

# BIODESIGN E BIOMIMETISMO CONSTRUINDO PERCURSOS CRIATIVOS E SUSTENTÁVEIS NO DESIGN

*BIODESIGN AND BIOMIMICRY - BUILDING CREATIVE AND SUSTAINABLE PATHS IN DESIGN*

**Profa.Dra.Sueli Garcia<sup>1</sup>**

## **Resumo**

Biodesign e biomimetismo utilizam princípios naturais para criar soluções inovadoras e sustentáveis em diversas áreas, como design, arquitetura, engenharia e medicina. O biodesign integra aspectos biológicos e ecológicos nos processos criativos, enquanto o biomimetismo explora profundamente os mecanismos naturais para resolver problemas complexos. Essas abordagens promovem a sustentabilidade ao usar recursos de forma eficiente e reduzir impactos ambientais. A taxonomia, ciência que classifica seres vivos, é crucial para identificar funções biológicas e buscar soluções inspiradas na natureza. Ao aplicar biodesign e biomimetismo, projetos atendem às necessidades humanas respeitando o meio ambiente, resultando em inovações sustentáveis e harmônicas com a natureza. Além disso, possibilita desenvolver metodologias para processos criativos.

**Palavras Chave:** biodesign; biomimetismo; criatividade e design.

## **Abstract**

*Biodesign and biomimicry utilize natural principles to create innovative and sustainable solutions in various fields such as design, architecture, engineering, and medicine. Biodesign integrates biological and ecological aspects into creative processes, while biomimicry deeply explores natural mechanisms to solve complex problems. These approaches promote sustainability by using resources efficiently and reducing environmental impacts. Taxonomy, the science that classifies living beings, is crucial for identifying biological functions and seeking nature-inspired solutions. By applying biodesign and biomimicry, projects meet human needs while respecting the environment, resulting in sustainable innovations that are harmonious with nature. Additionally, they enable the development of methodologies for creative processes.*

**Keywords:** biodesign; biomimicry; creativity and design.

---

<sup>1</sup> Profa. Dra. Sueli Garcia é docente do Centro Universitário de São Paulo nos cursos de graduação de Design de Interiores e Design de Produto, na disciplina de biomimetismo. É também docente de disciplinas de biomimetismo e biodesign na pós-graduação em Design de Interiores e Design Sensível, e do mestrado de Urbanismo, Arquitetura e design da mesma instituição.

## Introdução:

O conceito de Biodesign surgiu da necessidade de um avanço significativo no design, motivado pelas consequências da crise climática. Em 2009, a revista *Nature Biotechnology*<sup>2</sup> solicitou a um grupo de biólogos sintéticos que definissem “biologia sintética”. Embora não houvesse um consenso sobre a definição, atualmente este é um dos mercados em ascensão, com um valor atual, estimado em cerca de US\$ 9,5 bilhões.

Mesmo sendo um campo onde não há uma compreensão amplamente aceita, os cientistas envolvidos na possível definição entenderam que isso era menos importante em comparação aos grupos de pessoas que se reúnem e promovem um determinado conjunto de ideias, tendo a natureza como referência. Concluiu-se que as definições eram menos relevantes do que o movimento coletivo dessas pessoas em torno de princípios orientados pela natureza.

## Então, o que é “biodesign”?

Para o professor e designer americano, William Myers, para praticar biodesign é necessário afiliação com a natureza, para ter ela como o norte do processo de criação:

O trabalho do biodesign cultiva a empatia interespécies ao mesmo tempo que constrói conhecimento dos sistemas biológicos e das intrincadas interdependências do meio ambiente. Isto leva-nos a imaginar a ecosfera simplesmente repleta de oportunidades desconhecidas de colaboração e integração. E as dificuldades inerentes ao biodesign, ao trabalhar com uma matéria por vezes agitada e molhada, convidam ao acaso e à renúncia ao controlo, como numa dança onde os líderes se alternam” (MYERS, 2021, pg.102).

Sendo um dos pioneiros a dar visibilidade nesse campo, Myers foi curador da primeira exposição sobre biodesign no Moma em 2011. Para ele, como pesquisador cientista, o biodesign, era um campo que incorporava organismos vivos como componentes essenciais, o que melhorava a performance do produto acabado. Nesse sentido, era diferente da biomimética, do conceito “do berço ao berço”, ou do design verde, que ele considerava serem dos campos da economia circular.

Nesse caso, o biodesign é aberto em absorver inúmeras possibilidades, e Myers sugere que as crescentes conexões entre organismos vivos e designers através do biodesign representam um novo paradigma de design.

Atualmente, há um campo amplo de entendimento sobre o biodesign, que acolhe todos que se identificam como biodesigners. Em 2015 foi fundado o site educacional *Biodesign Challenge*<sup>3</sup>, e naquele momento se definiu suas propostas a partir da prática de design que incorpora biotecnologia ou que usa o design para criticar a indústria de biotecnologia.

Considerando que as definições do biodesign encontram-se em aberto, é possível perceber que o potencial é ilimitado, para os profissionais de vários segmentos, que acabaram por envolver a biologia como ponto de partida, focando na natureza, o que produziu vários pontos de vista.

---

<sup>2</sup> Nature Biotechnology, é uma revista fundada em 1980, originalmente com o nome original de Bio/Technology, é uma publicação periódica mensal da editora Nature Portfolio que aborda biotecnologia. <https://www.nature.com/nbt/>

<sup>3</sup> Biodesign Challenge é um site que acolhe um programa educacional, que oferece competições de biodesign para estudantes do ensino médio e universitários, como também cientistas, artistas e designers. A proposta é criar, testar e criticar aplicações transformacionais em biotecnologia. <https://www.biodesignchallenge.org/>

É amplamente aceito que o biodesign representa a integração do design com sistemas biológicos, podendo ocorrer de diversas maneiras, frequentemente com o objetivo de alcançar um melhor desempenho ecológico. Ao contrário das abordagens que apenas imitam a natureza ou se inspiram na biologia, o biodesign agora incorpora organismos vivos diretamente nos projetos. Esses organismos podem servir como blocos de construção, materiais que geram energia, ou purificadores de ar, entre muitas outras possibilidades.

Biodesign ganhou o reconhecimento de sua potencialidade no uso de conhecimento biológico dos organismos e de sua interação natural e constante na transformação dos ecossistemas ao seu redor. Além disso, pode servir como um meio de comunicação e descoberta recentes estimulam debates sobre a exploração dessas oportunidades, como também, apresenta uma preocupação que deve ser abordada, a discussão sobre os perigos da manipulação da vida por meio da biologia.

