

## **Design Biomimético nos Pavilhões Conceituais de Stuttgart e seus Aspectos de Sustentabilidade**

### ***Biomimetic Design at Stuttgart's Conceptual Pavilions and their Aspects of Sustainability***

**Theska L. F. Soares, Mestre em Design, PPGD/UFPE**

theskalaila7@gmail.com

**Amilton J. V. de Arruda, PhD. em Design, PPGD/UFPE**

arruda.amilton@gmail.com

**Pablo F. M. Bezerra, Mestre em Design, PPGD/UFPE**

pablobezerra88@gmail.com

**Justino Barbosa, Mestrando em Design, PPGD/UFPE**

justinobarbosa@gmail.com

**Paulo Roberto Silva, Mestre em Design – UFPE**

pauloroberto.silva56@gmail.com

#### **Resumo**

Este artigo tem como objetivo elucidar os aspectos da Biomimética, discorrendo sobre sua metodologia mais atual (*Biomimicry DesignLens*); assim como pretende tornar conhecidos os exemplos biomiméticos dos pavilhões conceituais desenvolvidos pela Universidade de Stuttgart, criados com a finalidade de testar novos sistemas espaciais através de módulos construtivos que permitem um alto grau de adaptabilidade e desempenho devido à diferenciação geométrica de seus componentes, utilizando para isto, inovadores processos computacionais de fabricação para testar, simular e aplicar, inclusive através do uso de braços robóticos articulados. Observa-se então, que a inspiração para a configuração destes módulos é embasada em referências da natureza, colaborando para que o uso desta metodologia seja traduzido como uma solução viável para promover um design sustentável, já que as soluções do mundo natural, seja através de formas ou processos, são sempre embasadas na eficiência de recursos.

**Palavras-chave:** Design; Metodologia; Biomimética; Sustentabilidade.

## ***Abstract***

This article aims to elucidate the aspects of Biomimetics, discussing its most current methodology (Biomimicry DesignLens); As well as to make known the biomimetic examples of the conceptual pavilions developed by the University of Stuttgart, created with the purpose of testing new space systems through constructive modules that allow a high degree of adaptability and performance due to the geometric differentiation of its components, using for this, innovative manufacturing computational processes to test, simulate and apply, including through the use of articulated robotic arms. It is observed that the inspiration for the configuration of these modules is based on references of the nature, collaborating so that the use of this methodology is translated as a viable solution to promote a sustainable design, since the solutions of the natural world, either through shapes or processes, are always based on resource efficiency.

**Keywords:** *Design; Methodology, Biomimicry; Sustainability.*

## **1. Introdução**

A genialidade do homem pode fazer inúmeras invenções, abrangendo com vários instrumentos o único e mesmo fim, mas nunca descobrirá uma invenção mais bela, mais econômica ou mais direta que a da natureza, pois nela nada falta e nada é supérfluo. (LEONARDO DA VINCI)

Não é difícil entender o porquê da estratégia de usar a natureza como parâmetro para as soluções humanas, ao se comparar o tempo do surgimento da própria vida na Terra com a existência do homem, observa-se que existe muito mais história a ser contada e analisada antes dele, onde se moldaram todas as demais formas de vida, da menor a maior, da mais forte a mais frágil, da mais simples a mais complexa, cuja maior prova de sucesso adaptativo está no simples fato de existir.

Coletivamente, organismos conseguiram transformar rocha e mar num lar de vida aconchegante, com temperaturas estáveis e ciclos que transcorrem suavemente. Quando se olha atentamente para as estruturas da natureza, se percebe que todas as invenções do homem já existem sob uma forma mais elegante e a um preço bem menor para o planeta. Como bem observou Benyus (1997) p.14:

Nossas vigas e escoras podem ser encontradas nas folhas do nenúfar e nas hastes do bambu; nossos sistemas de aquecimento e ar-condicionado são superados pelos estáveis 30° centígrados do cupinzeiro; nosso radar mais sofisticado é surdo se comparado ao sistema de captação de frequências do morcego. E nossos “materiais inteligentes” não chegam aos pés da pele do golfinho ou da probólide da borboleta. Até a roda, que consideramos criação do homem, foi encontrada no minúsculo rotor que impele o flagelo da bactéria mais antiga do mundo.

