

# ECOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS, UM CAMINHO EFICIENTE PARA A SUSTENTABILIDADE

*BIOMIMETICS ECO MATERIALS, AN EFFICIENT WAY TO SUSTAINABILITY*

---

Theska Soares, M.Sc. (UFPE)  
Amilton Arruda, PhD (UFPE)

## Palavras Chave

Biomimética; Ecomateriais; Design; Sustentabilidade

## Key Words

*Biomimicry; Eco Materials; Design; Sustainability*

## RESUMO

Este artigo tem o intuito de demonstrar como a Biomimética colabora na criação de novos materiais eco-eficientes e inovadores através da análise de alguns exemplos, tais como: os materiais hidrofóbicos e autolimpantes baseados na planta Lótus, dando origem a tintas e revestimentos que não se molham nem se sujam; materiais hidrodinâmicos baseados na pele do tubarão que deram origem a tecidos que diminuem o atrito e aumentam o desempenho de atletas de natação; materiais aderentes baseados nas batas da lagartixa, que possibilitam superfícies super aderentes de fixação de carpete sem necessidade de colas; materiais para captação de água baseados no besouro da Namíbia, que possibilitam produtos como o Warka Water capaz de armazenar água do ar atmosférico em regiões de escassez; e por fim, materiais despoluentes e autolimpantes baseado na fotossíntese das folhas, que permitem o revestimento de módulos construtivos em fachadas capaz de ajudar a despoluir vias de grande fluxo de passagem de carros. Tal enfoque coloca em evidência a utilização da natureza como fonte de inspiração para criação destes novos materiais e demonstra o grande potencial de aplicação destes em projetos de Design e Arquitetura, evidenciados nestes exemplos que estão em grande consonância com o cenário de sustentabilidade.

## ABSTRACT

*This paper aims to demonstrate how Biomimicry collaborates in the creation of new eco-efficient and innovative materials through the analysis of some examples, such as the hydrophobic and self-cleaning materials based on the Lotus plant, giving rise to paints and coatings that do not wet or get dirty; Hydrodynamic materials based on the skin of the shark that gave rise to tissues that diminish the friction and increase the performance of swimming athletes; Adhesive materials based on the gecko gowns, which allow super adhering surfaces of carpet fastening without the need for glues; Water abstraction materials based Namibian beetle, that enable products such as Warka Water to store water from atmospheric air in regions of scarcity; And finally, self-cleaning and de-polluting materials based on the photosynthesis of the leaves, which allow the coating of constructive modules on facades capable of helping to decontaminate high-flow pathways of cars. This approach highlights the use of nature as a source of inspiration for the creation of these new materials and demonstrates the great potential for their application in Design and Architecture projects, evidenced in these examples that are in great harmony with the sustainability scenario.*

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da Humanidade é possível constatar a aplicação de soluções biológicas em diferentes períodos, e em diversas áreas tais como na ciência, tecnologia, arquitetura, arte, design, engenharia, medicina, e também na engenharia de materiais dentre outras áreas. Essa inspiração na natureza tem gerado uma série de invenções que tem possibilitado um grande número de inovações e de recursos no decorrer do tempo.

Para se ter uma ideia do potencial de aprendizagem com essa multidão de organismos na natureza, Benyus (1997) relembra que basta observar os feitos incríveis de: algas bioluminescentes, que combinam substâncias para abastecer suas lanternas orgânicas; peixes e rãs das regiões árticas que se congelam e tornam a surgir para vida sem danos causados pelo gelo em seus órgãos; ursos pardos que hibernam em invernos inteiros sem se envenenarem com a própria ureia; ursos polares que se protegem do frio através de uma camada de pelos transparentes que funcionam como as vidraças de uma estufa; abelhas, tartarugas e pássaros que se locomovem sem mapas; baleias e pinguins que mergulham no fundo das águas sem equipamento de mergulho; libélulas que excedem a capacidade de manobra dos melhores helicópteros; formigas que conseguem carregar o equivalente a centenas de quilos; beija-flores que cruzam o golfo do México com o equivalente a 3ml de combustível, etc.

