do *Grasshopper*. Cada um deles apresenta um conceito básico que permite o desenvolvimento do parabolóide e as operações básicas que permitem que a partir dele seja obtida a geometria final do Restaurante. Por exemplo, o bloco 1 contém a definição de dois pares de pontos. Estes serão responsáveis por definir as retas reversas. Estas são divididas em partes iguais, no bloco 2, gerando uma série de novos pontos que são ligados entre si formando múltiplas retas, responsáveis por definir a superfície.

Os blocos 1 e 2, portanto, são responsáveis por ilustrar os conceitos básicos para a construção da superfície regrada. Os demais blocos apresentam o processo de seccionamento da superfície e a operação de rotação que resulta na forma final do edifício.

### 3. Resultados esperados

Este artigo apresenta uma variação do uso do parabolóide hiperbólico por parte do arquiteto Felix Candela. Este elaborou inúmeras outras soluções que podem ser analisadas por meio do uso de ambientes de modelagem paramétrica. A próxima etapa da pesquisa visa utilizar este modelo e outros desenvolvidos no trabalho de pesquisa como ferramenta para elucidar diferentes conceitos de geometria, computação e matemática, durante um workshop com alunos de arquitetura e

urbanismo da UFPE. Como resultado desta trabalho pretende-se que os estudantes compreendam de modo mais crítico a geometria que pode ser gerada em ambientes de modelagem paramétrica, não utilizando estes sistemas simplesmente como ferramentas para a obtenção aleatória de formas complexas. Também, pretende-se renovar o ensino da geometria descritiva nos cursos de arquitetura e urbanismo, tornando o processo de desenvolvimento das construções geométricas mais interessante e interativo.

### Trabalhos futuros

A partir deste trabalho pretende-se elaborar pesquisas futuras em que serão utilizadas, além dos ambientes de modelagem paramétrica e sistemas CAD tradicionais, as linguagens de script no ensino de geometria. O objetivo é criar um método no qual o aluno transite entre ferramentas com diferentes níveis de abstração, passando do simbólico ao icônico.

### Referências

- CASSILLEN, P.2010. Felix Candela: Centenary. Cidade do Mexico: Fundacion Juanelo Turriano.
- CUETO, J.1997, Félix Candela - el mago de los cascarones de concreto. *Arquine*, 2.
- GRESSLER, L.2003. Introdução à pesquisa - projetos e relatórios. São Paulo: Editora Loyola.
- HERNANDEZ, C. 2006. Thinking parametric design-introducing parametric Gaudi. *Design Studies*, 27 (3).
- MONEDERO, J.2000. Parametric design - a review and some experiences. *Automation in Construction*, 9 (4), 369-377.
- PHILIPS, S. 2010. Parametric design - a brief history. *arcCA Magazine*, 10 (1), 24-28.
- KREMER, R. 2008. Exercícios de Geometria Descritiva - Curvas e Superfícies. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária.
- SANTOS, E. MARTINIZ, M. 2000. Software para ensino de geometria e desenho técnico. In: *Graphica*, 4, 2000, Ouro Preto. Resumos do Graphica.