Foi em conformidade com estes pensamentos que surgiu a Biomimética, definida por Benyus (1997) como uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os, inspira-se neles ou em seus processos para resolver problemas humanos. Entretanto as soluções encontradas devem ser embasadas na tríade: a natureza como modelo, medida e mentora, cujos princípios serão descritos a seguir:

- a. **A natureza como modelo.** Inspiração e mimese nas soluções da natureza para aplicações práticas;
- b. **A natureza como medida:** Usa o padrão ecológico como parâmetro para as inovações. Após 3,8 bilhões de anos de evolução, a natureza aprendeu aquilo que funciona, é mais apropriado, econômico e durável;
- c. **A natureza como mentora:** Representa uma nova forma de ver e valorizar a natureza, inaugura uma era cujas bases se sustentam não naquilo que se pode extrair da natureza, mas no que se pode aprender com ela.

Como pode ser bem observado, estas últimas abordagens da natureza como medida e mentora apresentam valores que incluem aspectos de sustentabilidade e de respeito à natureza, o que significa a verdadeira revolução desse campo. Apesar de derivar da palavra grega “*Biomimesis*”, onde “*bios*” significa vida e “*mimesis*”, imitação, não se restringe a apenas uma imitação da forma biológica, mas considera também outros fatores, como processos, funções e até mesmo a replicação do comportamento dos organismos biológicos. (SOARES, 2016)

De acordo com Santos (2010), a Biomimética também colabora com a filosofia do design ambiental, que tem a visão multidisciplinar onde muitos setores industriais podem substituir o método tradicional de projeto e produção dos bens de consumo pelo “método” da natureza que é bem mais equilibrado e menos oneroso para o ambiente.

Segundo Soares (2016), ela corresponde também a uma abordagem interdisciplinar que reúne mundos muitas vezes desconectados: natureza e tecnologia, biologia e inovação, vida e design. Na prática, procura trazer a sabedoria da vida testada pelo tempo para trazer informações valiosas em soluções humanas que criam condições favoráveis à vida; soluções sustentáveis por empréstimo de *insights* e estratégias ambientais, ou ainda, procura ser uma conexão que ajuda a encaixar, alinhar e integrar a espécie humana nos processos naturais da Terra, como o que será mostrado mais à frente nos exemplos dos pavilhões conceituais da Universidade de Stuttgart.

## **2. Biomimética: Metodologia e Aspectos de Sustentabilidade**

Mas antes de mostrar os exemplos é importante explicar sobre uma das mais recentes metodologias – A Biomimética -, um projeto idealizado por *Janine Benyus* junto com a pesquisadora *Dayna Baumeister* e sua equipe, onde sistematizou a metodologia chamada ***Biomimicry DesignLens***, descrita na publicação *Biomimicry Resource Handbook, a seed bank of knowledge and best practices*, fruto do esforço e dedicação de quase 20 anos, documentando descobertas e transmitindo ensinamentos neste tema. Este conteúdo também está acessível no canal online do ***Biomimicry Institute 3.8***, um site que disponibiliza conteúdos, reúne pessoas envolvidas com o tema, divulga concursos, workshops, palestras, cursos de especialização e que também possui diversas parcerias com Universidades.

Desde 1998 esta metodologia vem sendo desenvolvida e aprimorada. Para facilitar o seu entendimento, seus conteúdos foram sintetizados no formato de diagramas, neles são explorados os principais componentes da sua abordagem: ***Essencial Elements, Life’s Principle e Biomimicry Thinking***:

Os 3 Elementos Essenciais (*Essencial Elements*) são *Ethos*, (*Re*)*Connect* e *Emulate*. *Ethos*, constitui a essência da ética, das intenções e da filosofia subjacente para praticar biomimética, representa o respeito, responsabilidade e gratidão da espécie humana pelas demais espécies e pelo planeta; (*Re*)*Connect*, reforça o entendimento de que, apesar de separadas, as pessoas e a natureza na verdade estão profundamente interligadas, o homem faz parte da natureza, uma prática e uma mentalidade de reconexão do humano com o meio natural; e *Emulation* representa os princípios, padrões, estratégias e funções encontradas na natureza que podem inspirar o design, é sobre ser pró-ativo na realização da visão dos seres humanos se encaixando de forma sustentável na Terra. (BAUMEISTER *et al*, 2012 apud SOARES, 2016).