Embora todo este conhecimento tenha existido ao longo da evolução da vida na Terra, apenas uma pequena parcela disso tem sido aproveitada, existindo uma grande parte ainda desconhecida e negligenciada a ser desbravada. Através de um olhar atento às soluções da natureza, existem uma infinidade de bons exemplos de eco eficiência, através de organismos que constroem com o mínimo de desperdício de materiais e energia, e que ainda coexistem em harmonia com a biosfera. Evidenciar esta nova forma de perceber a natureza é bem diferente da ideia de exploração a que geralmente o homem a tem associado.

Portanto, observando como a natureza opera na criação das suas espécies, sejam vegetais, animais ou minerais, pode-se transpor este mesmo método no desenvolvimento de produtos, sistemas, construções e até mesmo serviços, pois os “critérios” observados nos seres vivos mais adaptados, podem servir de base para o desenvolvimento de soluções mais eficientes. (BENYUS, 1997)

Algumas pesquisas recentes sobre o universo da Biomimética têm gerado conhecimento e novos materiais que se baseiam em analogias com o mundo natural e que estão sendo aplicados em produtos inovadores, como será

mostrado no exemplo da tinta Lotusan, no tecido FastSkin, nos módulos construtivos Prossolve, nos adesivos TacTiles, na tela de captação de água do projeto Warka.

## 2. BIOMIMÉTICA E ECOMATERIAS

Uma grande entusiasta e disseminadora destas estratégias nos dias atuais é a bióloga e pesquisadora americana Janine Benyus que há quase 20 anos têm procurado difundir os princípios da Biomimética, definida por ela como uma nova ciência que estuda modelos, princípios e processos da Natureza e depois imita-os ou inspira-se neles para a resolução de problemas humanos. (BENYUS, 1997)

Embora utilizar a Natureza como referência para as criações não é algo propriamente novo, basta lembrar das invenções de Leonardo da Vinci, o movimento do Art Nouveau, ou mesmo das inspirações arquitetônicas de Gaudí. Ao longo da história, muitos são os casos de inspiração na natureza, desde os primórdios, o homem sempre a observou e aprendeu dela, mas durante esse processo de “evolução” de conhecimento, de desenvolvimento tecnológico e de sistemas financeiros, este aprendizado foi se tornando uma realidade cada vez mais distante e foi dando lugar a uma ação mais devastadora, a exploração, e isto tem desencadeado uma série de outros problemas que interferem não apenas no bem estar do homem, mas no de todo o ecossistema, o qual está incluído e dele é dependente.

Manzini e Vezzoli (2002), apontam a educação ambiental como sendo um pilar do desenvolvimento sustentável, pois contribui para integrar a humanidade no ambiente e desperta nos indivíduos e grupos sociais organizados o desejo de participar na construção da sua cidadania.

A boa notícia é que recentemente, muitas vezes têm se juntado à esta causa de resgatar este olhar consciente para a genialidade da vida, buscando parcimônia no uso dos recursos e se inspirando na natureza para suas inovações. Como diria Benyus (1997), é a redescoberta e a liberação de uma fonte esquecida que faz jorrar novas esperanças sobre problemas que antes eram até considerados insolúveis.

Este contexto tem muitas relações com a produção de ecomaterias, como visto nas investigações desenvolvidas pela Escola d'Arquitetura de Barcelona da Universidade Internacional da Catalunia, que tem produzido uma série de pesquisas centradas na questão dos eco-materiais sob a tutela do Arquiteto Ignasi Perez Arnal. Em seu livro: “Eco Productos, en la arquitectura e el diseño” (ARNAL, SAUER et al., 2008) ele descreve em linhas gerais os 10 itens que permitem um bom enquadramento da problemática dos ecomateriais, são eles:

- **Material Absorvente de CO<sup>2</sup>:** A escolha de um material que participe ativamente na solução de uns dos mais complicados problemas atuais. A mitigação do aquecimento global é a melhor opção que a construção pode dar ao meio ambiente.
- **Material Sustentável:** Utilizar as matérias-primas que a natureza nos oferece de maneira inesgotável, não condicionamos o futuro das nossas reservas.
- **Materiais Recicláveis:** O destino de um material reciclável encontrasse na reutilização, não acaba no aterro.
- **Material Reciclado:** Evita a contaminação e o consumo de energia necessários para a nova fabricação do mesmo material, conseqüentemente se reduz a quantidade de resíduos.
- **A Pureza Compositiva:** Quanto mais matérias-primas sejam necessárias para obter um material, mais complicada se torna a sua separação e a sua reciclagem.
- **Energia Incorporada:** Para além dos custos energéticos iniciais (extração, transporte, fabricação...), é importante compreender a dependência energética do material ao longo do seu ciclo de vida (inércia térmica; manutenção, rupturas e desgaste; possibilidade de ser reciclado ou reutilizado).
- **Grau de Industrialização:** Apenas para projetos de muito pequena escala se justifica a utilização de um material artesanal que exija muita mão-de-obra e a utilização intensiva de recursos em obra (água e energia). Em todos os demais projetos dever-se utilizar materiais industriais onde existe um consumo controlado de recursos e energia.
- **Materiais saudáveis:** Evitar o uso de produtos que possam afetar a saúde do fabricante, do utilizador e do trabalhador no processo de reciclagem. Principalmente no que se refere a partículas tóxicas ou cancerígenas.
- **Exigências de manutenção:** Materiais com baixa manutenção favorecem o conforto do utilizador e diminuem a utilização de pinturas, lubrificantes e vernizes.
- **Materiais com certificação ecológica:** Poucos materiais têm certificação que garanta uma boa utilização dos recursos, os que a têm merecem um tratamento privilegiado.

### 3. BIOMIMÉTICA NA GERAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS E SEUS EXEMPLOS DE DESIGN SUSTENTÁVEL

Soares (2016) destaca os tipos mais recorrentes de analogia com o mundo natural utilizados no processo de Biomimética, onde a mais fácil de perceber é a Analogia

Morfológica, definida por Bonsiepe (1982) como a busca experimental de modelos elaborados da tradução das características estruturais e formais para transpor em projetos. Sendo assim, este tipo de analogia procura estudar e analisar o porquê da forma natural, as inter-relações da sua geometria, observando e compreendendo suas texturas, características do Shape (forma externa), das partes e componentes, dos detalhes de alguma parte a nível macro ou microscópico, assim como, para as suas formas estruturais.

Neste sentido Versos (2010) traz um bom exemplo de Analogia Morfológica com o Trem-bala Shinkansen desenvolvido pelo engenheiro Eiji Nakatsu (Figura 1). O projeto tem como referência a forma do bico alongado do pássaro Martim-Pescador, que facilita o mergulho sem espirrar água em busca de sua refeição. Visando solucionar um dos grandes problemas do trem bala que era a vibração e o barulho, o engenheiro buscou inspiração no formato do bico deste pássaro, resultando numa melhora significativa com ganho de 10% mais rapidez, consumindo 15% menos energia, e ainda, reduzindo a pressão do ar em 30% em relação ao modelo anterior.

Figura 1: SHINKANSEN (Japão), trem bala de alta velocidade mais rápido do mundo, redesenhado tendo como base o bico de um Martin-pescador.



Fonte: Soares, 2016

Já a Analogia Funcional procura estudar sobre o funcionamento do sistema físico e mecânico natural; tenta

compreender quais funções desempenham tanto no todo, quanto em suas partes e componentes, em que são evidenciados os atributos funcionais, qualidades específicas (não morfológica) que se pode mimetizar da estrutura natural analisada, uma vez que os organismos naturais desenvolveram habilidades complexas e altamente adaptáveis, se pode identificar essas aptidões funcionais e aplicá-las em artefatos artificiais. Enquanto morfológicamente as analogias são limitadas, funcionalmente podem ser múltiplas. (SOARES, 2016)

Então, muitas pesquisas têm sido geradas através de parcerias com departamentos de biologia para adquirirem informações específicas de características do mundo natural, um exemplo é o trabalho de Liua & Jiang (2011) que apresentam no quadro 1 as funções de alguns organismos vivos que podem orientar a geração de ideias para solução de problemas projetuais por analogia no design.

A grande vantagem da Analogia Funcional é que a identificação destas funções permite a aplicação da estratégia encontrada em mais de um tipo de artefato, gerando mais soluções de um mesmo estudo. A seguir, serão apresentados alguns exemplos de ecomateriais biomiméticos e suas respectivas referências do mundo natural.

