

PADRÕES GEOMÉTRICOS DA NATUREZA APLICÁVEIS À ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

FERNANDO FRANZ ZAU¹; JANICE DE FREITAS PIRES²; ADRIANE BORDA³

¹Universidade Federal de Pelotas – ferzauk@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – janicefpires@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – adribord@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

A relação entre geometria e arquitetura é historicamente fundamental para o desenvolvimento projetual, seja como linguagem formal ou como base para a compreensão de princípios estruturais e funcionais (BURRY; BURRY, 2010; POTTMANN ET AL., 2007). Em pesquisas anteriores (ZAU, 2023), evidenciou-se a importância de explicitar conceitos geométricos implícitos em projetos arquitetônicos paramétricos baseados em malhas, ressaltando como tal compreensão pode ampliar o repertório geométrico aplicado ao ensino e à prática arquitetônica. Nesse processo, emergiram questões relacionadas à sustentabilidade, o que reforçou o potencial da geometria como instrumento de integração entre a concepção formal, a eficiência e o desempenho ambiental.

Como prosseguimento ao estudo anterior, propõe-se uma investigação que amplie a compreensão das relações entre a biomimética e a geometria da arquitetura, a partir da modelagem paramétrica. Apesar da biomimética ser traduzida como imitação da vida, ela é uma disciplina que se dedica a compreender as estruturas biológicas, seus processos, aplicações, métodos ou procedimentos tecnológicos (PAWLYN, 2016; POHL; NACHTIGALL, 2015). Nesse sentido, é uma abordagem interdisciplinar que transforma essas inspirações em soluções inovadoras e práticas para problemas contemporâneos sustentáveis (ISO, 2015). Nesse contexto, a geometria é entendida não apenas como linguagem formal, mas como base para a compreensão estrutural e funcional, o que se revela fundamental para uma arquitetura alinhada aos requisitos da sustentabilidade.

Se, na análise de projetos arquitetônicos, a explicitação geométrica pode ser obtida a partir de discursos autorais e documentação técnica, o mesmo não ocorre quando a referência é a própria natureza. Elementos naturais não possuem “autores” que descrevam seus processos formais ou funcionais. Isso evidencia o desafio para identificar e sistematizar conceitos geométricos observados na natureza de modo que possam subsidiar aplicações biomiméticas em arquitetura. Assim, objetiva-se compreender a relação entre os padrões geométricos extraídos da natureza e sua aplicação na arquitetura, visando construir um conjunto de saberes capaz de integrar, explicitamente, a geometria ao processo biomimético.

2. METODOLOGIA

Para estabelecer uma análise da composição física e estrutural dos atributos encontrados nos seres vivos, ARRUDA; FREITAS (2018) apontam para a analogia como metodologia para identificar tais estratégias e soluções. Para eles, isso ocorre a partir de associações que levam a novas perspectivas sobre um problema. Os autores apontam três tipos de analogias pertinentes à biomimética: morfológica, que compreende intimamente a forma, suas relações e suas partes; a funcional, relacionada com a função e a maneira como os sistemas físico e mecânico se comportam; e a simbólica, que os autores descrevem como a mais abstrata.

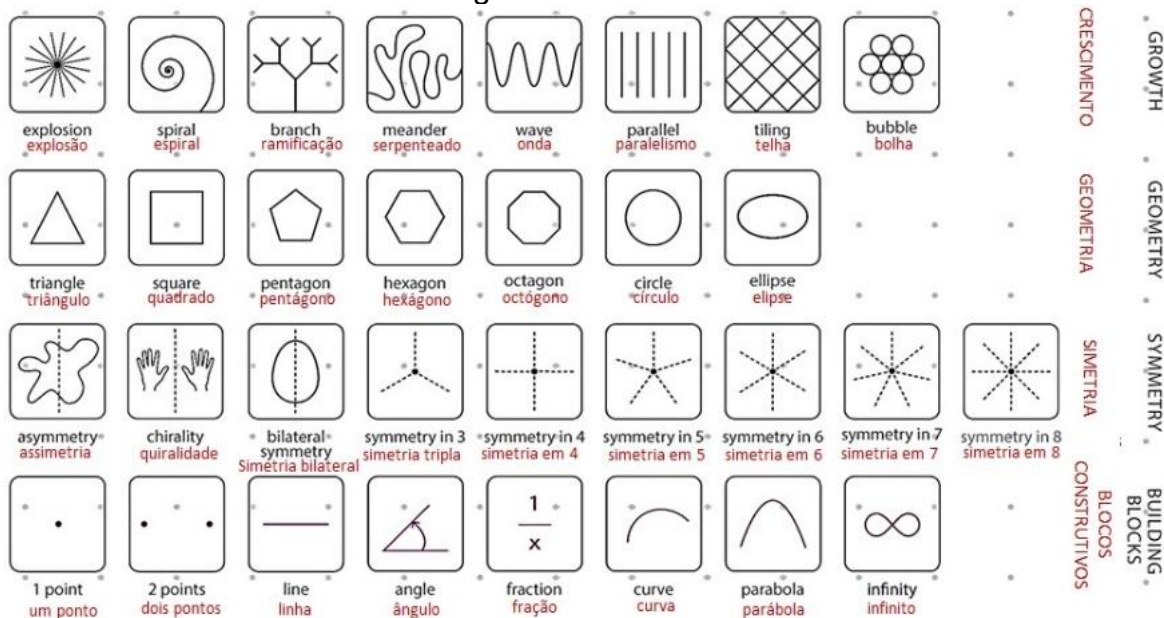
Porém, essa abordagem não especifica a maneira de se observar e analisar a natureza, para abstrair e aplicar suas estratégias no contexto arquitetônico. A fim de compreender a geometria nesse processo de analogia, entende-se que ela deve ser abordada em três etapas: 1) uma análise da referência da natureza, compreendendo a geometria e seus processos de desenvolvimento da forma; 2) a compreensão da sua estrutura de saber (CHEVALLARD, 1999), que significa compreender não só a geometria encontrada na natureza, mas o seu processo de desenvolvimento; 3) a transposição de esse saber (CHEVALLARD, 1991) para o contexto arquitetônico, a partir da modelagem paramétrica como meio de explicitar sua estrutura para o ensino em arquitetura.