Diante da crise climática cada vez mais severa, se tornou urgente construir e produzir de forma mais sustentável. O biodesign, em meio a esse cenário, se apresenta de forma positiva que leva a colaborações sem precedentes entre designers e cientistas, o que aumenta a importância da participação dos biólogos nesse processo, por aprofundarem suas pesquisas, entendendo como os organismos vivos funcionam, principalmente em nível molecular. Esses encontros interdisciplinares começaram a proliferar cada vez mais rápido em vários lugares do planeta, uma vez que é possível conectar cientistas on-line em tempo real, como a colaboração em ambientes digitais no metaverso. Várias comunidades que agregam vários desses atores, que impulsionarão nossas visões, foram abertas e promovem fóruns para descobrir, informar ou apresentar resultados científicos, como a página de facebook *Design by Nature*, fundada pelo designer Marko Brajovic e conta com mais de 329 mil pessoas, entre seguidores e colaboradores.<sup>4</sup>

### **Definição vaga, mas criatividade em ação.**

Os biodesigners estão avançando em direção a um novo conjunto de práticas e ideias de design, que são ao mesmo tempo plausíveis e rudimentares, por retomarem práticas e materialidades ancestrais e naturais com foco na sustentabilidade. Atualmente é possível perceber a grande comunidade de biodesign, empenhada em obter uma visão ainda nebulosa, mas emocionante, do futuro.

Para os profissionais envolvidos, é evidente a potencialidade da biotecnologia e sua capacidade de moldar o mundo vivo. Eles reconhecem a enorme responsabilidade de exercer um poder que pode, um dia, criar espécies ou eliminar outras. Embora tenham abraçado a biotecnologia em sua prática, ainda existe uma apreensão, o que abre uma discussão crucial sobre ética.

Considerando a responsabilidade, como um ponto crucial para o campo do biodesign, pensando nisso, buscou-se desenvolver quais seriam as características dos biodesigners, como segue:

- a) Ao estudar como funciona os seres vivos, os biodesigners pensam sobre sistemas e se veem como um colaborador dos organismos com os quais estão trabalhando e pesquisando, observando de que forma seus produtos criados, irão afetar a vida natural;
- b) Para o biodesigner é inevitável olhar o ciclo natural, e pensar no ciclo de vida de um produto, e planejando os fluxos de resíduos e transformando-os em matérias-primas para o próximo

---

<sup>4</sup> Design by nature – grupo de discussão disponível no link: <https://www.facebook.com/groups/224870564355518/>  
Acesso em: 01.06.2024.

ciclo;

c) É imprescindível considerar que, ao conceber a ideia de “usuário” para seu produto, deve-se incluir também os animais que serão afetados após o descarte, o local onde isso ocorrerá e todos os tipos de microrganismos que habitarão esses resíduos e como eles irão se decompor. Isso aumenta a responsabilidade do profissional em esclarecer os impactos de seus produtos, em contraste com a mentalidade sistêmica atual dos consumidores, que só prestam atenção em um produto enquanto o utilizam, sem nunca considerar como ele é feito ou o que acontece após o descarte.

É importante destacar que o sistema linear de produção transfere a responsabilidade do descarte para o usuário após o uso. Dependendo do produto, o usuário muitas vezes desconhece como descartá-lo adequadamente e geralmente o faz em áreas inadequadas. Sendo assim, o biodesigner deve adotar uma perspectiva ampla, pensando sistêmico que considere a economia circular, onde todos os envolvidos auxiliam no processo de gestão de resíduos, de forma que sejam reaproveitados ou descartados de maneira a gerar novos materiais ou produtos.

d) Os biodesigners lidam com o tempo e as conexões, fazendo escolhas de design com base no pensamento, sobre como uma mudança afeta outros organismos e como esses efeitos ecoam ao longo do tempo. Essa cadeia conectada, aparece na teoria de Gaia de 1972, de James Lovelock, que aborda como a vida evoluiu como um todo planetário singular; nos fornecendo uma visão mais ampla e diferente do significa “ser humano”, identificando como ser vivo (LOVERLOCK, 2020).

e) Os biodesigners desacreditam na cultura consumistas, eles questionam sobre as novas tecnologias, se realmente são inclusivas, como também como elas podem ser utilizadas, mas também mal utilizadas abusivas. Por outro lado, eles acreditam que haja formas de diminuir ou até mesmo reverter o quadro das mudanças climáticas e crises ambientais, por meio de políticas, tecnologias, educação e comportamento, entendendo qual o seu papel profissional e suas responsabilidades.

### **Organização dos campos do biodesign**

De acordo com os autores Xiohan Yang, Alfonso Jaramillo e Zong-Ming Cheng do artigo Biodesign Research to Advance the Principles and Applications of Biosystems Design (2019), a estrutura multidimensional do biodesign integra três dimensões principais:

- a) A dimensão científica abrange a teoria, métodos, engenharia e aplicações do biodesign.
- b) A dimensão orgânica inclui o biodesign de organismos animais, humanos, microbianos, vegetais e o novo biodesign.
- c) A dimensão de responsabilidade social envolve a segurança e a ética do biodesign.

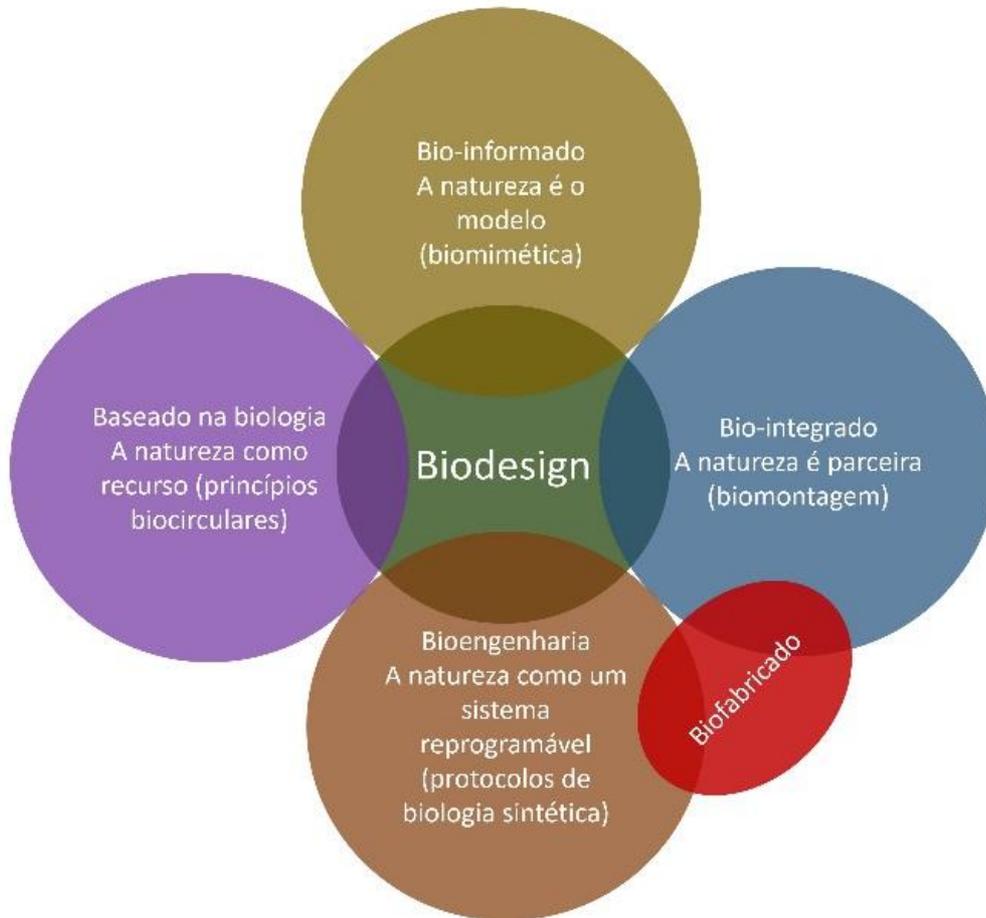
Como um circuito duplo, a pesquisa em design de biosistemas deve ser regulamentada considerando tanto os aspectos de segurança quanto os de ética.