### 3.1 Ecomateriais hidrofóbicos e autolimpantes

No estudo da planta Lótus, o pesquisador Barthlott identificou as funções de repelir a água e autolimpeza das suas superfícies. Isto acontece devido ao ângulo formado pelas suas micro e nanoestruturas cerosas, que impedem o contato com a água, fazendo-a rolar e formar gotas que vão recolhendo a sujeira pelo caminho. Através disto, se constatou que superfícies ásperas em nano escala são mais hidrofóbicas que superfícies mais lisas. Na folha de Lótus, a área de contato real é de apenas 2-3% da superfície das gotas.

Tal analogia funcional gerou vários materiais, aplicados comercialmente em produtos como a tinta Lotusan (Figura 2) e também através de sprays (BASF Lotus Spray) para as indústrias têxteis, de madeira e vidro, simulando o mesmo efeito da planta. Na tinta, ao criar micro saliências, ela repele a água, se auto limpando e resistindo a manchas durante décadas. Desta forma, apesar de se replicar estas microestruturas, os artefatos gerados não se referem a forma das folhas em si e sim a função identificada de hidrofobia e autolimpeza. (VERSOS, 2010)

Quadro 1: Tabela de organismos naturais e suas respectivas funções.

BIOLOGICAL MATERIAL	FUNCTIONS	AUTHORS
BUTTERFLY WING	Super-hydrophobicity Directional adhesion Structural color Chemical self-cleaning.	Y.M.Zheng, X.F. Gao, L. Jiang (2007) O. Sato, S. Kubo, Z.Z.Gu, Acc. Chem (2009)
NACRE	Mechanical properties, Structural color	X.F. Gao, X. Yan, X. Yao, L. Xu, K. Zhang, J. H. Zhang, B. Yang, L. Jiang (2007) G. Mayer (2005)
CIGARETTE WING	Anti-reflection Super-hydrophobicity	T.L. Sun, L. Feng, X.F. Gao, L. Jiang (2005)
SPIDER SILK	Mechanical properties of shrinkage Adhesiveness Elasticity	Y.M.Zheng, H. Bai, Z.B. Huang, X.L. Tian, F.Q. Nie, Y. Zhao, J. Zhai, L. Jiang (2010) N. Becker, E. Orudjev, S. Mutz, J.P. Cleveland, P.K. Hansma, C.Y. Hayashi, D.E. Makarov, H.G. Hansma (2003) B.O. Swanson, T.A. Blackledge, C.Y. Hayash (2007)
THE LEG OF THE PASSOLARGO IN WATER	Durable Sturdy Super-hydrophobicity	X.F. Gao, L. Jiang (2004)
ROSE PETAL	Super-hydrophobicity, Structural color, High adhesion	L. feng, Y.A. Zhang, J.M. Xi, Y.Zhu, N. Wang, F. Xia, L. Jiang (2008) L. Feng, Y.A. Zhang, M.Z. Li, Y.M. Zheng, W.Z. Shen, L. Jiang (2010) B. Bhushan, E.K. Her (2010)

Fonte: Soares, 2016

Figura 2: LOTUSAN (Alemanha), tinta que repele a água e resiste a manchas durante décadas, inspirada nas microestruturas das folhas de lótus.