A **Figura 1** apresenta dois importantes diagramas apresentando os *Princípios da Vida* (*Life's Principles*) que correspondem as lições de design da natureza, estratégias que têm garantido a sobrevivência da vida na terra. Tais podem ser usadas como parâmetros sustentáveis que permitem utilizar a genialidade da natureza como ideais a serem conquistados nas inovações. Numa fase de avaliação, estes princípios podem ser usados como forma de medir a sustentabilidade das criações. (BAUMEISTER *et al*, 2012 apud SOARES, 2016).

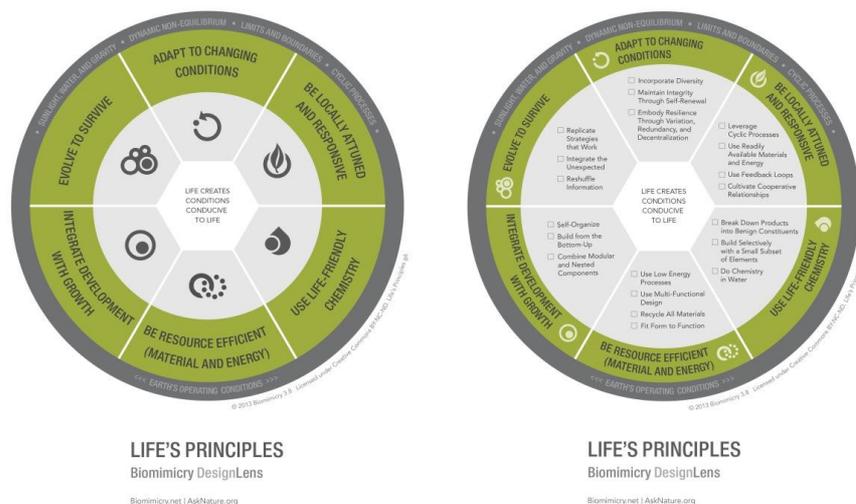


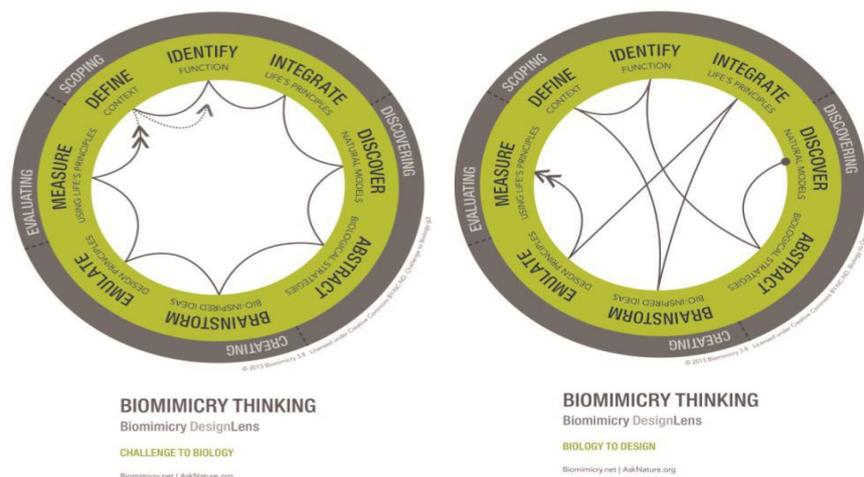
Figura 1: Diagramas dos Princípios da vida. Fonte: BAUMEISTER *et al*, 2012.

Rattes (2015) apud Soares (2016), apresenta uma tradução mais detalhada para estes Princípios. São eles:

- 1- **Evoluir para sobreviver:** envolve estratégias de gerenciamento de informações. Listando: datar estratégias; identificar abordagens de sucesso anteriores; identificar erros; integrar soluções alternativas a um mesmo problema; e evoluir as abordagens criando novas opções de soluções;
- 2- **Adaptar-se às condições de mudanças:** inclui soluções que permitam resiliência, redundância e descentralização do sistema. Permite a adição de energia e matéria, desde que voltado para reparar/sanar e melhorar o desempenho do sistema. Incorpora a diversidade que o rodeia (estudar processos, funções e formas para prover um melhor funcionamento);