Em 2020, Carolle Coleta, esboçou um organograma (Fig.1), buscando as hierarquias e conexões nos campos do biodesign. A partir da segunda década do século XXI, começaram as contribuições de organização dos vários campos do biodesign.

Esses campos deram continuidade, mas considerando que o biodesign é o grande campo, tudo

orbita ao redor da sustentabilidade, outras variantes foram surgindo de forma mais definida: biônica, biofilia e biomimetismo, entre outros.

Figura 1. Neste organograma, Carolle Coleta, conecta o grande campo de biodesign com o biomimetismo.



Fonte: Imagem adaptada a partir do original no link: <https://ext.maat.pt/bulletin/biodesign>

Dada a abrangência do biodesign, é importante considerar que a natureza tem muito a nos ensinar sobre designs bem adaptados e responsivos. As soluções produzidas pelo mundo natural, sobreviveram a todos os testes que enfrentaram. São bilhões de anos de tentativa e erro evolutivos, que superaram as forças mais poderosas. Isso é a capacidade que a natureza tem de evoluir e criar soluções, num processo contínuo de resiliência e adaptação.

Podemos obter inspiração e aprendizado nos designs que a natureza desenvolveu, como a biomimética que é um dos campos, que tem a natureza como mentora, e que vem apresentando um processo de laboratório com resultados importantes, tanto na inovação, quanto na sustentabilidade. Considerando o seu desenvolvimento como um laboratório, os resultados podem tornar nossos designs mais eficazes, bonitos, inovadores e impactantes, além de fornecer modelos de serviços aos quais os usuários se conectam intuitivamente.

Para muitos especialistas, nosso comportamento típico de produzir e consumir continuará, mas a produção e o consumo estarão cada vez mais integrados aos ecossistemas, com constantes tentativas de melhorá-los. Essa é a única opção se pretendemos sustentar o crescimento

econômico e introduzir bilhões de pessoas de forma segura no mundo.

Alguns estudos indicam que, no futuro, as casas serão parcialmente construídas com árvores vivas. Serão casas que geram energia, utilizando micróbios para digerir lixo, e equipadas com tanques hidropônicos para criar peixes destinados ao consumo. Algumas dessas tecnologias e técnicas já estão disponíveis, mas ainda são necessárias investigações para entender melhor como os organismos funcionam em nível molecular e como interagem entre si. Descobertas fundamentais em biologia ainda estão sendo feitas, e levará pelo menos mais vinte anos para que essas inovações estejam mais integradas ao cotidiano das casas.

### **Bio o quê? Definições e origens da biomimética**

A biomimética é um termo amplo para um conceito simples: aprender e imitar a natureza. Trata-se da aplicação das formas, processos e ecossistemas naturais ao design. Com isso, podemos criar soluções sofisticadas e naturais para os problemas que enfrentamos diariamente. Ela é uma fusão de ciência, arte e inovação inspirada na natureza. Como filosofia de design, ela se baseia em diversos modelos naturais, incluindo forma, estrutura, organismo e comportamento. Este campo abrangente busca inspiração, experimentação e redesign, oferecendo estratégias fundamentadas nos seres vivos—plantas, animais e ecossistemas—para encontrar soluções práticas.

A área da biologia passou a oferecer informações para vários segmentos criativos, gerando respostas a problemas vitais, como o impacto ambiental e a construção de cidades mais sustentáveis. O biomimetismo utiliza a natureza como inspiração, ao mesmo tempo que traz respostas positivas para o meio ambiente. Tratar as cidades como um organismo vivo é um dos objetivos desse campo, e isso se estende a produtos, serviços, interiores, arquitetura, engenharia etc. Forma e função estão integradas, porque na natureza, em grande parte de suas formas são orgânicas e não há rupturas, corpo e estrutura são contínuos, e é possível averiguar que em momentos históricos, como o estilo Art Nouveau, se utilizou dessas formas e a reproduziu em arquitetura, interiores, móveis e objetos, emprestando a natureza e a reproduzindo artificialmente suas formas.

A ideia de usar a natureza como inspiração para o design não é nova. Leonardo da Vinci aplicou os princípios naturais em suas obras, como a Série Fibonacci e a Proporção Áurea, revolucionando a criação de designs eficientes e atraentes através da matemática da natureza (HALL, 2018). Nos registros de Da Vinci, encontramos formas espirais das conchas de Nautilus, flores em botão e muitos outros detalhes anatômicos que inspiraram seus designs.

Da Vinci documentou graficamente todas as suas ideias e catalogou várias espécies em estudos detalhados de plantas e animais. Seus registros científicos, com anatomia minuciosa, contribuíram para o primeiro livro de anatomia médica e criaram uma linguagem de catalogação de plantas em suas diversas fases. Toda a sua obra é parte integrante da botânica, da anatomia e da biomimética.

Além de Da Vinci, muitos cientistas, alquimistas, botânicos, arqueólogos, desenhistas, fotógrafos, pintores e ilustradores contribuíram para o registro da natureza através da arte e do design ao longo da história. Na segunda década do século XXI, a biomimética tornou-se cada vez mais crucial no mundo do design, da arquitetura e da engenharia, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento de soluções sustentáveis. Um

No Japão, o trem-bala Shinkansen de 1989, foi inspirado por uma fonte única: o bico estreito do

martim-pescador (Fig.2). O design do trem imita o perfil do pássaro, resultando em um transporte mais silencioso e eficiente em termos de energia.

Figura 2. O bico do pássaro martim-pescador, referência para a frente do trem-bala, considerando a dinâmica da forma em cortar a massa de ar.



Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ringed\\_Kingfisher\\_\(Megaceryle\\_torquata\)\\_male\\_-\\_Flickr\\_-\\_berniedup.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ringed_Kingfisher_(Megaceryle_torquata)_male_-_Flickr_-_berniedup.jpg)

A biomimética vê a natureza de três maneiras diferentes:

- a) **A natureza como modelo:** a biomimética usa as formas, processos, sistemas e estratégias empregadas pelo mundo natural como inspiração para soluções sustentáveis.
- b) **A natureza como medida:** Olhando para os padrões estabelecidos pela natureza, a biomimética visa medir a sustentabilidade das invenções usando a ecologia como referência.
- c) **Natureza como mentora:** O foco da biomimética não é o que podemos extrair da natureza, mas o que podemos aprender com ela.

A característica distintiva da biomimética é o estudo e a imitação de estratégias funcionais para criar soluções sustentáveis que incorporam também os elementos, portanto, as três dimensões essenciais: imitar, (re)conectar e ethos. Esses três componentes são infundidos em todos os aspectos da biomimética e representam esses valores centrais em sua essência.