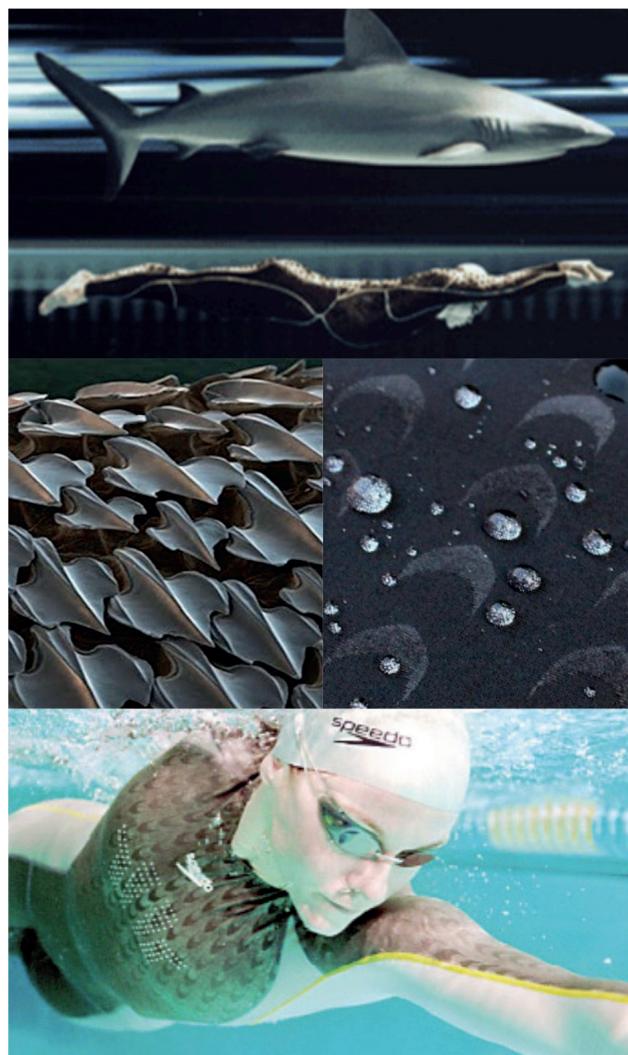


Fonte: Soares, 2016

### 3.2 Ecomateriais hidrodinâmicos

Outro exemplo de ecomaterial surgiu da pesquisa das escamas da pele do tubarão, responsável pelo desempenho da sua agilidade na água. Segundo especialistas, a água desliza através das micro ranhuras da pele do animal reduzindo o atrito. O resultado deste estudo deu origem a um tecido chamado Fastskin (da empresa Speedo), hoje já utilizado em roupas de natação dos campeões olímpicos (Figura 3). A textura destas vestimentas se baseia nos “denticulos” da pele do tubarão. Este formato as vantagens de redução da resistência passiva em cerca de 4% e também da vibração muscular, aumentando a velocidade e o desempenho dos atletas. (VERSOS, 2010)

Figura 3: FASTSKIN da Speedo, roupa de banho para competição de natação que imita a função de eficiência hidrodinâmica da pele de tubarão, resultando na redução do atrito e consequente aumento de velocidade.



Fonte: Soares, 2016

Nos tubarões estas micro escamas também impedem a fixação de pequenos crustáceos e de algas, uma inspiração para revestimentos sintéticos que poderão ser aplicados nos cascos de navios a fim de reduzir o atrito, poupando energia e também esse inconveniente biológico que provoca manutenções, o que comprova mais uma vez que a analogia funcional pode gerar aplicação em diversos artefatos e não se limita apenas na forma do animal investigado, mas na função que foi identificada e que se deseja replicar.

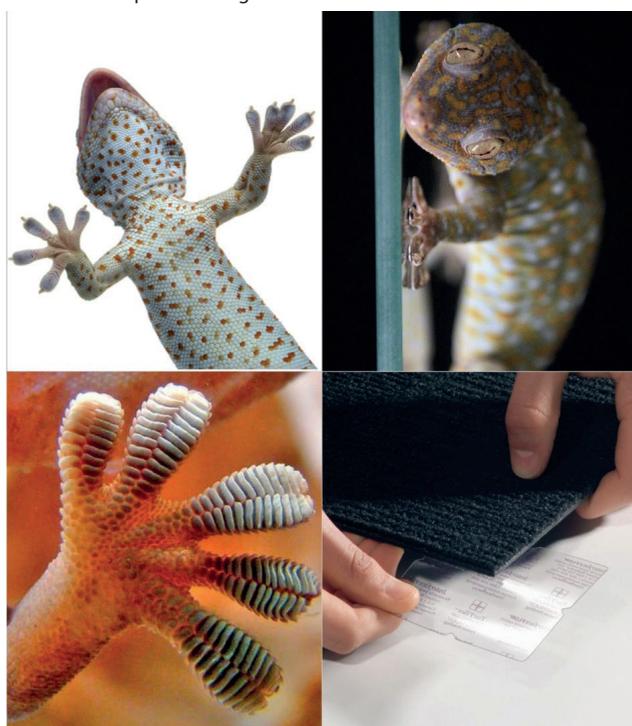
### 3.3 Ecomateriais aderentes

Outro exemplo de ecomaterial biomimético tem como referência a pata da Lagartixa. Uma característica intrigante deste animal é o seu caminhar sem esforço em paredes e tetos. Isto acontece devido a função de

extraordinária aderência encontradas nos pêlos das suas patas, causada pela força intermolecular encontrada nos micro e nanopêlos que ligam as moléculas destes às moléculas da superfície em que se apóiam, permitindo que se grudem até mesmo em superfícies lisas como o vidro.

