

MALHAS POLIÉDRICAS NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA: A PARAMETRIA DO PAVILHÃO SHELLSTAR

FERNANDO FRANZ ZAUKE¹; JANICE DE FREITAS PIRES²

¹Universidade Federal de Pelotas – ferzauk@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – janicefaurb@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O pavilhão Shellstar é uma estrutura arquitetônica temporária que serviu como ponto de encontro para o festival de arte e design Detour, de 2012, em Wan Chai, Hong Kong. De acordo com os arquitetos do projeto, Andrew Kudless (Matsys) e Riyad Joucka (HKU), a proposta foi de maximizar seu desempenho espacial enquanto minimiza a estrutura e o material (MATSYS, 2018). O seu formato surge de um processo de busca de formas digitais baseado nas técnicas clássicas por modelagem física, desenvolvidas no passado por Antonio Gaudi para a obtenção de superfícies mínimas (CARMO, 1986), mas que foram habilitados por técnicas avançadas de modelagem digital paramétricas, a partir de três etapas: encontrar a forma; otimizar a superfície; e o planejamento da fabricação. Para este estudo, se abordará a primeira etapa deste processo, focando na busca da forma a partir do conceito de desenho paramétrico.

A parametrização é um marco para os projetos arquitetônicos, representa o potencial e evolução da arquitetura contemporânea. Embora o conceito não seja novo na arquitetura, o advento tecnológico do projeto paramétrico por meio de técnicas digitais de representação permite a distinção de elementos com a definição de relações e modificações estruturadas entre si (WOODBURY, 2010), permitindo que arquitetos possam integrá-los ao design, associando as partes do projeto desde o lançamento inicial, para que alterações pontuais no modelo sejam capazes de produzir ações em conjunto, a partir de um sistema de projeto.

Embora a modelagem paramétrica ofereça maiores possibilidades para a definição de formas complexas com geometria de superfícies curvas, projetos de estruturas curvas baseadas em polígonos – estruturas geométricas planas e com arestas lineares – são vistos como mais atrativos economicamente no âmbito da construção, sem, contudo, deixar de traduzir a percepção de curvatura mesmo quando as superfícies são compostas por diversas faces com linhas retas (POTTMANN et al, 2007). As superfícies poliédricas, portanto, possuem diversos campos de aplicação, seja para a triangulação e simplificação de superfícies complexas por aproximação as superfícies curvas, estudos de força e otimização estrutural a partir de cálculos paramétricos ou até mesmo na análise de desempenho de superfícies totalmente contínuas. O objetivo deste estudo é contribuir à construção do conhecimento geométrico e tecnológico para arquitetura, tendo-se o projeto paramétrico como um meio de reconhecimento de tal saber por meio das tecnologias de representação gráfica digital.

2. METODOLOGIA

O trabalho surge de uma proposta de reconhecimento da volumetria de uma obra arquitetônica contemporânea, concebida e construída nos conceitos da modelagem paramétrica e superfícies otimizadas. Inicialmente seleciona-se um

projeto que possua informações disponíveis, tais como o discurso dos arquitetos, que explicita a geometria adotada (no caso específico em malhas deformáveis) e sua aplicabilidade, e o processo de projeto subjacente à geração de tal estrutura.

Foi possível acessar material com a análise geométrica a partir das representações técnicas disponíveis em MATSYS (2018), buscando compreender o processo de concepção da geometria, evidenciando uma estrutura de saber (Chevallard, 1999) específica. Buscou-se também referência no processo de modelagem proposto em MARIANO; PIRES (2020), para representar um modelo de superfície mínima desenvolvida por Frei Otto no século XX, a partir da delimitação de um perímetro para a superfície, a definição de uma malha no interior deste perímetro e a aplicação de forças físicas sobre tal malha.

Assim, estruturou-se um processo de modelagem paramétrica, visando explicitar os conceitos utilizados no projeto associado a geometria empregada. Utilizaram-se os softwares de modelagem Rhinoceros e o plugin de programação visual Grasshopper, por estes possuírem uma interface intuitiva e pela corrente adoção em pesquisas no contexto em que este trabalho se insere.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira hipótese de geração da forma foi de uma superfície configurada a partir do seu limite, tal como desenvolvido em MARIANO; PIRES (2020). A solução, neste caso, seria construir as curvas de contorno da obra e gerar uma superfície por varredura a partir de tais curvas. Entretanto, mesmo tendo-se os desenhos técnicos pertencentes ao projeto e uma análise geométrica sobre tais representações, os dados obtidos não foram suficientes para definir a forma das curvas externas e internas que estruturam a obra. Tendo-se como base o conteúdo teórico estudado, identificou-se a presença de curvas catenárias, mas não foi possível obterem-se os pontos de máxima curvatura destas curvas, inviabilizando essa primeira hipótese de modelagem.