Imitar - a prática científica baseada em pesquisa de aprender e replicar as formas, processos e ecossistemas da natureza para criar designs mais regenerativos.

Ethos - a filosofia de entender como a vida funciona e criar projetos que continuamente apoiam e criam condições propícias à vida.

(Re)Conectar - o conceito de que somos a natureza e encontramos valor ao nos conectarmos ao nosso lugar na Terra como parte dos sistemas interconectados da vida. (Re)Connect como uma prática nos encoraja a observar e passar tempo na natureza para entender como a vida funciona para que possamos ter um melhor ethos para emular estratégias biológicas em nossos projetos.

A estrutura do biomimetismo está organizado por um sistema de classificação das diferentes espécies, a taxonomia que estrutura como os organismos e sistemas naturais atendem aos desafios funcionais. A Taxonomia da Biomimética organiza essas estratégias biológicas por função, ou seja, pelo que o organismo faz, ao invés do que ele é.

Taxonomia é a ciência de classificar a vida e um campo imprescindível na biologia, que se dedica

a nomear, descrever e classificar os organismos, abrangendo todas as plantas, animais e microrganismos existentes. O processo taxonômico se utiliza de observações morfológicas, comportamentais, genéticas e bioquímicas, e os profissionais desse campo, os taxonomistas identificam, descrevem e organizam as espécies em classificações, inclusive aquelas recém-descobertas pela ciência.

A taxonomia é essencial para identificar e catalogar os componentes da diversidade biológica, fornecendo conhecimentos fundamentais que apoiam a gestão e a compreensão dessa diversidade. No entanto, o conhecimento taxonômico ainda está longe de ser completo. A origem da taxonomia remonta às primeiras coleções de espécies, organizadas em museus, gabinetes de curiosidades e herbários entre os séculos XVI e XVII. Nos últimos 250 anos, os taxonomistas catalogaram cerca de 1,78 milhões de espécies de animais, plantas e microrganismos. Contudo, o número total de espécies no planeta ainda é desconhecido, estimando-se que varie entre 5 e 30 milhões. Atualmente, o termo "taxonomia" também começou a ser utilizado para descrever qualquer sistema de classificação (Convention on biological diversity, 2010).

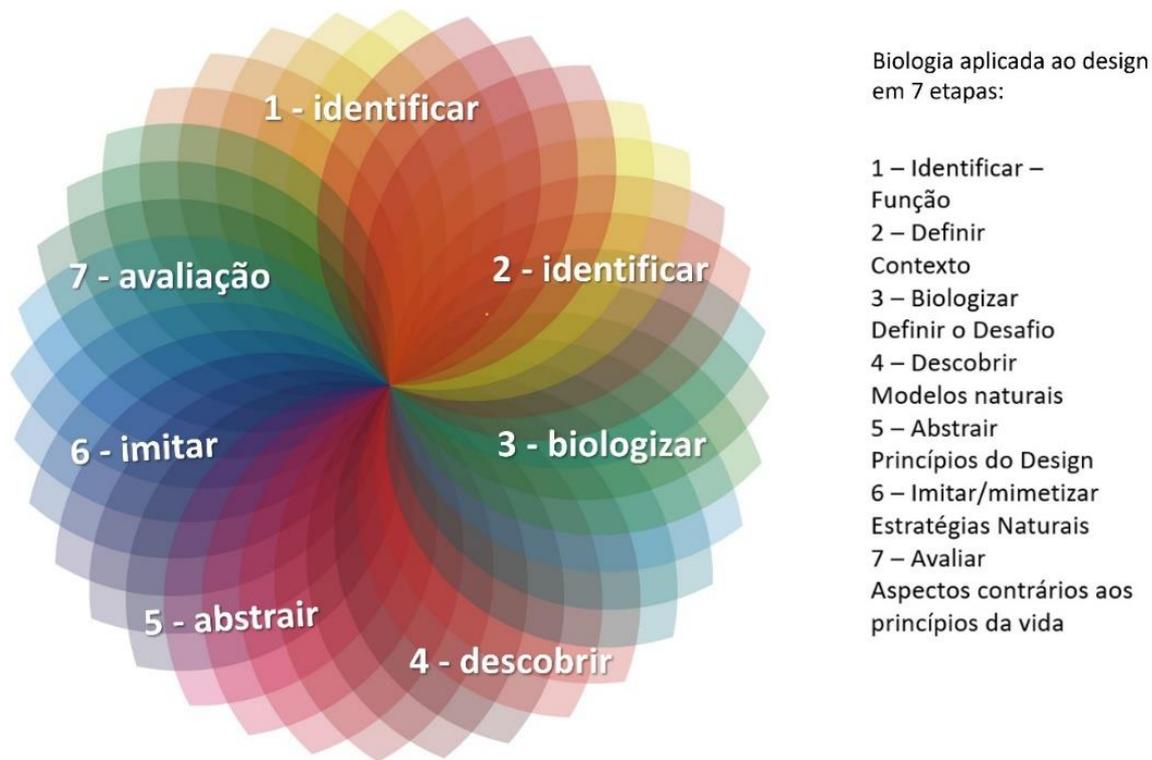
A taxonomia se tornou um sistema essencial na metodologia do exercício biomimético, pois possibilita a organização e subdivisão dos grupos biológicos, além de fornecer informações valiosas sobre a função biológica. Essas informações são cruciais para identificar soluções potenciais para desafios que enfrentamos como humanos. Baseando-se nas estratégias utilizadas pela natureza para resolver seus problemas, a performance desses processos é o cerne das observações do biomimetismo. Isso permite a transferência dessas soluções para problemas nas áreas de design, arquitetura, engenharia, medicina, entre outros campos.

Entendendo como a taxonomia fornece elementos para conhecer as espécies e suas potencialidades, e como isso ajuda a biomimética a resolver problemas, é importante entendermos o que são as funções e as estratégias dentro desse processo. Uma função, por definição, é o propósito de algo, e nesse contexto, função refere-se ao papel desempenhado pelas adaptações ou comportamentos de um organismo que lhe permitem sobreviver.

É importante ressaltar que função também pode se referir a algo que você precisa que sua solução de design desempenhe. Os organismos atendem às necessidades funcionais por meio de estratégias biológicas. Uma estratégia biológica é uma característica, um mecanismo ou um processo que desempenha uma função para um organismo. É uma adaptação que o organismo tem para sobreviver. Observar esse processo, ajuda a entender as etapas e trabalhar por analogia, pensando na biologia aplicada ao design, e como o campo da biologia produzirá informações para ser aplicado no campo biomimético, ou seja, as informações aplicadas a solução de um problema no design, na arquitetura, na engenharia etc. Foi estabelecido então, 7 etapas para observar e aprender com a natureza, para poder aplicar no design, como organiza a imagem a seguir.

A imagem contendo um espiral/organograma (Fig.3) de etapas do design da biomimética se tornou uma ferramenta útil para aprender as etapas que são críticas para o sucesso do projeto biomimético. A sequência deverá ser utilizada quando houver necessidade de resolver um problema específico, que apresente desafios, como a sustentabilidade. Mas para que a biomimética seja aplicada, é necessário conhecer o problema e o contexto.