A partir deste estudo a empresa Interface criou o TacTiles, um material adesivo que é utilizado em um sistema de instalação de carpetes que usa esses conectores adesivos sem cola para fixar ao invés de colar no piso. Outras aplicações são usadas como adesivos para smartphones, permitindo adesão em vidros e painéis de carro, por exemplo.

Figura 4: TacTiles, material adesivo resultante do estudo da função de aderência das patas das lagartixas.



Fonte: Soares, 2016

### 3.4 Ecomateriais para captação de água

Mais um exemplo, dessa vez, inspirado no besouro do deserto ou besouro da Namíbia, inseto investigado por Andrew Parker (2001), da Universidade de Oxford, Reino Unido. O inseto capta a água do ar através dos poros da sua carapaça, quando o ar úmido passa por suas saliências e sulcos microscópicos, condensam e são canalizados em direção à sua boca, uma característica adaptativa que permite a sobrevivência do mesmo no deserto. Esta analogia funcional está sendo transferida para vários materiais e soluções de artefatos, uma delas é produzida pela QinetiQ, no Reino Unido, onde desenvolveu uma película de plástico para recolher a água,

imitando a carapaça do besouro, útil para capturar água em áreas ricas em névoa. (FORNIÉS, 2012)

Uma aplicação similar deste mesmo estudo foi desenvolvido pelos arquitetos italianos Arturo Vittori e Andreas Vogler do estúdio Architecture and Vision, o Warka Water. Trata-se de uma incrível torre feita com materiais naturais projetada para recolher a umidade do ar por condensação e depositar assim, a água num recipiente, sendo capaz de captar cerca de 100 litros de água/dia (Figura 5). Como o ar sempre contém certa quantidade de água, independente da temperatura do ambiente e da condição de umidade, o projeto possibilita sua produção em praticamente qualquer lugar.

A ideia surgiu quando ambos os arquitetos foram visitar a Etiópia e ficaram preocupados com a escassez de água, sobre isto, vale lembrar que o montante de habitantes do planeta cresce a cada ano junto com a demanda por recursos naturais e a ONU apontou que cerca de 2,4 bilhões de pessoas (um terço da população mundial) não têm acesso a saneamento básico e água potável.

O site do projeto indica que existem várias inspirações biomiméticas, tais como o besouro da Namíbia já comentado, as folhas da flor de lótus, os fios da teia de aranha e o sistema integrado de coleta de névoa em cactos. Tudo isto foi traduzido em materiais específicos e revestimentos que podem melhorar a condensação do orvalho e o fluxo de água, assim como melhorar também a capacidade de armazenamento da malha. Outra referência biológica citada que influenciou no design externo do produto, melhorando o fluxo de ar, foram as colmeias de cupins.

Sua estrutura é baseada principalmente em bambu, cordas de fibras naturais e um revestimento interno que é uma malha feita com plástico reciclado com a tecnologia do besouro para captar as gotículas de orvalho que escorrem para uma bacia no interior da torre. O trançado do bambu proporciona luminosidade, força e estabilidade e são unidas com pinos de metal e cânhamo.