- 3- **Ser atento e responsivo a questões locais:** usa materiais de fácil acesso (local e energético); cultiva processos de cooperação mútua, onde todos ganham; tira proveito de fenômenos locais que se repetem (clima, ciclos, etc.); inclui o fluxo de informações em processos cíclicos, nunca lineares;
- 4- **Usar química amigável à vida:** usa poucos elementos de uma forma elegante; usa química favorável a vida, ou seja, evita produtos tóxicos; usa água como solvente;
- 5- **Ser eficiente em recursos (materiais e energia):** integra múltiplas necessidades em soluções elegantes (evita desperdício); minimiza o consumo energético; busca fontes renováveis; gerencia o uso de materiais em ciclo, ou seja, planeja o ciclo de vida. Segundo este preceito, a forma deve seguir o desempenho pretendido;
- 6- **Integrar conhecimento e crescimento:** combina elementos modulares e sistemas que evoluem do simples para o complexo; compreende o funcionamento do todo e também dos pequenos componentes e sistemas que o compõe; cria condições para que os componentes interajam de uma forma que o todo consiga ter propriedades de auto-organização.

Por fim, os últimos diagramas se referem ao **Biomimicry Thinking**, considerado como método ou ferramenta para ajudar as pessoas a praticarem biomimética ao projetar qualquer coisa. Há quatro fases em que esta lente biomimética fornece valor para o processo de design (independente da disciplina em que se integra): **escopo, descobrir, criar e avaliar**. Seguindo os passos específicos dentro de cada fase, isto vai ajudar a integrar com sucesso as estratégias da vida com os designs produzidos. Existem dois diagramas com os caminhos para o uso deste método (**Figura 2**), um chamado **“Desafio para a Biologia”**, quando já tiver um problema específico a ser resolvido; e o outro chamado **“Biologia para o Design”** quando a partir de uma investigação na natureza se identifica uma oportunidade para aplicação. (BAUMEISTER *et al*, 2012 apud SOARES, 2016)



**Figura 2:** Diagramas **Biomimicry Thinking**, “Desafio para a Biologia”, à esquerda e “Biologia para o Design”, à direita. (Fonte: BAUMEISTER *et al*, 2012)

No “**Desafio para a Biologia**”, se busca na natureza referências para solucionar esse problema, como por exemplo: Locomoção, aderência, etc. É útil para uma configuração "controlada", como uma sala de aula, ou para criação num processo colaborativo. Suas etapas seguem uma ordem de sentido horário no diagrama e serão descritas a seguir:

- 1- **Definir Contexto** - Especificar o desafio e as condições de funcionamento;
- 2- **Identificar a Função**- Determinar quais a função-chave o projeto deve executar. O que é preciso fazer?
- 3- **Integrar os Princípios da Vida** – Comprometer-se a incorporar os princípios da vida às exigências do projeto.
- 4- **Descobrir Modelos Naturais** - Encontrar organismos ou ecossistemas que evoluíram estratégias para resolver as funções necessárias;
- 5- **Abstrair Estratégias Biológicas** – Determinar o mecanismo por trás das estratégias dos organismos e traduzir isto num princípio de design. Dica: remover referências biológicas;
- 6- **Debater ideias Bio-inspiradas** – Pensar em várias ideias de como aplicar os princípios de design para resolver o desafio;
- 7- **Emular Princípios de Design** – Aprimorar em as melhores idéias do debate e desenvolver um conceito de design. Considerando aspectos de escala, e se pode ir além, emulando formas para também melhorar processos e ecossistemas;
- 8- **Medir usando Princípios da Vida** – Avaliar o projeto usando os princípios da vida como um *checklist*.

Já a “**Biologia para o Design**” é mais adequada quando o processo inicia com uma visão biológica inspiradora, como por exemplo, quando ao pesquisar sobre “cobras” se identifica o potencial de uso do sistema de locomoção delas em um sistema artificial. Considera-se uma ordem diferente das etapas no diagrama, como observa-se a seguir:

- 1- **Descobrir Modelos Naturais** - Encontrar organismos ou ecossistemas inspiradores e aprender suas estratégias únicas para a sobrevivência.
- 2- **Abstrair Estratégias Biológicas** – Determinar o mecanismo por trás das estratégias dos organismos e traduzir isto em um princípio de design. Dica: remover referências biológicas;
- 3- **Identificar a Função** – Usando a estratégia e o seu princípio de design como um guia, definir qual função está sendo atendida. Dica: a função deve ser a mesma para ambos;
- 4- **Definir Contexto** - Especificar as circunstâncias em que é necessária essa função. Quem precisa fazer o que este organismo ou ecossistema está fazendo?
- 5- **Debater ideias Bio-inspiradas** – Pensar em ideias de como combinar o contexto, função e o princípio de design para solucionar o desafio;
- 6- **Integrar os Princípios da Vida** – Considerar as ideias que incorporem os princípios da vida na solução;
- 7- **Emular Princípios de Design** – Aprimorar em as melhores idéias do debate e desenvolver um conceito de design. Considerando aspectos de escala, e se pode ir além, emulando formas para também melhorar processos e ecossistemas;

- 8- **Medir usando Princípios da Vida** – Avaliar o projeto usando os princípios da vida como um *checklist*.

### **3. Os Pavilhões Conceituais da Universidade de Stuttgart: Biomimética e Sustentabilidade**

Para ilustrar a pesquisa das analogias naturais, Soares (2016) exemplifica a união da Biomimética com a tecnologia de ponta num contexto mais recente através dos Pavilhões conceituais desenvolvidos pelo *Instituto de Design Computacional (ICD)* e o *Instituto de Estruturas de Construção e Design Estrutural (ITKE)* da **Universidade de Stuttgart** (ALE) sob a tutela do professor **Achim Menges**, cujo projeto representa uma série de pesquisas bem-sucedidas que demonstram o potencial do uso de novos métodos computacionais de projeto e simulação, juntamente com métodos de fabricação controlados por computador. Através da construção de modelos projetados e realizados por estudantes e pesquisadores dentro de uma equipe multidisciplinar de arquitetos, engenheiros, biólogos e paleontólogos, teve o objetivo de demonstrar a integração da capacidade performativa das estruturas biológicas na concepção arquitetônica com o uso de técnicas avançadas de fabricação, como o uso da robótica.

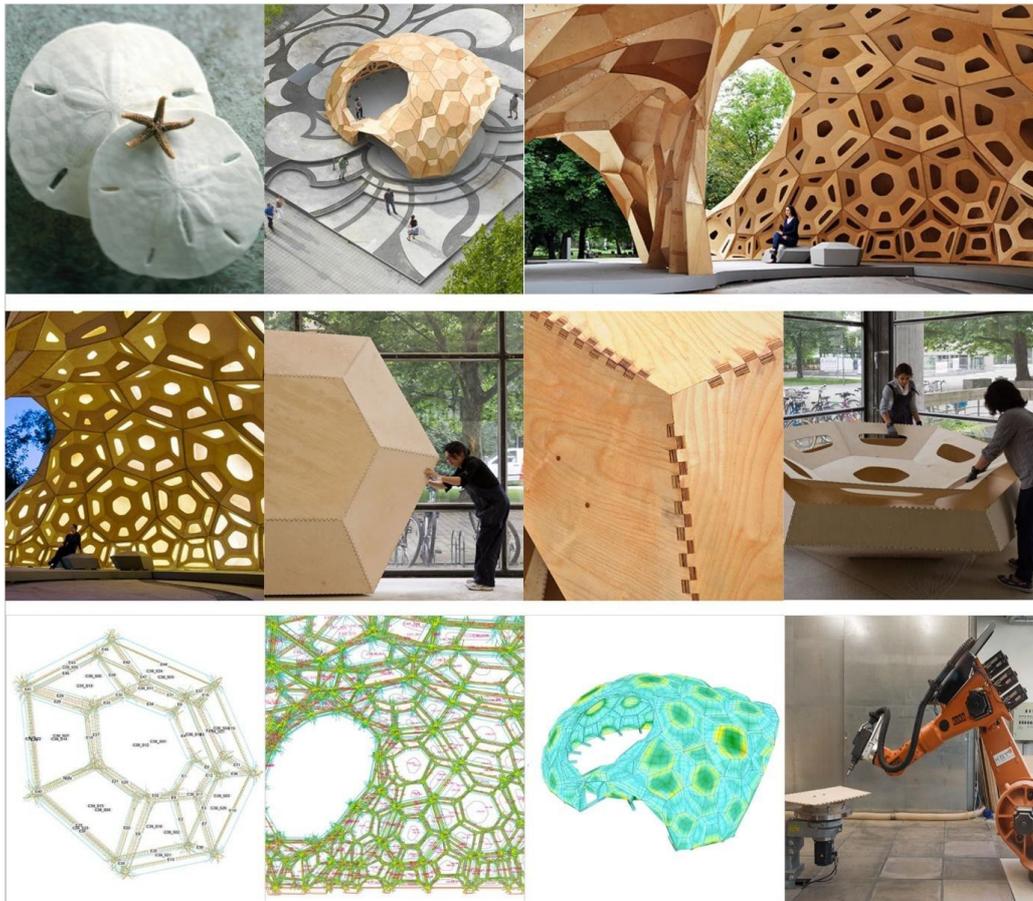
#### **3.1 ICD/ITKE Research Pavilion 2011**

