

## ESTUDO E IDENTIFICAÇÃO DE DESIGNS BIOMIMÉTICOS PARA APLICAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Maria Beatriz Souza de Oliveira, Lucas Dias Lombardeiro, Matheus Frederico Ferreira Henckmaier, José da Silva Andrade Neto

### INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a biomimética tem se consolidado como uma abordagem promissora ao inspirar-se na natureza para o desenvolvimento de soluções inovadoras em diferentes setores, incluindo a construção civil (Du e Qian, 2024; Han *et al.*, 2024). No campo dos materiais, a aplicação dessa prática busca replicar estruturas naturais a fim de alcançar propriedades mecânicas superiores, como resistência, durabilidade e leveza, além de promover um uso mais eficiente de recursos e energia (Du e Qian, 2024; Angshuman *et al.*, 2025). A combinação da biomimética com tecnologias emergentes, como a manufatura aditiva, amplia as possibilidades de criação de compósitos poliméricos reforçados capazes de reproduzir características vantajosas da natureza, favorecendo maior desempenho estrutural e sustentabilidade.

Apesar dos avanços recentes, ainda há escassez de diretrizes sistemáticas que orientem a aplicação prática de padrões biomiméticos em diferentes contextos construtivos. Nesse sentido, o plano de trabalho proposto pretende preencher essa lacuna por meio de uma revisão de literatura, identificando designs mais promissores para sua aplicação em compósitos poliméricos. Tal esforço permitirá direcionar pesquisas experimentais futuras e apoiar o desenvolvimento de materiais inovadores para a construção civil, que se destaquem tanto pelo desempenho técnico quanto pela contribuição para práticas construtivas mais sustentáveis.

### DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento da pesquisa teve início com uma revisão sistemática da literatura, etapa fundamental para reunir os trabalhos sobre a aplicação da biomimética em materiais e estruturas voltadas à construção civil. A busca foi realizada através do banco de dados do ScienceDirect, utilizando palavras-chave *biomimetic AND ("civil construction" OR "civil engineering")* priorizando as publicações dos últimos 20 anos, de modo a contemplar avanços recente. A partir dessa triagem, foram analisados artigos que apresentavam soluções biomiméticas com foco em desempenho estrutural e eficiência, permitindo a identificação dos principais conceitos e abordagens já desenvolvidos.

Com base nesse levantamento, foram identificados e classificados padrões biomiméticos relevantes para compósitos e materiais construtivos, como geometrias inspiradas em estruturas naturais e estratégias adaptativas de resistência. Na sequência, realizou-se uma análise comparativa desses padrões, relacionando suas propriedades naturais (resistência, ductilidade e leveza) às possíveis aplicações em compósitos poliméricos e cimentícios. A partir dessa análise, foram elaboradas diretrizes práticas que orientam futuros experimentos, especificando parâmetros de design e de fabricação. Por fim, todos os resultados foram sistematizados em relatórios e materiais de apoio, garantindo a disseminação do conhecimento e fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de protótipos e ensaios em etapas posteriores da pesquisa.

### RESULTADOS

Os resultados da pesquisa indicaram a seleção inicial de 34 artigos relacionados à biomimética aplicada à construção civil, sendo que, após a triagem e análise crítica, apenas 5 foram aprofundados por apresentarem maior detalhamento técnico e experimental. Esses

trabalhos abordavam padrões biomiméticos mais consolidados e com maior respaldo científico, destacando-se a estrutura Bouligand (Silva *et al.*, 2021), inspirada no camarão mantis, reconhecida por seu arranjo helicoidal que proporciona elevada resistência e tenacidade, e a estrutura de Voronoi (Gu *et al.*, 2024), amplamente estudada pela eficiência na distribuição de esforços e leveza estrutural.

Além desses padrões, também foram encontrados outros modelos relevantes, mas com menor número de estudos experimentais acerca de seu desempenho em diferentes contextos construtivos. Entre eles, destacam-se a estrutura lamelar cruzada, inspirada em conchas, a estrutura hierárquica em camadas, inspirada no nácar, e a estrutura em favo de mel, conhecida por sua leveza e eficiência geométrica. Embora promissores, esses padrões ainda carecem de investigações sistemáticas quanto às suas propriedades mecânicas e potenciais aplicações em compósitos cimentícios e poliméricos, configurando oportunidades para pesquisas futuras.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu identificar, analisar e comparar diferentes padrões biomiméticos com potencial de aplicação na construção civil, culminando na seleção da estrutura Bouligand e da estrutura de Voronoi como os mais promissores para orientar os trabalhos futuros. A escolha se deve tanto ao nível de aprofundamento encontrado na literatura quanto às propriedades estruturais relevantes que esses padrões oferecem, como resistência, tenacidade, leveza e eficiência na distribuição de esforços.

Esses resultados fornecem uma base sólida para que a equipe de pesquisa possa aplicar e compreender de forma prática os conceitos biomiméticos escolhidos, direcionando os esforços experimentais na criação de compósitos cimentícios e poliméricos otimizados.

**Palavras-chave:** Impressão 3D; Biomimética; Compósitos Poliméricos; Reforço de compósitos cimentícios; Sustentabilidade na construção civil

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

HAN, S.; LI, D.; CHEN, F.; YE, H.; WANG, G.; WANG, M.; LENG, Y.; LI, Y. Bamboo-inspired lightweight, mechanically-stable and vibration-damping structural members for engineering applications. *Engineering Structures*, [S.l.], v. 314, set. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118339>. Acesso em 16 de ago. 2025.

GUO, Zhiping; HU, Jun; KONG, Zhicheng. On impact loading of Voronoi functional graded porous structure. *Materials Today Communications*, v. 38, mar. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.107765>. Acesso em 16 de ago. 2025.

SILVA, Roberto S.; MIÑANA, Daniele S.; MATHIAS, Isabella L.; EL KADRI, Mohamad S.; OLIVEL JR., Wilson Eduardo C.; RAGGI, Roberta V. CDIO and Biomimicry: a case of study of analysis of the enhanced structural masonry interlock with the nacre interlacing solution, v.1, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5096573>. Acesso em 16 de ago. 2025.

ANGSHUMAN C. Baruah, ANN C. Sychterz. Comparison of computational and experimental dynamic behavior of a meter-scale deployable origami pill bug structure, v.71, jan. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.108033>. Acesso em 16 de ago. 2025.

DU, G. QIAN, Y. Bio-inspired innovations in 3D concrete printing: structures, materials and applications, v.41, dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2024.102459>. Acesso em 16 de ago. 2025.

---

**DADOS CADASTRAIS**

**BOLSISTA:** Maria Beatriz Souza de Oliveira

**MODALIDADE DE BOLSA:** VOLUNTÁRIO (IC)

**VIGÊNCIA:** 04/12/2024 a 31/08/2025 – Total: 9 meses

**ORIENTADOR(A):** José da Silva Andrade Neto

**CENTRO DE ENSINO:** CERES

**DEPARTAMENTO:** Departamento de Arquitetura e Urbanismo

**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Engenharias / Engenharia Civil

**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Reforços Poliméricos Impressos em 3D na Manufatura Aditiva de Matrizes cimentícias: Estudo de Arquiteturas Complexas Inspiradas na Natureza

**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** PVES117-2024