

## **O SABER DA GEOMETRIA COMPLEXA, DA BIOMIMÉTICA E DA MODELAGEM PARAMÉTRICA PARA O CONTEXTO DE ENSINO EM ARQUITETURA**

**BRUNNA PEREIRA DE OLIVEIRA<sup>1</sup>; JANICE DE FREITAS PIRES<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [brunnappo26@gmail.com](mailto:brunnappo26@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [janicefpres@gmail.com](mailto:janicefpres@gmail.com)

### **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho está inserido no Projeto de Pesquisa AMPARA (Análise, Modelagem PARAMétrica e Fabricação Digital da geometria complexa da arquitetura: construção de referenciais didáticos para o ensino de projeto), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAUrb) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), que possui como objetivo principal promover a construção de referenciais didáticos, por meio do estudo do emprego de superfícies complexas da arquitetura, para a adoção de técnicas de representação gráfica digital - como a modelagem paramétrica - e fabricação digital, como suporte à ação projetual. Nesse contexto, a Biomimética se apresenta como uma ciência com grande potencial para explicitar e aplicar conceitos da geometria complexa na arquitetura que possuem integração funcional e eficiência estrutural, a partir da análise dos processos dos fenômenos naturais.

Esta ciência, também denominada Biônica, consiste, segundo BENYUS (2003), no estudo dos modelos da natureza e na utilização de suas soluções e processos - formas, funções, comportamentos e metodologias - como inspiração para resolução de problemas. Além disso, embora essa abordagem já tenha permeado soluções arquitetônicas no passado, como nas obras de Gaudí, Frei Otto e Félix Candela, nos últimos 20 anos, as formas da natureza são vistas cada vez mais como requisitos projetuais em obras arquitetônicas (POTTMANN et al, 2007). Isso ocorre porque, conforme PEREZ-GARCIA e GÓMEZ-MARTÍNEZ (2009), o desenvolvimento das estruturas da natureza se dá com o objetivo de sempre atingir soluções energéticas ideais em longos prazos, sendo estruturadas em saberes que, na arquitetura, fundamentam questões de desempenho. Ademais, a modelagem paramétrica, que, de acordo com WOODBURY (2010), baseia-se em um modelo digital descrito através de parâmetros e relações entre os seus entes geométricos, possibilita uma grande variedade de soluções alternativas. Dessa maneira, a sua natureza descritiva tem a capacidade de conceber formas complexas e otimizadas, como as da natureza.

No ateliê de projeto do segundo semestre do curso de arquitetura da FAUrb/UFPEL - contexto no qual este trabalho se insere - ocorre a introdução dos conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica, fundamentados por BAEZA (2003), para aquisição da consciência construtiva e, posteriormente, a exploração de superfícies curvas, com ênfase no emprego de abóbadas. Acrescido a isso, conforme LEGAULT (2005), tais abordagens possuem grande importância no ensino de arquitetura e podem proporcionar avanços a partir de sua aplicação. Desse modo, tenta-se compreender de que maneiras a Biomimética e a representação gráfica podem se integrar e colaborar à compreensão de tais conceitos e estruturam-se os saberes envolvidos na geração de geometrias complexas, visando integrá-los com as abordagens apresentadas aos estudantes de Arquitetura no atelier de projeto.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho trata-se de um processo de estruturação de referenciais didáticos que passou, primeiramente, por um processo de revisão bibliográfica realizado em OLIVEIRA; PIRES (2020) sobre as relações existentes entre a Biomimética, a Arquitetura, o processo projetual, a representação gráfica, a arquitetura Tectônica e Estereotômica e a abordagem paramétrica de projeto e de representação, com base nos estudos de SANTOS (2010), LOBACH (2000), BAEZA (2003) e REBELLO (2000).

Posteriormente, foi desenvolvida uma análise geométrica e a modelagem paramétrica do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela. Na sequência, o mesmo foi desenvolvido para uma atividade de projeto do segundo semestre do curso de Arquitetura da FAUrb/UFPEL, realizada, anteriormente, pela autora deste estudo na disciplina de Projeto de Arquitetura II, no ano de 2019, com técnicas tradicionais de representação, em que foi aplicado um tipo de estrutura curva no projeto, seguindo o conceito de Estereotômica. Ambas as atividades utilizaram o software de modelagem tridimensional Rhinoceros e o plugin de modelagem paramétrica por programação visual Grasshopper.