Neste primeiro pavilhão foram realizadas diversas análises de diferentes estruturas biológicas, e selecionada a morfologia do esqueleto da **bolacha-do-mar** (*Echinoidea*) como referência para a estrutura realizada (**Figura 3**).

A concha esquelética do animal é um sistema modular de placas poligonais, que são ligadas entre si nas bordas por protuberâncias de calcita em *zigue-zague*. A alta capacidade de carga é conseguida pela disposição geométrica particular das placas e seu sistema de junção. Sendo assim, foi identificado que serve como um modelo mais adequado para conchas feitas de elementos modulares pré-fabricados.

O material escolhido foi a lâmina de madeira e da mesma forma as juntas em *zigue-zague* tipicamente usadas em marcenaria como elementos de conexão podem ser vistas como o equivalente técnico das protrusões encontradas na referência.

O projeto também queria testar os sistemas espaciais e estruturais resultantes em grande escala, por isto focou no desenvolvimento de um sistema modular que permite um alto grau de adaptabilidade e desempenho devido à diferenciação geométrica de seus componentes através do uso de braços robóticos articulados na fabricação desses módulos construtivos.



**Figura 3: ICD/ITKE Reserch Pavilion 2011 do professor Menges (Stuttgard/ALE) baseado na bolacha- do mar. Fonte: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=6553>**

### **3.2 HygroSkin - Meteorosensitive Pavilion (2013)**

Este segundo projeto explora um novo modo de arquitetura sensível ao clima, usando apenas a capacidade responsiva do próprio material, inspirado pelo movimento natural das *Pinhas*. Ao contrário de outros movimentos de plantas que são produzidos por mudanças de pressão de célula ativa, este movimento ocorre através de uma resposta passiva às mudanças de umidade, portanto, não requer qualquer sistema sensorial ou função motora e é independente de qualquer função metabólica, portanto, não consome energia. Aqui, a capacidade responsiva é intrínseca ao comportamento higroscópico do material e às suas próprias características anisotrópicas. A anisotropia denota a dependência direcional das características de um material. A higroscopicidade refere-se à capacidade de uma substância absorver a umidade da atmosfera quando seca e produzir umidade para a atmosfera quando molhada, mantendo assim um teor de umidade em equilíbrio com a umidade relativa circundante.

Dessa forma, a instabilidade dimensional da madeira em relação ao teor de umidade é empregada para construir uma pele arquitetônica sensível às condições climáticas que abre e fecha autonomamente em resposta às mudanças de tempo, sem desperdício de energia operacional nem qualquer tipo de controle mecânico ou eletrônico. Dentro da superfície côncava profunda de cada módulo fabricado roboticamente foi colocada uma abertura sensível ao tempo. A programação material do comportamento de resposta à umidade dessas aberturas abre a possibilidade de uma arquitetura de impressionante simplicidade, mas ecologicamente integrada, em feedback constante e interação com seu ambiente circundante. A pele responsiva composta de madeira ajusta a porosidade do pavilhão em resposta direta às mudanças na umidade relativa do ambiente. Desta forma, o movimento das finas lâminas de madeira disposta nesta abertura está enraizado na capacidade intrínseca do material de interagir com o ambiente externo e mostra como um tecido estruturado pode responder passivamente a estímulos ambientais: abrindo (quando seca) e fechando (quando molhado). A mudança dimensional diferencial resultante das camadas se traduz em uma mudança de forma da escala, fazendo com que as lâminas finas se abram ou fechem, ampliando o as formas de uso desta pesquisa inovadora num grande leque de oportunidades. (Figura 4)



**Figura 4: HYGROSKIN, Meteorosensitive Pavilion do professor Menges (Stuttgart/ALE) baseado na respiração natural das pinhas. Fonte: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=9869>**