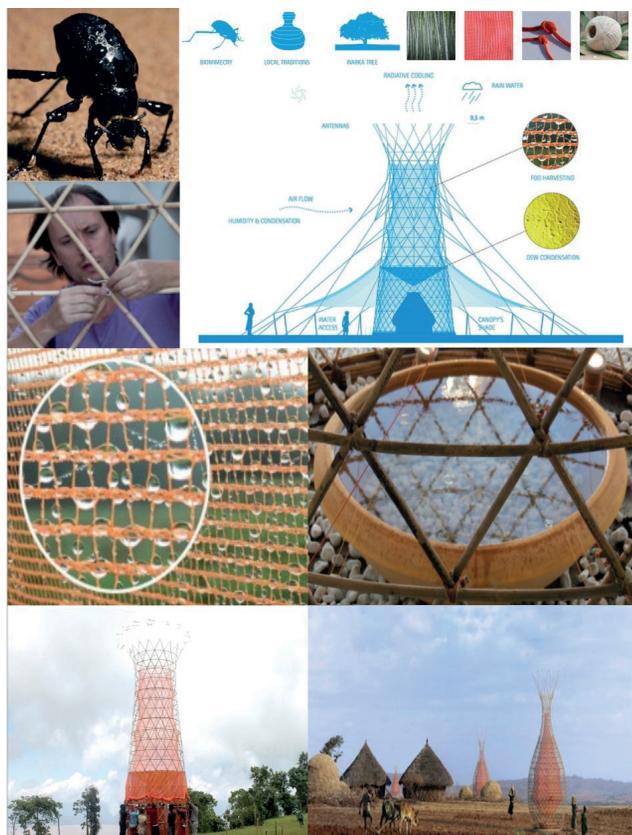
Nas extremidades superiores ficam pequenos espelhos que fazem com que os pássaros se mantenham longe e não contaminem a água. A estrutura é toda modular, composta por 5 partes, mede cerca de 10 metros e pesa 60 quilos. Pode ser construída do zero por 10 pessoas em 10 dias ou, se for só a montagem com as peças prontas, em até 2h por 10 pessoas, sem a necessidade de andaimes e com as próprias mãos. Custa em média US\$ 1000.

Além dos benefícios mais evidentes, o projeto incorpora a cultura local e uma arquitetura vernacular através de técnicas de tecelagem etíope tradicionais no produto. Inclusive, além de melhorar a condição de vida dessas

peças, foi projetado também para criar sombra, um espaço social que gera reuniões públicas de educação e o convívio social entre os moradores da comunidade, uma analogia também para a árvore nativa da região, simbolicamente muito especial (a figueira) que na língua local africana é chamada de Warka.

O projeto foi apresentado pela primeira vez na Bienal de Arquitetura de Veneza, em 2012, e é voltado para populações rurais de países em desenvolvimento, onde a infraestrutura para disponibilizar o acesso à água potável é bem precária.

Figura 5: Projeto Warka Water de captação de água baseado no besouro da Namíbia.



Fonte: Soares, 2016

### 3.5 Ecomateriais despoluentes e autolimpantes

Este último exemplo apresenta o sistema modular arquitetônico para fachadas Prosolve370e, que pode efetivamente reduzir a poluição do ar nas cidades. O sistema é composto por módulos que são revestidos com uma camada superfina de dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), uma tecnologia de combate à poluição que é ativada pela luz solar, material já conhecido como pigmento por suas qualidades auto-limpantes e germicidas que requer apenas pequenas quantidades de luz UV e umidade natural para efetivamente reduzir os poluentes do ar em quantidades

inofensivas de dióxido de carbono e água, quebrando e neutralizando os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis do entorno. Ele pode ser utilizado para finalidades diversas, inclusive no vestuário. (SOARES, 2016)

Na arquitetura, o escritório alemão Elegant Embellishments utilizou o Prosolve370e na fachada de um novo hospital, o Manuel Gea Gonzales Torre de Especialidades, na Cidade do México em 2013. A fachada possui uma área de 2500m<sup>2</sup> com 100m de comprimento e está ajudando a reduzir uma poluição estimada de 1000 carros por dia. (Figura 6)

Sobre a sua configuração é clara a referência no padrão celular, embora a empresa informe que as suas formas remetam ao padrão de crescimento orgânico inspirado nos fractais na natureza. O fato é que estas formas orgânicas não são apenas esteticamente atrativas, elas são traduzidas num ganho de eficiência, pois suas ondulações maximizam a área de superfície do revestimento ativo à luz difusa, à turbulência do ar e à poluição, ou seja, elas maximizam a tecnologia de revestimento já que a complexidade da superfície ajuda na captação da luz omnidirecional onde é densa ou escassa. (SOARES, 2016)

O sistema é composto com apenas dois módulos de repetição e suas peças podem ser adequadas conforme a necessidade do projeto (tamanhos e formatos). Para o hospital, essas peças foram produzidas numa fábrica de termoformagem em Ulm/ALE onde um protótipo de escala 1:1 forneceu uma estimativa de tempo de instalação antes da montagem. O material utilizado foi o plástico ABS termoformado, unidos com fixações padrão de aço. A engenharia estrutural foi feita por Buro Happold New York e o consultor técnico do projeto é o professor do departamento de Física da Duke University, Joshua Socolar. (SOARES, 2016)