Durante o processo, foram sendo explicitados os elementos de saber associados à representação das geometrias complexas da arquitetura integrados ao saber que envolve a atividade de projeto, de acordo com a noção estruturada de um saber, de CHEVALLARD (1999), e estruturados no formato de uma rede de conceitos, em mapas conceituais, desenvolvidos no software CMAP tools (<https://cmap.ihmc.us/>). Isso se deu pela possibilidade de compartilhamento em rede, em servidores e sites, no formato html, seguindo a metodologia adotada em PIRES; PEREIRA; GONÇALVES (2017).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estruturação desenvolvida até então já permitiu integrar os conceitos e técnicas de modelagem paramétrica de geometrias complexas da natureza com as potencialidades da Biomimética e dos conceitos de Tectônica e Estereotômica. Nesse sentido, essa rede de conceitos organizou-se em um mapa dirigente (Figura 1) com 4 etapas principais - “Processo de Revisão: Biomimética e Representação Gráfica Digital na Arquitetura”, “Análise de Referencial Arquitetônico”, “Atividade de Projeto II” e “Nova proposta para a Cobertura da atividade de Projeto II” - as quais possuem sub estruturas organizadas em outros mapas de especificação do saber.

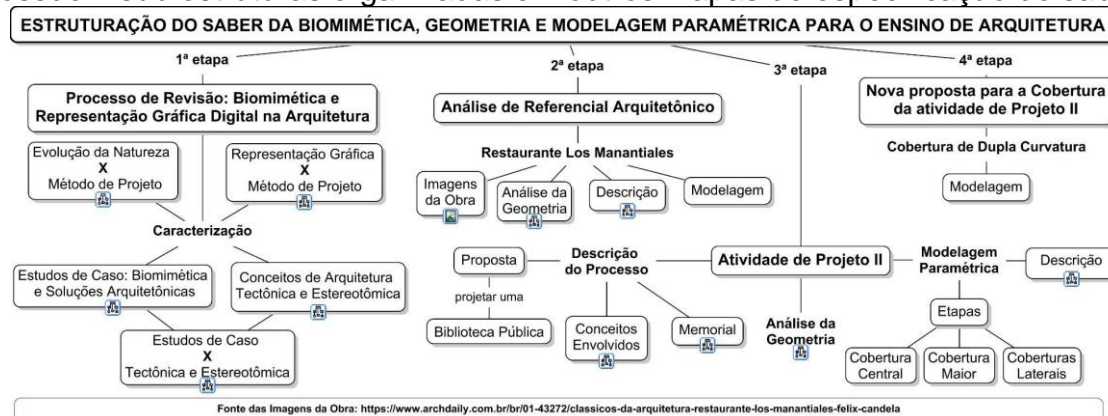


Figura 1: Mapa dirigente da estrutura de saber explicitada no estudo.

Dessa maneira, a primeira etapa da estruturação da rede de conceitos consistiu em sistematizar os resultados dos referenciais do processo de revisão desenvolvido. Os elementos explicitam como a Biomimética pode ser utilizada como suporte ao método de projeto e à obtenção de soluções arquitetônicas (Figura 2) em conjunto com a representação gráfica digital. Ademais, essa etapa permitiu refletir que a análise da natureza auxilia na compreensão dos termos de arquitetura Tectônica e Estereotômica de forma didática no ateliê de projeto.

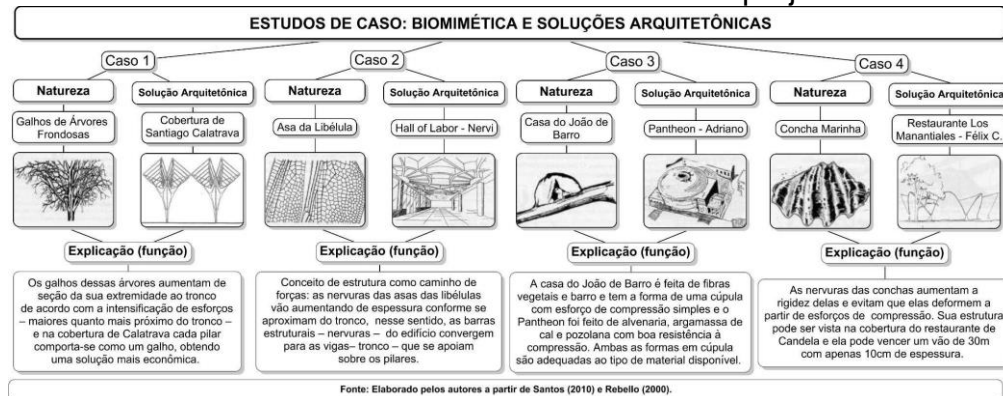


Figura 2: Estudos de Caso - parte do processo de revisão estruturado.

Posteriormente, explicitou-se a estrutura de saber referente à análise geométrica do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela, em um mapa conceitual específico e, após, uma sequência de passos da modelagem paramétrica de sua cobertura, ou seja, a descrição de um algoritmo. A escolha desse referencial se deu pela sua geometria complexa ser inspirada na natureza e pela sua relação com os conceitos abordados e identificados na etapa de estruturação anterior.

Seguindo a mesma metodologia, analisaram-se os saberes da atividade de projeto desenvolvida pela autora deste trabalho para explicitar os conceitos de projeto e a geometria que a envolvem, conforme a Figura 3. Tendo-se por base tais saberes, desenvolveu-se a descrição do algoritmo para a modelagem paramétrica da estrutura utilizada no projeto (Figura 3).