### 3.3 ICD/ITKE Research Pavilion 2014-2015

Este terceiro exemplo teve referência no ninho subaquático da *aranha d'água*, que constrói uma bolha de ar dentro da água, reforçada sequencialmente por um arranjo hierárquico de fibras das teias dentro da estrutura, fazendo uma construção estável que pode suportar tensões mecânicas, como a mudança de correntes de água, garantindo um habitat seguro e estável para ela. Este processo de produção natural mostra como as estratégias de fabricação adaptativas podem ser utilizadas para criar estruturas reforçadas com fibras eficientes. Através de um novo processo de fabricação robótica um molde pneumático inicialmente flexível é gradualmente reforçado com fibras de carbono a partir do interior. A concha resultante de uma fibra leve forma um pavilhão com qualidade arquitetônica singular, sendo ao mesmo tempo uma estrutura altamente eficiente em termos de material. (Figura 5)

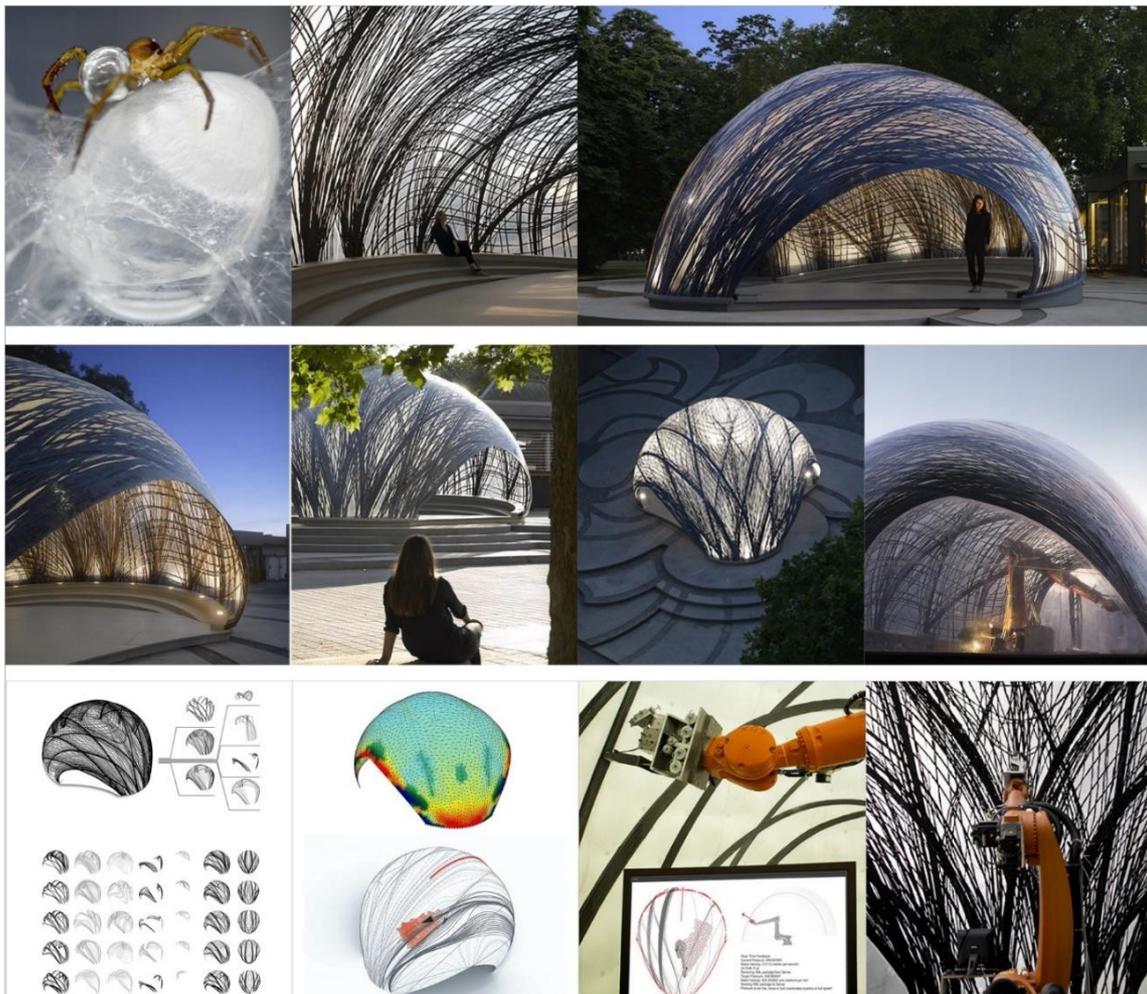


Figura 5: ICD/ITKE Reserch Pavilion 2014-2015 do professor Menges (Stuttgart/ALE) baseado no ninho subaquático da aranha d'água. Fonte: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=12965>