Figura 3 - Imagem produzida pela autora a partir do organograma original do THE BIOMIMICRY INSTITUTE



Fonte: (<https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>).

### Reconhecendo o problema e o contexto

O contexto na biologia abrange o ambiente circundante e todos os outros fatores que afetam a sobrevivência do organismo. O contexto no design abrange fatores que afetam, como e onde o design é usado e por quem.

Um exemplo interessante, é a marca Speedo, que fez uma escolha de design para sua linha de trajes de banho, criadas para as Olimpíadas de 2008. Eles incorporaram pele de tubarão biomimética aos trajes. 98% das medalhas conquistadas na natação naquele ano foram por atletas vestindo pele de tubarão. O resultado, foi inesperado, pois devido à sua eficiência fora do comum, as Olimpíadas baniram o material da competição (HALL, 2018). É possível averiguar que vários campos apresentam cases biomiméticos, que demonstram que o foco está em funções e performances que resultam em menor impacto no meio ambiente, com eficácia e sustentabilidade.

Outro exemplo é a página do Reddit, A página do Reddit, por exemplo, é um agregador social de notícias ou um social bookmarks que, apesar de não ser considerada um exemplo de bom webdesign por muitos designers gráficos, é reconhecida como uma excelente fonte de conhecimento. Seu campo de abrangência é vasto, cobrindo uma ampla gama de assuntos. A estrutura do Reddit opera de maneira organizada e intuitiva, seguindo uma lógica taxonômica visivelmente objetiva. Para os usuários, a aparência simples do Reddit é justificada pela sua funcionalidade: “é feia porque não precisa ser bonita, ela é organizada” (HALL, 2018).

Há um fator importante para a biomimética, nem tudo precisa parecer elemento da natureza,

como um campo científico, o importante é a performance para produzir o menor impacto no meio ambiente, portanto, não precisa parecer ser. Ou seja, biomimetismo, não necessariamente a criação tem que possuir formas da natureza de forma declarada, ou ser bela, mas é importante estar focada na performance da natureza, na sua eficácia de solucionar problemas, observando um resultado eficaz, sustentável e sem impacto. Já o biodesign que é um campo mais amplo, permite que a criação tenha vários aspectos que dialogam diretamente com a forma e a estética da natureza.

De acordo com a pesquisadora Maris Hall, a seleção natural é um motor de inovação que impulsiona o desenvolvimento das espécies. Características vantajosas conferem a um organismo uma vantagem sobre os outros, tornando a natureza a mestra da inovação. Esse processo é uma forma de tentativa e erro em grande escala (HALL, 2018).

É importante salientar que os animais também desenvolveram um senso de beleza com funções cruciais para a perpetuação das espécies. Considere as belas plumas dos pássaros, os grandes chifres dos veados ou os insetos com formas e cores marcantes. Esses aspectos exemplificam como as espécies desenvolveram características atraentes para chamar a atenção. Em muitos casos, essa beleza garante a sobrevivência, seja demonstrando poder ou servindo como proteção contra predadores (HALL, 2018).

Algumas empresas entenderam, a partir de discussões sobre o campo do biodesign ou do biomimetismo, sobre as formas naturais e seus ajustes ergonômicos e antropométricos, o que levou a Apple a arredondar os cantos dos seus aparelhos - que se tornou uma característica da marca -, como também, buscou linguagens e telas conectadas ao universo da natureza, selecionando belas fotografias com cuidado, assim como paletas de cores específicas, para chamar a atenção do universo digital, propondo no design um movimento mais "slow". Apesar de todo o empenho, suas ações nem sempre são sustentáveis, mas possui uma narrativa de conexão com os novos tempos.

As formas dos objetos em um design podem transmitir mensagens sutis aos usuários, muitas vezes sem que eles percebam. Formas orgânicas, que representam ou são inspiradas por elementos naturais, tendem a fluir de maneira mais livre e são menos simétricas. Esses tipos de formas adicionam uma harmonia inata e um interesse visual ao design. A espiral, por exemplo, é uma forma frequentemente encontrada na natureza, como nas conchas dos caracóis, movimentos do mar e dos furacões. Ela simboliza crescimento, vida e transformação.

### **As expressões da natureza e sua capacidade de sentir e responder**

Muitas criaturas da natureza têm habilidades inatas para sentir e responder ao ambiente. "Os gafanhotos têm a capacidade de ver muito mais imagens por segundo do que os humanos. Para nós, seria como ver tudo acontecer em câmera lenta" (HALL, 2018).

Considerando novos estudos científicos sobre a intensidade de sofrimento e emoção em várias espécies, o Reino Unido iniciou esforços para proteger algumas delas. O termo "senciência"<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> O conceito de sentiência é fundamental para as considerações de bem-estar animal, pois ao considerarmos os animais como seres sencientes, estamos assumindo que são seres capazes de, conscientemente, sofrerem em situações dolorosas, desconfortáveis ou frustrantes. Portanto, passamos a ser responsáveis, do ponto de vista ético e moral, pelas condições em que mantemos os animais que foram removidos da condição natural e estão sob nossos cuidados, sendo esses animais domesticados ou não. Disponível: <https://www.blogs.unicamp.br/conscienciaanimal/o-que-e-senciencia/> Acesso: 11.06.2024.

refere-se à capacidade de sentir emoções, como dor, prazer, fome, sede, calor, alegria, conforto e emoção. Com esse conceito em mente, um grupo de pesquisadores da *London School of Economics and Political Science* (LSE) realizou uma análise, a pedido do governo do Reino Unido, sobre a senciência de algumas espécies marinhas entre 2018 e 2020. O estudo revisou mais de 300 pesquisas e artigos científicos, concluindo que cefalópodes, como polvos, e decápodes, como caranguejos, lagostas e lagostins, possuem sentimentos. A intensidade de seu sofrimento e dor pode ser comparada à de um ser humano, e, portanto, não devem ser cozidos ou desmembrados vivos, alertam os cientistas (CAMARGO, 2021).

Estudos anteriores já mencionavam a capacidade de animais vertebrados sentirem dor, sofrimento e felicidade. As pesquisas mais recentes, no entanto, incluem agora os invertebrados, como crustáceos e cefalópodes decápodes. Os estudos demonstraram que essas espécies possuem sistemas nervosos centrais complexos, uma das principais características da senciência.

O que essas pesquisas nos mostram, é que ainda temos muito o que descobrir com a natureza, e que estamos mais conectados do que possamos imaginar, e conseqüentemente aprender com as espécies sobre sistemas, comunicação, comportamento, organização etc.

Atualmente, o mundo digital também está absorvendo aspectos das espécies, suas relações e comportamentos, utilizando esses elementos no espaço digital. Algoritmos detectam o comportamento dos usuários, enquanto interfaces se ajustam para atender às suas necessidades. Podemos aprender muito com o comportamento do caranguejo, que deixa rastros na areia. Assim como essas espécies, os usuários deixam rastros digitais. Considerando esses aspectos, podemos determinar comportamentos em determinadas interfaces, como a leitura de pegadas. Isso nos permite projetar com base nas necessidades específicas dos usuários (HALL, 2018).