Este trabalho sistematiza a explicitação de uma estrutura de saber, a partir de WOLF; PARIKH; DE LISI (2022) que apresentam o patternABC - padrão ABC, em tradução livre - como uma ferramenta metodológica para identificar e sistematizar padrões geométricos extraídos da natureza. Este padrão é traduzido por ícones, capazes de codificar em imagens os processos mais complexos da natureza, bem como ilustrar a construção, crescimento e o deslocamento em todas as dimensões e escalas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O patternABC é composto por um conjunto de 32 ícones (Figura 1) que são reunidos em quatro grupos que representam respectivamente o comportamento da natureza durante o processo de crescimento, sua geometria, organização no espaço e os blocos construtivos (WOLF; PARIKH; DE LISI, 2022).

Figura 1 PatterABC.



Fonte: Modificado de WOLF; PARIKH; DE LISI (2022)

O primeiro grupo engloba os processos dinâmicos e os princípios evolutivos que geram as formas na natureza (WOLF; PARIKH; DE LISI, 2022). Representa a maneira como a natureza se desenvolve, expande e se organiza no espaço - e no tempo. Suas formas emergem de regras e interações com o ambiente, ensinando a pensar o design não como um produto final, mas como um processo de formação.

O segundo grupo representa as formas básicas e estáticas (WOLF; PARIKH; DE LISI, 2022). São frequentemente utilizadas na arquitetura por sua estética, mas

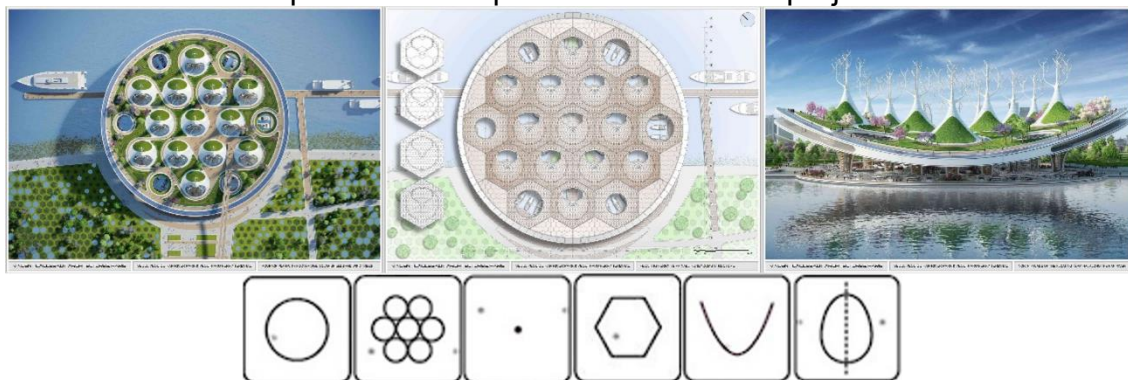
também por suas propriedades estruturais intrínsecas e representam parte das formas poligonais existentes na natureza.

As simetrias representam os princípios de organização e equilíbrio (WOLF; PARIKH; DE LISI, 2022), referente à correspondência ou repetição de elementos de uma forma (de maneira isométrica). E o grupo dos blocos construtivos, que são os componentes mais elementares (entes geométricos) e conceituais (relações entre elementos), são representações mais abstratas da forma.