A modularidade do sistema permite que formas arquitetônicas complexas sejam mais acessíveis, já que facilita a fabricação e montagem. Como decoração, possuem potencial para uso no interior ou exterior; regeneração de fachadas envelhecidas ou de caráter modernista; sendo bem indicados para estacionamentos, hospitais, prédios em geral e principalmente lugares onde haja grande fluxo de carro e poluição. Fora este hospital, o projeto já expandiu para vários outros países, devido ao seu grande potencial de uso e inovação. (SOARES, 2016)

Figura 6: Sistema modular Prosolve370e aplicado na fachada do Hospital Manuel Gea Gonzales pela empresa alemã Elegant Embellishments.



Fonte: Soares, 2016

#### 4. CONCLUSÕES

A questão de ecomateriais vai além de reciclagem e do reuso. Nos exemplos mostrados foram identificados diversos novos materiais baseados nas estratégias da Natureza que promove sempre uma eficiência de recursos e energia para as suas criações. Desta forma, a biomimética visa colaborar para que sejam produzidos materiais mais sustentáveis a fim de que sejam aplicados na criação de produtos mais eficientes para as atividades humanas ao mesmo tempo que não prejudiquem o ecossistema.

Para se atingir este objetivo não existem respostas rápidas nem soluções instantâneas. A reformulação do processo de produção linear para um modelo circular atinge-se pela junção de numerosos e diversificados esforços e, portanto, é importante disseminar novos caminhos como os propostos pela biomimética para se perceber que no meio da complexidade vigente, existe uma gama de possibilidades e potenciais soluções para materiais dentro deste contexto biomimético.

As análises dos materiais hidrofóbicos e autolimpantes baseados na planta Lótus, que deram origem a tintas e revestimentos que não se molham nem se sujam; os materiais hidrodinâmicos baseados na pele do tubarão, que deram origem a tecidos que diminuem o atrito e aumentam o desempenho de atletas de natação; os materiais aderentes baseados nas patas da lagartixa, que possibilitam superfícies super aderentes de fixação de carpete sem necessidade de colas; os materiais para captação de água baseados no besouro da Namíbia, que possibilitam produtos como o Warka Water capaz de armazenar água do ar atmosférico em regiões de escassez; e por fim, os materiais despoluentes e autolimpantes baseado na fotossíntese das folhas, que permitem o revestimento de módulos construtivos em fachadas capaz de ajudar a despoluir vias de grande fluxo de passagem de carros, são só alguns dos belíssimos exemplos que retomam as esperanças num mundo com materiais inteligentes e ecoeficientes, que contribuem para que o Design de fato possa contribuir na resolução dos problemas no mundo.

#### REFERÊNCIAS

ARNAL, I. P. **Generación S** - una nueva generacion de materiales sostenibles. Barcelona, Catalunha: Ed Ignasi Perez Arnal, 2008.

ARNAL, I. P.; SAUER, B.; NAVARRO, J. G.; LEFTERY, C. **Eco productos, en la arquitectura e el diseño**. Barcelona, Catalunha: Ed Ignasi Perez Arnal, 2008.

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

BONSIEPE, G. **Diseño industrial**. Madri: Alberto Corazón Editor, 1978.

FORNIÉS, I. L. **Modelo metodológico de Diseño conceptual con enfoque biomimético**. 2012. 319p. Tese (Doutorado) – Universidad de Zaragoza, Zaragoza/España, Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación.

LIUA, K., JIANG, L. **Bio-inspired design of multiscale structures for function integration**. *Nano Today*, n 6, p. 155—175. Elsevier, 2011.

MACEDO, F. H. T. M. B. **Qualidades expressivas dos eco-materiais**. 114p. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Arquitectura Lisboa, FAUTL, Dezembro, 2010.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2002.

SAUER, B. **“Materializar la ecología”**. In *Eco productos, en la arquitectura e el diseño*, de Ignasi Perez Arnal, Bruno Sauer, Justo Garcia Navarro e Chris Lefteri, 13-14. Barcelona: Ed. Ignasi Pérez Arnal, 2008.

SOARES, T. **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.

VERSOS, C. A. M. **Design biônico**: A natureza como inspiração criativa. Dissertação (Mestrado). 2010. 186p - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Departamento de engenharia Eletromecânica.