### 3.4 ICD/ITKE Research Pavilion 2015-2016

O quarto e último Pavilhão apresentado é o primeiro a empregar costura industrial em lâminas finas de compensado de madeira através da robótica em uma escala arquitetônica. A referência natural utilizada foi o *ouriço-do-mar* em que se concluiu que a leveza do seu esqueleto depende também da geometria do sistema de dupla camada e da diferenciação dentro do material. Além disto, as placas de algumas espécies são conectadas através de elementos fibrosos, além das articulações de *zigue-zague*. Isto desempenha um papel importante na manutenção da sua integridade durante exposição a forças externas e durante seu crescimento. De maneira bem inovadora, a introdução de métodos de conexão têxtil na construção de madeira permitiu cascos de madeira segmentados extremamente leves e com boa performance. (Figura 6)



Figura 6: ICD/ITKE Research Pavilion 2015-2016 do professor Menges (Stuttgart/ALE) baseado no esqueleto do ouriço-do-mar. Fonte: <http://icd.uni-stuttgart.de/?p=16220>

#### 4. Considerações Finais

Utilizar referências da natureza se traduz em uma maneira eficaz de projetar, pois de fato possui expertise comprovada dentro do próprio processo evolutivo, onde o que existe é fruto de uma seleção natural que há anos fez sobreviver o que realmente funciona de maneira equilibrada para o planeta. Além disso, a metodologia do *Biomimicry Thinking DesignLens* apresenta um grande foco na sustentabilidade, já que tudo criado com este método deve ser avaliado segundo o crivo dos Princípios da Vida (*Life's Principles*).

Observa-se que os exemplos biomiméticos dos Pavilhões da Universidade de Stuttgart apresentam analogia com essa eficaz natureza, resultando em módulos construtivos com grande fator de inovação, seja através de novos e mais eficazes materiais e processos de construção, com a criação de estruturas mais leves, articuladas, flexíveis e de alta performance, ou mesmo pela incorporação de ferramentas tecnológicas que possibilitam a tradução de formas mais orgânicas, facilitando a concepção destes novos modelos baseados em referências naturais através de softwares e maquinário controlados por computador para a construção, teste e avaliação de modelos em maior consonância com a sustentabilidade, ampliando as possibilidades de novas aplicações em escala.

Disseminar tais conceitos, métodos e exemplos demonstram o quão promissor podem ser novos estudos neste sentido e de como é importante estimular este pensamento, seja nas escolas de Design, Arquitetura ou Engenharias, com o intuito de comprovar que embora existam outros caminhos, projetar se guiando pela natureza, contribui para se obter soluções ótimas num cenário de urgência em sustentabilidade.

#### Referências

BAUMEISTER, Dayna; BENYUS, Janine; DWYER, Jamie; RITTER, Sherry; TOCKE, Rose. **Biomimicry resource handbook, a seed bank of knowledge and best practices**. Missoula MT/USA: Biomimicry 3.8, 2012.

BENYUS, J. M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. 6ª ed. São Paulo: Ed. Pensamento- Cultrix, 1997.

RATTES, Rafael. **Biomimética aplicada ao Metadesign: Geração de máquinas abstratas com base no estudo do mandacaru**. 2015. 96 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Departamento de Design do Centro de Artes de Comunicação.

SANTOS, C. **O desenho como processo de aplicação da biomimética na arquitetura e no design**. Revista TÓPOS. V. 4, Nº 2, p. 144 – 192. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.

SOARES, Theska. **A Biomimética e a Geodésica de Buckminster Fuller: Uma Estratégia de Biodesign**. 2016. 315 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Departamento de Design do Centro de Artes de Comunicação.

VINCI, Leonardo Da. **Da Vinci por ele mesmo**/tradutor Marcos Malvezi. São Paulo: Madras, 2004.