Segundo WOLF; PARIKH; DE LISI (2022) os ícones do padrão ABC podem ser combinados da mesma maneira que as letras são combinadas para formar uma palavra com significado. Isso é referente a metodologia de blocos construtivos utilizada, em que um conjunto de elementos pode ser combinado de diferentes maneiras, resultando em diversas formas mais complexas. Nesse sentido, os autores apontam a possibilidade de fragmentar a forma da natureza em suas partes fundamentais através dos ícones.

A Figura 2 apresenta a aplicabilidade do padrão junto a arquitetura, no projeto do arquiteto Vincent Callebaut, denominado Manta Ray, cuja inspiração está nas estratégias biológicas da raia-manta.

Figura 2 Perspectiva, vista superior e vista posterior do Manta Ray e ícones do patternABC representativos desse projeto.



Fonte: Modificado a partir de VINCENT CALLEBAUT ARCHITECTURES (2025) e WOLF; PARIKH; DE LISI (2022)

Há a presença de elemento geométrico circular (borda circular) e um agrupamento em bolhas representando o padrão circular (cobertura do edifício); o ponto e o hexágono, para estabelecer o polígono concêntrico com o padrão das bolhas. A parábola surge naturalmente pela curvatura da superfície em paraboloide hiperbólico e existe um eixo de simetria bilateral nessa curva.

Algumas justificativas do arquiteto em relação a geometria: alta resistência e leveza pela estrutura em favo de mel (padrão hexagonal); módulos embutidos no design ajustados a dupla curvatura do paraboloide hiperbólico mantendo o desempenho estrutural da geometria; estrutura flutuante adaptável as variações do nível do rio (resiliência a inundações).

O suporte do padrão ABC é importante para estabelecer um primeiro nível de análise e relacionamentos, mas é necessário explicitar a estrutura de saber da geometria em níveis crescentes das relações internas da forma com suporte do desenho paramétrico. Assim como a analogia morfológica de ARRUDA; FREITAS (2018), isso implica que a eficácia da biomimética não está na cópia, mas na compreensão da sua estrutura como um todo – ou um sistema. Nesse sentido, associar o pABC com a geometria da arquitetura sustentável, permite estimular a transposição da biomimética nesse processo.

4. CONCLUSÕES

O padrão ABC, apresentado neste estudo, se configura como um primeiro nível da estrutura de saber que relaciona geometria, biomimética e sustentabilidade na arquitetura, o qual será aprofundado ao longo da pesquisa a partir de análises de projetos referenciais.

O presente trabalho está sendo realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, Amilton; FREITAS, Theska. Novas estratégias da biomimética: as analogias no biodesign e na bioarquitetura. **MIX Sustentável**, Florianópolis, v.4, n.1, p. 73-82, 2018.
- BURRY, Jane; BURRY, Mark. **The new mathematics of architecture**. Thames & Hudson. 2010
- CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. La Pensée Sauvage, Argentina, 1991.
- 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.
- ISO 18458:2015. **Biomimetics** - Terminology, Concepts and Methodology. ISO: Geneva, Switzerland, 2015.
- PAWLYN, Michael. **Biomimicry in Architecture**. 2 ed. Riba Publishing, 2016. 176 p. ISBN 1859466281.
- POHL, Goran; NACHTIGALL, Werner. Biomimetics for Architecture & Design: Nature - Analogies - Technology. 2. ed. [S. l.]: **Springer International Publishing**, 2015. 337 p. ISBN 978-3-319-19120-1.
- POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN, Axel. **Architectural Geometry**. 1. ed. Exton, Pa: Bentley Institute Press, 2007. 744 p. ISBN 978-0-934493-04-5.
- VINCENT CALLEBAUT ARCHITECTURES. **Vincent Callebaut Architectures**. c2025. Disponível em: <https://vincent.callebaut.org/>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- WOLF, Alex; PARIKH, Vijal; DE LISI, Isabella. The pattern alphabet: Nature's patterns are the language of spatial reasoning and biomimicry. In: EGGERMONT, Marjan; SHYAM, Vikram; HEPP, Aloysius (ed.). **Biomimicry for Materials, Design and Habitats**: Innovations and Applications. Amsterdam, Países Baixos: Elsevier, 2022. cap. 3, p. 57-105. ISBN 0128210532.
- WODDBURRY, Robert. **Elements of parametric design**. New York, EUA: Routledge, 2010. 300 p. ISBN 0415779871.
- ZAUK, Fernando Franz. **Malhas em projetos paramétricos com superfícies complexas**: Um repertório formativo para arquitetura. Orientador: Janice de Freitas Pires. 2023. 245 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.