Foi necessário partir para a análise do discurso dos responsáveis pela Shellstar, em que é explicitado o processo originalmente adotado no projeto (Figura 1), com a aplicação de forças físicas sobre uma malha plana visando deformá-la em uma forma curva. Foram utilizadas tecnologias de modelagem paramétrica e simulação, o software Rhinoceros associado ao plug-in Grasshopper (programação visual) e os componentes Lunchbox (para configurar uma subdivisão sobre a superfície) e Kangaroo (simulação de forças físicas).



Figura 1 – À esquerda, fotografia da Shellstar e, à direita, esquema do processo de desenvolvimento da forma. Fonte: MATSYS (2018).

A partir do material do projeto, desenvolveu-se um esquema da estrutura do saber relacionado à geometria da obra, por meio das seguintes etapas (Figura 2):

construção da estrela de cinco pontas; triangulação da forma plana; refinamento (subdivisão); transformação em uma malha hexagonal; aplicação da força física (simulação); e otimização da superfície. Sendo organizadas da seguinte maneira: em azul estão destacadas as teorias envolvidas com a configuração da geometria; em verde as técnicas utilizadas; e em amarelo as tecnologias como saber que justificam o emprego das técnicas. Destaca-se que o Kangaroo disponibiliza um conjunto de técnicas de simulação de forças físicas, tais como elasticidade, relaxamento e gravidade.

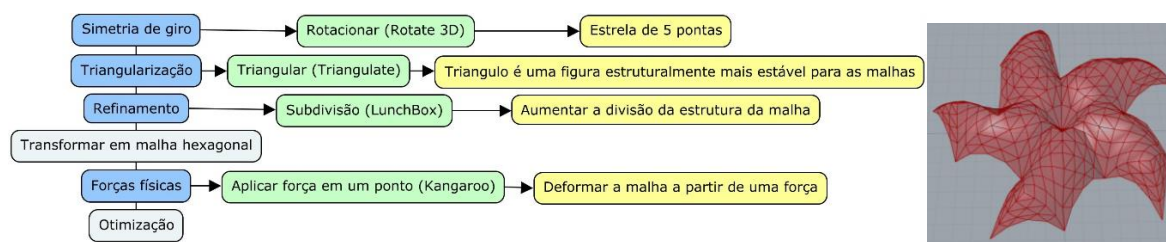


Figura 2 – Mapa conceitual: teorias (azul); técnicas (verde); e tecnologias (amarelo). E modelagem referente à estrutura do saber. Fonte: autores, 2021.

Para dar continuidade ao processo, buscou-se apoio em SINGLA (2019) e RAGHU (2019) que também trabalharam sobre esse projeto, porém através de um conceito de estrela de seis pontas. Essa transformação na forma permitiu a construção da estrutura hexagonal da malha, completando a estrutura do saber e o processo de projeto desenvolvido na Shellstar. Quando a forma assume a figura de uma estrela de seis pontas, o encaixe dos hexágonos é resolvido devido a construção dessas figuras estarem relacionadas, visto que o hexágono pode ser construído a partir do conjunto de seis triângulos equiláteros.

Isto possibilitou complementar a estrutura do saber apresentada na Figura 2 e obter uma proposta volumétrica mais condizente com a obra original. A Figura 3 ilustra esta mudança na forma do polígono disposto ao centro da figura, que na estrela de cinco pontas configura um pentágono que não se encaixa na malha, mas quando a forma é configurada com as seis pontas, o polígono central é o próprio hexágono que dá origem à malha a ser distribuída em todo o projeto.