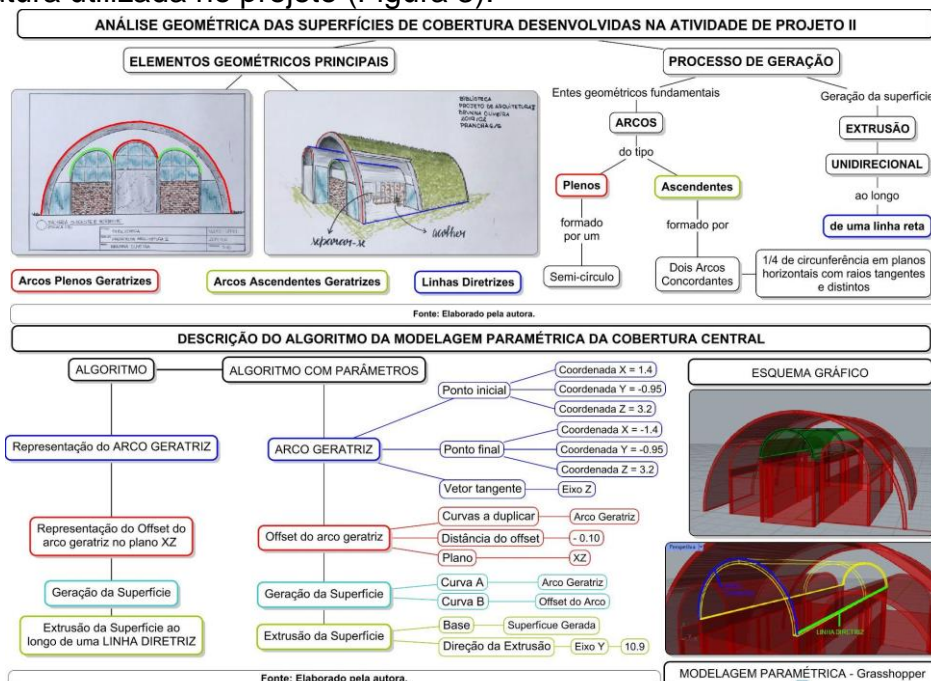


Figura 3: Análise geométrica e algoritmo de modelagem da atividade de projeto.

#### 4. CONCLUSÕES

A pesquisa já desenvolvida estruturou uma rede de saberes que integra conceitos e técnicas de modelagem paramétrica de geometrias complexas da natureza, inspiradas nas potencialidades da Biomimética e nos conceitos de Tectônica e Estereotômica, a partir dos estudos de caso de arquitetura. Nesse contexto, a rede de conceitos estruturada tem a proposta de subsidiar processos formativos, oferecendo uma estrutura de saber a ser acessada para a proposição de atividades didáticas em modelagem paramétrica no âmbito da arquitetura.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAEZA, A. C. De la cueva a la cabaña. Sobre lo estereotómico y lo tectónico em arquitectura. In: BAEZA, A. C. **Sustancia y circunstancia: memoria del curso 2002-2003 de las asignaturas proyectos arquitectónicos 4 e 5**. Madrid: Mairera Libros, 2003.

BENYUS, J. M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza**. São Paulo: editora Cultrix, 2003.

CHEVALLARD, Y. El Análisis de las Prácticas Docentes en la Teoría Antropológica de Lo Didáctico. **Recherches en Didactique de Mathématiques**, Grenoble, Vol. 19, nº 2, pp. 221-266, 1999. (Traducción de Ricardo Barroso, Universidad de Sevilla). Disponível em:  
[http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/algebra/chavallard\\_tad.pdf](http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/algebra/chavallard_tad.pdf)

LEGAULT, R. **La trajectoire tectonique**. In: CHUPIN, J., SIMONETTE, C.(org). Le projet tectonique. Gollion: Infólio éditions, 2005.

LOBÄCH, B. **Design industrial: bases para a configuração de produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

PEREZ-GARCIA, A.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, F. Natural structures: strategies for geometric and morphological optimization. **Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009**, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures 28 September – 2 October 2009, Universidad Politecnica de Valencia, Spain.

PIRES, J. d. F., PEREIRA, A. T. C. GONÇALVES, A. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea: uma abordagem didática ao ensino da modelagem paramétrica na arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, 2017, 12(3), 27-46. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.133954>

POTTMANN, H. ASPER, A. HOFER, M. KILIAN, A. **Architectural Geometry**. Exton, Pennsylvania: Bentley Institute Press, 2007.

REBELLO, Y.C.P. **A Conceção Estrutural e a Arquitetura**. 1º Edição. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

SANTOS, C. O DESENHO COMO PROCESSO DE APLICAÇÃO DA BIOMIMÉTICA NA ARQUITETURA E NO DESIGN. **Revista Tópos**. Presidente Prudente: UNESP, v. 4, n. 2, 2010, p. 144 – 192.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. London: Routledge, 2010.