### **A natureza como inspiração**

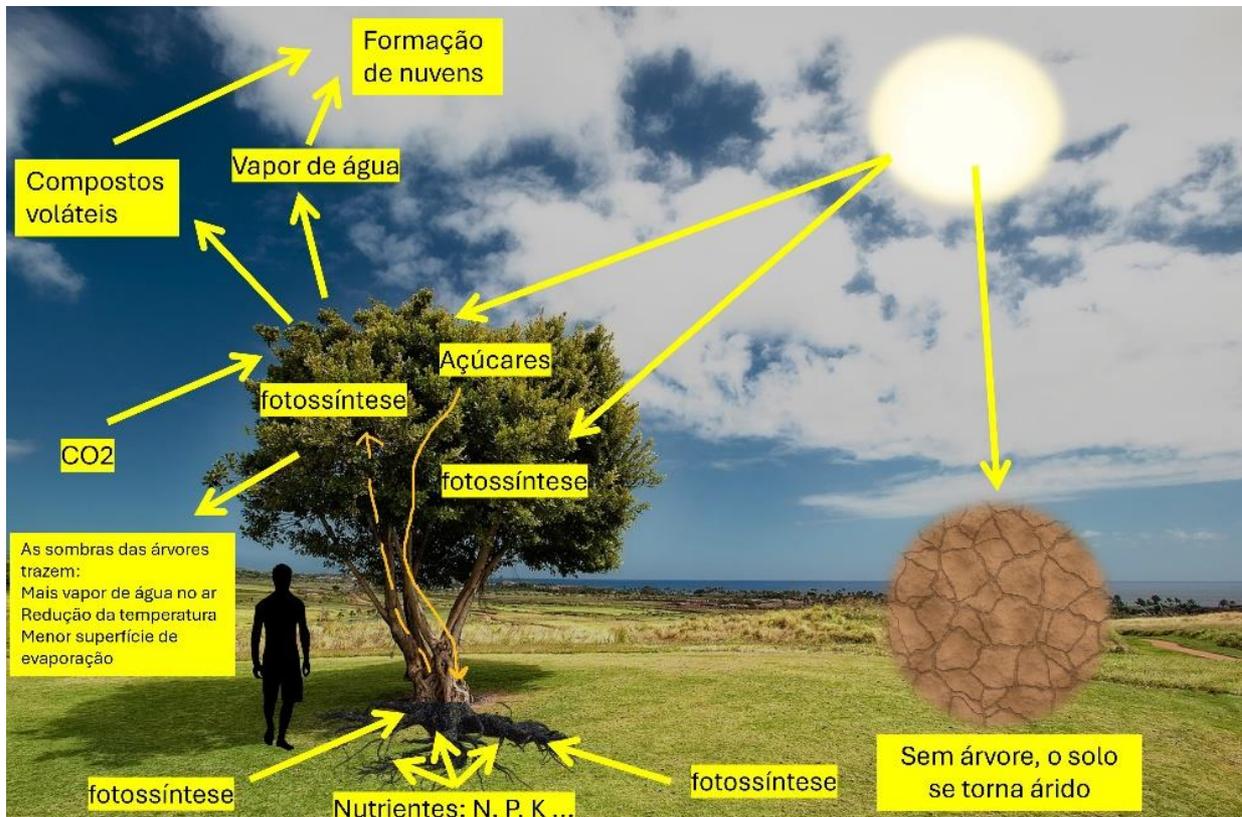
Quando as condições são adequadas, a vida floresce, assim como o design. Tal como uma árvore que cria raízes sólidas no solo, o design dá ênfase ao início de cada projeto, buscando uma âncora, um ponto de partida, uma referência, uma inspiração. A base sólida do brainstorming e dos conceitos iniciais permite que o processo de design se desenvolva com vigor.

À primeira vista, as árvores podem parecer imóveis e rígidas, mas, na realidade, são extremamente dinâmicas. Observações científicas comprovam que as árvores estão constantemente se adaptando ao seu ambiente. Elas ajustam a quantidade de água e nutrientes que absorvem, controlam onde gastar sua energia e até giram em direção ao sol para obter a quantidade ideal de luz. Além disso, mantêm um sofisticado sistema de comunicação entre si e com outras espécies.

Essa analogia ilustra perfeitamente nossa abordagem aos projetos, combinando flexibilidade e consistência, eficiência e abrangência, funcionalidade e beleza.

O ecossistema de uma árvore fornece todos os tipos de ideias que poderiam incorporar um processo criativo e inovador de design. Um exemplo importante: com pesquisas científicas, podemos entender a importância das árvores e como elas estão conectadas com nosso sistema de sustentabilidade, saúde e bem-estar. Cada parte de sua anatomia, permite que ela traga benefícios para si e para o meio ambiente.

Figura 4 - Fluxograma sobre a importância e funções das árvores nos ecossistemas. Imagem adaptada a partir da referência



Fonte: BUCKERIDGE, M. (2016).

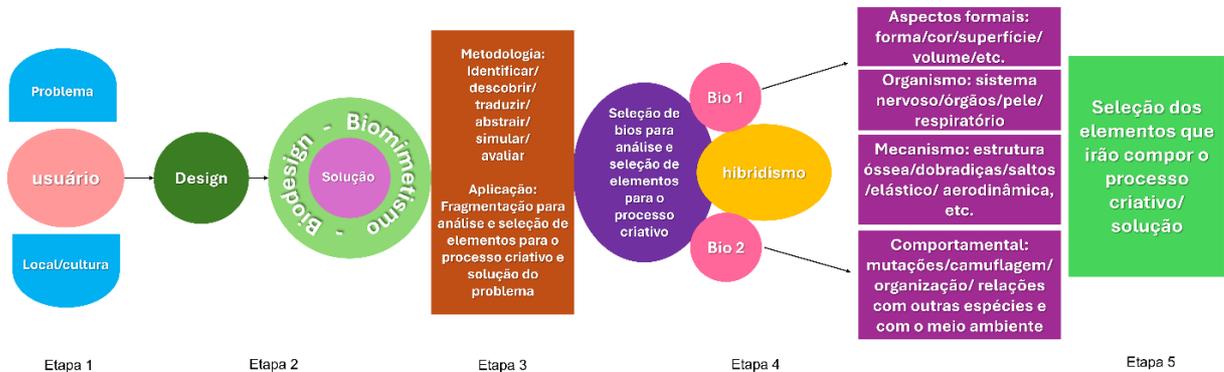
Os humanos têm a vantagem distinta de serem capazes de aprender com a aplicação da performance da natureza no design. A natureza essencialmente fez todo o trabalho duro para nós por bilhões de anos, e teve todo esse tempo para criar as soluções de design mais eficazes e benéficas para todos os seres vivos.

### É possível uma metodologia para o biodesign/biomimetismo?

Campos interdisciplinares possibilitaram experiências para uma metodologia, ainda em desenvolvimento. Sua estrutura atual, tem demonstrado resultados interessantes no campo do design de produto e design de interiores.

A estrutura de uma metodologia (Fig.5) é uma proposta em construção, ainda insipiente, mas que possibilita gerar um processo, que se sofisticava a cada período de experiência. O diagrama está composto pelas etapas:

Figura 5 - Organograma gerado pela autora - sequência da metodologia do processo criativo do biodesign/biomimetismo.