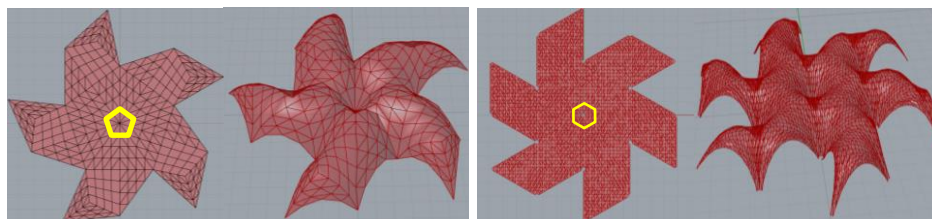


Figura 3 – À esquerda, representação da modelagem inicial antes e depois da aplicação de forças físicas. À direita, representação da modelagem final antes e depois da aplicação de forças físicas. Fonte: autores, 2021.

O processo de modelagem passa a ser definido pelas seguintes etapas (Figura 4): 1. Delimitação dos pontos iniciais de uma porção fundamental da malha a qual será repetida em composição; 2. União dos pontos por linhas formando triângulos; 3. Triangulação interna e refinação da malha; 4. Extração e seleção dos pontos da malha para a redefinição de polígonos hexagonais; 5. Composição da forma hexagonal da malha; 6. Rotação da porção fundamental; 7. Definição e seleção de pontos âncoras para a aplicação das forças físicas; 8. Aplicação das forças físicas por meio do plug-in Kangaroo;

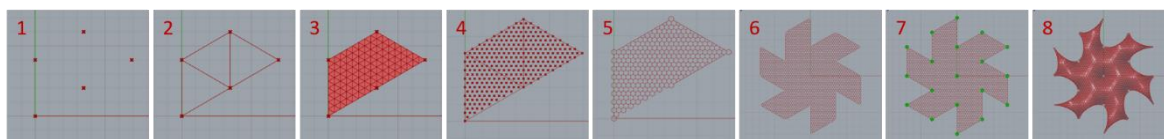


Figura 4 – Etapas do processo de modelagem. Fonte: autores, 2021.

4. CONCLUSÕES

O processo de modelagem desenvolvido neste trabalho abarcou o saber relacionado à construção de geometrias complexas e otimizadas a partir do conceito de malhas poliédricas, ampliando o repertório projetual em arquitetura. Este repertório foi enriquecido tanto pelas teorias relacionadas a deformação de malhas por meio da simulação digital de forças físicas como pelas tecnologias que subsidiam a abordagem do desenho paramétrico. Alterações dinâmicas podem ser realizadas a partir da manipulação dos parâmetros, encontrando-se soluções diversas para casos específicos, com a possibilidade de uma forma final de alto desempenho estrutural, tal como desenvolvido no projeto da Shellstar.

Ademais, a continuação desse estudo se concretizou junto a um projeto de pesquisa em nível de mestrado que aborda a geometria complexa da arquitetura integrada a abordagem do desenho paramétrico, para a formação e a prática profissional de arquitetura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASANOWICZ, A. Parametric design - Tool, medium or new paradigm?. In: **ShoCK! - Sharing Computational Knowledge! - Proceedings of the 35th eCAADe Conference** - Volume 2, Sapienza University of Rome, Rome, Italy, 20-22 September 2017, pp. 379-386. Disponível em: http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2017_038. Acesso em: 13 abril 2021.
- CARMO, M. P. **Superfícies Mínimas**. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada – IMPA, 1987
- MARIANO, P. O. P.; PIRES, J. F. Parametric Otto: Validation of a Visual Programming for the Generation of Minimum Surfaces Conformed by Physical Forces. **ICGG 2020** - Proceedings of the 19th International Conference on Geometry and Graphics, Cham Springer, pp.274-285, 2020.
- MATSYS. **Shellstar Pavilion**. 2018. Disponível em: <https://www.matsys.design/shellstar-pavilion>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- POTTMANN, H.; ASPERL, A.; HOFER, M.; KILIAN, A.. **Architectural Geometry**. 1. ed. Exton, Pa: Bentley Institute Press, 2007. ISBN 978-0-934493-04-5.
- RAGHU, D. Animated Systems Shellstar Pavilion. **IAAC (Institute for Advanced Architecture of Catalonia)**. 2019. Disponível em: <http://www.iaacblog.com/programs/animated-system-shellstar-pavilion/>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- SINGLA, S. Animated Systems Shellstar Pavilion. **IAAC (Institute for Advanced Architecture of Catalonia)**. 2019. Disponível em: <http://www.iaacblog.com/programs/animated-systems-shellstar-pavilion-2/>. Acesso em: 23 dez. 2020.
- WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. 1. ed. Abingdon, Oxon: Routledge, 2010. 300 p. ISBN 0-415-77986-3.