Fonte: Gerado pela autora.

**Etapa 1:** Identificar o usuário, o problema e a relação com o lugar/cultura/identidade.

**Etapa 2:** O design deverá ter o caráter sustentável, a partir dos conceitos de biodesign e biomimetismo. O grande desafio é buscar inserir ao máximo em uma bioeconomia, ou seja, um ciclo, cada vez mais completo de um processo circular.

**Etapa 3:** A metodologia inicia com as etapas conceituais do biomimetismo, a partir da proposta do Biomimicry Institute, com os 7 passos/conceitos, pensar nos passos de entender a biologia e aplicá-la no design, e perceber as potencialidades.

**Etapa 4:** Na sequência, aplica-se um processo de fragmentação para aprender com as bios. O que se solicita neste item, é que se experimente trabalhar com 2 espécies, uma da fauna e outra da flora, como forma de escapar da literalidade e observar qualidades e performances, que não podem ser vistas a olho nu, nas espécies. A fragmentação é formada por: Aspectos formais, Organismo, Mecanismo e Comportamental.

**Etapa 5:** As respostas coletadas após a fragmentação, permite que o designer selecione o que é mais importante para responder ao problema traçado inicialmente. Nas várias experiências, em que o processo é feito pela primeira vez, notou-se que iniciar pela forma, foi importante, pelo fato de ser uma experiência tangível, e, portanto, uma âncora para dar início ao processo.

Na sequência, será colocado o resultado de um exercício:

O exercício foi desenvolvido por alunos<sup>6</sup> de design de produto, e o primeiro passo foi selecionar as espécies, como o proposto, uma da fauna e uma da flora, no caso, foram selecionados o Louva Deus e a Bromélia (Figs. 6 e 7).

<sup>6</sup> Os autores do exercício que ilustra o case desse artigo são alunos do curso de design de produto do Centro Universitário de Belas Artes de São Paulo, Heloisa Albertini Yagi, Benedito Augusto Vitor e Lucas Boniceli

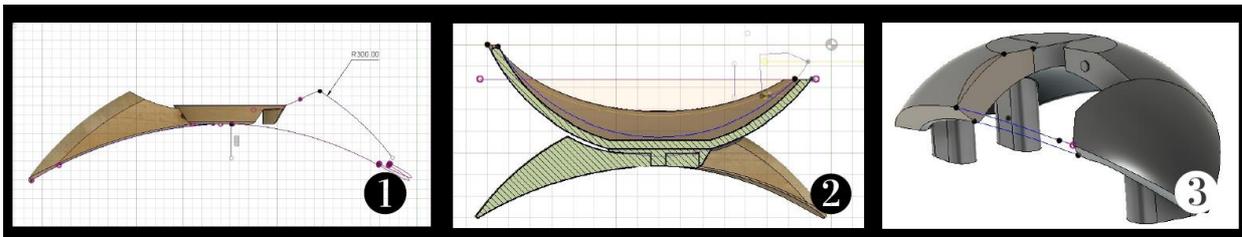
Figs. 6 e 7 - As bios selecionadas foram Louva-deus e Bromélia



Fontes: Imagem: Praying mantis, Inseto, Folha. De utilização gratuita. <https://pixabay.com/pt/photos/praying-mantis-inseto-folha-1170776/>. Imagem: Bromélia, Vermelho, Flor. De utilização gratuita. <https://pixabay.com/pt/photos/brom%C3%A9lia-vermelho-flor-2134665/>. Acesso em 11.06.2024.

- a) Após a seleção das bios e resultado das etapas de fragmentações até a 5ª. etapa, observou-se as respostas apontava para uma proposta de objeto, que o grupo optou por uma fruteira especificamente.
- b) Após os esboços, o grupo definiu o percurso e etapas, definindo formas, técnicas e materialidades (Figs.8, 9 e 10). Madeira para base, tigela em cerâmica moldada em forma 3D.

Figuras 8, 9 e 10 – Etapas do processo criativo da base e da forma da cerâmica



Fonte: Imagens produzidas pelos alunos de 2018.

- c) Processo - a partir do intuito de se confeccionar um produto sustentável e de pesquisas em torno das opções disponíveis no mercado, selecionou-se duas matérias prima de fornecedores que tem como preocupação o impacto ambiental. A argila marfim com chamote<sup>7</sup> matéria prima 100% natural de procedência nacional (extraída em Mogi das Cruzes), e a madeira Pinus, selecionada por ter alta maleabilidade e durabilidade, e por ter certificado de cadeia de custódia da FSC<sup>8</sup>, documento que comprova o controle das fontes e dos materiais reciclados e seu comprometimento com a legislação ambiental.

<sup>7</sup> Massa Marfim Com Chamote: Para projetos que exigem robustez e estrutura, como pratos, placas grandes e peças de grande escala, a variante com chamote é a opção ideal.

<sup>8</sup> FSC (Forest Stewardship Council), são os elementos essenciais para balizar as regras do manejo florestal ambientalmente adequado, socialmente benéfico e economicamente viável. Disponível: <https://br.fsc.org/br-pt> - Acesso em 11.06.2024.

d) Resultado da proposta (Figs. 10, 11 e 12). A forma em 3D foi utilizada para a modelagem da concha cerâmica, que repousa sobre uma estrutura de madeira pinus.

Figuras 10, 11 e 12: Registros das variáveis e das vistas da fruteira



Fonte: Imagens produzidas pelos alunos durante as aulas em 2018.

Os resultados são interessantes, e o que se percebe é que, todo o design criado a partir desse processo, são biodesigns, mas nem todos possuem o rigor que é solicitado no campo do biomimetismo, que envolve aspectos científicos, mas ainda assim, o percurso biomimético, em geral contribui para uma sofisticação no resultado, que vai além das qualidades tangíveis.

O que se percebe é que a natureza é uma mentora com bilhões de anos de evolução, solucionando os problemas do planeta, e oferece um vasto repertório de inspiração. A aplicação do biodesign ou do biomimetismo, resultam em designs que vão além de atraentes, porque podem resultar em soluções mais funcionais, inovadoras e conscientes do meio ambiente.

Em um período histórico de crise ambiental que afeta diretamente os seres vivos de todo o planeta, o biomimetismo desponta como uma resposta a esse problema de grande dimensão. Sua aplicação tem o potencial de promover a sustentabilidade, proporcionar verdadeiramente a inovação e melhorar a qualidade de vida, tornando-o uma área de pesquisa e prática de grande impacto no planeta. É importante acrescentar que o método de organização das espécies na biologia, conhecido como taxonomia, contribuiu muito para vários métodos de organização de informações, em processos cognitivos, em pesquisas de espécies, na arqueologia etc.

Neste cenário, onde a sustentabilidade e a eficiência são cada vez mais valorizadas, a ciência do biomimetismo desempenha um papel crucial ao oferecer soluções inovadoras e de biodiversidade, orientadas pela natureza, para os desafios enfrentados pela humanidade. É uma disciplina multidisciplinar que promove uma abordagem mais equilibrada e integrada entre a tecnologia humana e os sistemas naturais.

### **Considerações finais:**

O biodesign surge como uma resposta inovadora e necessária frente à crise climática, representando uma fusão profunda entre design e biologia. Ao longo dos últimos anos, o campo tem se expandido e consolidado, impulsionado por pioneiros como William Myers e pela crescente aceitação de práticas que incorporam organismos vivos diretamente nos projetos. Essa abordagem não apenas melhora a performance ecológica, mas também promove uma nova forma de empatia e colaboração entre espécies.

O biomimetismo hoje é considerado uma metodologia, uma ciência, uma filosofia e possui um papel fundamental em desenvolvimentos de experiências em laboratórios, pois é constituído de experiências, e algumas sofisticadas e de longo prazo. Portanto, respostas biomiméticas, não precisam estar comprometidas com parecer ser da natureza, o que interessa é a eficiência de sua performance. Esse é um dos campos mais importantes do biodesign dentro da bioeconomia, que busca diminuir os impactos ambientais, em sistemas circulares, onde todos que estão envolvidos na produção, estão comprometidos para que se produza cada vez menos resíduos no planeta.

Biodesign e biomimetismo estão relacionados a bioeconomia, que integra princípios econômicos sustentáveis com design inspirado pela biologia, promovendo soluções inovadoras e ecologicamente responsáveis. No contexto da bioeconomia, o biodesign o biomimetismo, desenvolvem produtos, processos e ambientes que maximizam a eficiência dos recursos biológicos e minimizam impactos ambientais, alinhando economia e sustentabilidade. Essa abordagem cria sistemas circulares que regeneram e reintegram materiais naturais e residuais, fomentando um ciclo de vida sustentável, reduzindo desperdícios e valorizando os ecossistemas locais. Assim, o biodesign transforma a concepção e operação dos espaços, promovendo a harmonia entre atividades humanas e o ambiente natural.

O desenvolvimento do biodesign, com sua natureza abrangente e multidisciplinar, aponta para um futuro em que designers e biólogos trabalham juntos em prol da sustentabilidade. A integração de biotecnologia no design promove a criação de produtos que não apenas atendem às necessidades humanas, mas também respeitam e melhoram os ecossistemas ao seu redor. Esse movimento reflete um compromisso crescente com a ética e a responsabilidade ambiental, fundamentais para enfrentar os desafios globais.

A biomimética, como subcampo do biodesign, destaca-se pela sua capacidade de aprender e imitar a natureza, oferecendo soluções sofisticadas para problemas contemporâneos. A aplicação de princípios naturais no design e na engenharia tem gerado inovações significativas, desde a arquitetura até a tecnologia, mostrando que a natureza ainda tem muito a nos ensinar sobre eficiência, sustentabilidade e beleza.

Estudos recentes sobre a senciência de diversas espécies reforçam a importância de considerar os impactos das nossas criações não apenas sobre os seres humanos, mas sobre todos os organismos. Essa compreensão mais profunda das interconexões biológicas fortalece o argumento de que o design deve ser holístico e inclusivo, considerando todo o ciclo de vida dos produtos e seus efeitos no ambiente.

Em conclusão, o biodesign e a biomimética representam um avanço crucial para a construção de um futuro mais sustentável e integrado com a natureza. A contínua exploração e aplicação desses conceitos têm o potencial de transformar a maneira como projetamos e interagimos com o mundo, promovendo um desenvolvimento verdadeiramente sustentável e inovador. A responsabilidade de moldar o mundo vivo deve ser acompanhada por um compromisso ético firme, garantindo que as inovações beneficiem tanto os seres humanos quanto o planeta como um todo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARRUDA, A. (2002). **Novas Estratégias da Biomimética: as Analogias no Biodesign e na Bioarquitetura**. Mix Sustentável | Florianópolis | v.4 | n.1 | p.73-82 | mar. | 2018 p. Dissertação

(mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Departamento de Design do Centro de Artes de Comunicação.

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

BONSIEPE, G. **Teoria y Práctica del Diseño Industrial**. Barcelona, Editorial Gustavo Gilli, p.124-34, 1978.

BROECK, F. V. **O uso de analogias biológicas**. Revista Design e Interiores. São Paulo: n.15, p.97-100, 1989.

BUCKERIDGE, Marcos. **Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água**. 2015. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2015. Disponível em: Acesso em: 20.04.2024.

COLLET, Carole. **Biodesign**. Disponível: <https://ext.maat.pt/bulletin/biodesign>. Acesso: 22.05.2024.

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Guia para a Iniciativa Global de Taxonomia**, Série Técnica CBD # 27, 2010. Disponível: <https://www.cbd.int/gti/taxonomy.shtml>. Acesso: 15.05.2024.

DIAS, E. **A natureza no processo de design e no desenvolvimento do projeto**. São Paulo: Senai, 2014.

FERNANDES, M. **Biomimética como conceito para uma embarcação na Ria de Aveiro**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Aveiro, Aveiro/Portugal, Departamento de Design, 2012.

GORDON, W. J. J. **Sinética: El desarrollo de la capacidad creadora**. México: Herreros Hnos. S. A., 1963.

HALL, Maris. **How Nature Can Inspire the Best Digital Design**. 2018. Disponível: <https://www.atlanticbt.com/insights/biomimicry-digital-design/> Acesso: 11.11.2023.

LOVELOCK, James. **Gaia, um novo olhar sobre a vida na terra**. Coimbra, Edição 70, 2020.

MAIA, Caroline Marques. **O que é senciência?** Consciência animal. Blogs Unicamp, julho, 2020. Disponível: <https://www.blogs.unicamp.br/conscienciaanimal/o-que-e-senciencia/>. Acesso: 11.06.2024.

MYERS, Willian (Ed.). **Biodesign. Nature, science, criativity**. NY, Moma, 2012.

MYERS, Willian. **What biodesign means to me**. 2021. Disponível: <https://www.biodesigned.org/will-myers/what-biodesign-means-to-me>. Acesso: 11.03.2024.

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

STEADMAN, P. **The evolution of designs – biological analogy in architecture and applied art**, 1ª ed., Cambridge, Cambridge University Press, 1988.

THE BIOMIMICRY INSTITUTE. **The Biomimicry Design Process**. 2015. Disponível: <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>. Acesso: 12.05.2024.

THOMPSON, D. W. **On growth and form**. 1ªed., Cambridge, Cambridge University Press, 1961.

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

VIANNA, Ysmar; VIANNA, Maurício; MEDINA, Bruno; TANAKA, Samara. **Gamification, Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. MJV Press: Rio de Janeiro, 2013

WAHL, D. C. **Bionics vs. Biomimicry: From control of nature to sustainable participation in nature**. New Forest, WIT Transactions on Ecology and the Environment. – Univesidade Politécnico de Milão, Dottorato di Ricerca in Disgno Industriale e Comunicazione Multimediale, 2006.

YANG, Xiohan, JARAMILLO, Alfonso and CHENG, Zong-Ming. **Biodesign Research to Advance the Principles and Applications of Biosystems Design**, 2019. Disponível: <https://spj.science.org/doi/10.34133/2019/9680853>. \_Acesso em 22.05.2024.