

INTRODUÇÃO

Ao longo da evolução, os organismos vivos se deparam com inúmeros desafios e pressões seletivas, das quais sobressaem os mais preparados,¹ deixando pelo caminho espécies extintas, registros fósseis, e resultando na nossa biodiversidade atual. Nos referimos a esse processo como evolução adaptativa.² Os frutos dessa trajetória de mais de 3 bilhões de anos da vida na Terra habitam os mais diversos ambientes: terra, água, ar – das altas montanhas até o fundo do mar, passando também por ambientes extremos como geleiras, vulcões, gêiseres e lagos hipersalinos. De toda a biodiversidade, conhecemos ainda muito pouco: são apenas 2 milhões de espécies descritas entre as 11 milhões estimadas.

No que já conhecemos da natureza, identificamos propriedades inspiradoras como beleza, sofisticação, miniaturização, hibridismo, resistência e adaptabilidade (Sanchez; Arribart; Guille, 2005). Nos materiais biológicos, por exemplo, encontramos propriedades físicas excepcionais, como elevada dureza, flexibilidade, resistência à pressão ou à compressão, entre outras. Essas características chamam a atenção especialmente se considerarmos a gama limitada de elementos químicos que compõem a maior parte dos seres vivos:

-
- 1 Diz-se “mais preparados” em relação ao contexto ecológico, ambiental e/ou geológico.
 - 2 Evolução adaptativa não deve ser confundida com o conceito lamarckiano de adaptação. Evolução adaptativa refere-se ao processo pelo qual características genéticas favoráveis são selecionadas naturalmente e ao longo do tempo, aumentando a adaptação de uma espécie ao seu ambiente. O conceito é fundamentado na ideia de seleção natural – proposto independentemente tanto por Charles Darwin quanto por Alfred Russel Wallace. Em contraste, a teoria proposta no século XIX pelo biólogo Jean-Baptiste Lamarck para explicar a evolução dos seres vivos postulava que os organismos se adaptariam durante suas vidas ao seu ambiente e posteriormente transmitiriam as características adquiridas para seus descendentes.

carbono, nitrogênio, cálcio, hidrogênio, oxigênio, silício e fósforo – apenas 7 entre os 92 elementos que ocorrem naturalmente. No corpo humano não é diferente: 96% de nossa massa é composta por esses mesmos 7 elementos. E apenas cinco deles são necessários para formar o ubíquo DNA.

Além do minimalismo em seus “ingredientes”, a forma de processamento dos elementos que compõem os seres vivos está restrita à temperatura ambiente – e, muitas vezes, ao meio aquoso. Desde os músculos, passando por tecidos moles e chegando aos ossos, conchas e carapaças, as propriedades dos materiais biológicos resultam de composições, formas e estruturas complexas que combinam e recombina elementos de maneira inusitada – dando origem a uma miríade de resultados que não cessa de nos surpreender.

A seda das aranhas da espécie *Caerostris darwini*, por exemplo, é o material de maior tenacidade conhecido até o momento: 45 vezes maior que a do aço de alta resistência e 4,5 vezes maior que a do Kevlar K49 (uma fibra sintética de alta performance no estado da arte da indústria de materiais). No caso das sedas de aranhas, a produção desses materiais de alta performance pode ocorrer bem ali em nossos jardins – em temperatura ambiente e em frente aos nossos olhos.

Design inspirado pela natureza

Observações como essas fizeram surgir propostas de replicar estruturas biológicas a partir da observação de novos conceitos e paradigmas “projetuais” vindos da natureza. O design inspirado pela biologia recebe nomenclaturas como biônica,

biomimética e bioinspiração, entre diversas outras – e tem sido considerado uma ferramenta profícua para a criatividade e a inovação em novos produtos e tecnologias.

Na década de 1940, Georges de Mestral intrigou-se com as persistentes sementes de *arctium*, planta pertencente à família Asteraceae, que grudavam em suas roupas e nos pelos de seu cão. Mestral replicou a estrutura da superfície dessas sementes em materiais sintéticos para criar o produto que conhecemos como “Velcro”.

As cores de borboletas e mariposas não vêm de pigmentos, e sim da interação da luz com a morfologia da superfície das asas desses animais. Painéis fotovoltaicos inspirados nessas superfícies biológicas são capazes de aumentar em até 200% a absorção de luz. Também surgiram dessa inspiração protótipos de tecnologias para telas e *displays* eletrônicos, além de técnicas de impressão sem tinta.

Já pensou em como as baleias jubarte, medindo cerca de 15 metros e pesando mais de 30 toneladas, conseguem nadar a uma velocidade de até 27km/h, completando anualmente grandes rotas migratórias, partindo, por exemplo, da costa do estado da Bahia até chegar à Antártida – e de volta outra vez? Em vez de nadadeiras lisas e com o visual *streamlined*³ que conhecemos, estas gigantes possuem a borda anterior da nadadeira peitoral ondulada, o que reduz a turbulência e

3 *Streamlined* refere-se às formas aerodinâmicas. Enquanto estilo internacional de arquitetura e design, popularizou-se na década de 1930 como um desdobramento do movimento *Art Déco*. O movimento *Streamline Moderne*, ou simplesmente *Streamline*, foi fortemente influenciado pelo design de linhas aerodinâmicas presentes em carros e aeronaves que começavam a surgir e a se popularizar naquela época.

o arraste na água. Em pás de turbinas eólicas experimentais, o design bioinspirado nas baleias jubarte foi capaz de reduzir em 30% o arraste, em 20% o ruído e aumentar em 20% a energia gerada.

Em 2011, o Biomimicry Guild (hoje chamado Biomimicry 3.8), instituto norte-americano de consultoria em inovação através da bioinspiração, criador do *Biomimicry Innovation Method* (ou método BIM – Método de Inovação por Biomimetismo, em tradução livre) – registrou que cerca de 90% dos produtos e processos criados foram totalmente novos para seus clientes – sendo alguns deles grandes empresas como Boeing, General Electric, NASA e Nike (Gebeshuber, 2011). Deste instituto também nasceu o Ask Nature (ou Pergunte à Natureza, em tradução livre), um portal *on-line* de livre acesso que cataloga e descreve o funcionamento de diversas estruturas biológicas e de processos da natureza.

Embora os métodos de biomimética tenham sido majoritariamente difundidos no século XX, a literatura aponta que a natureza já servia de inspiração para cientistas como Leonardo da Vinci desde o Renascimento. Registros apontam também que em 1867 o horticultor e paisagista francês Joseph Monier inventou o concreto armado a partir da observação da estrutura das *Opuntia*, um gênero botânico da família dos cactos – Cactaceae (Gruber, 2011b). Também há relatos de que Gustave Eiffel se inspirou na estrutura do fêmur humano para a idealização da Torre Eiffel, construída entre 1887 e 1889 (Ayre, 2006 *apud* Biggins; Hiltz; Kusterbeck, 2011). No século XX, o tema avançou com o trabalho do biólogo e matemático escocês D'Arcy Thompson, que publicou em

1917 o livro *On Growth and Form* (ou *Sobre o Crescimento e Forma*, em tradução livre), elaborado a partir de seus estudos matemáticos e geométricos das proporções da natureza. Na obra, Thompson analisa padrões de crescimento e formas das estruturas biológicas, encontrando constantes matemáticas que apoiam suas premissas de que estes não são mero fruto do acaso e sim o produto de processos dinâmicos de forças que moldam cada um dos estágios do crescimento das estruturas naturais.

É comum pensarmos a natureza e evolução dos seres vivos como um longo processo em direção única, em busca de soluções cada vez melhores e mais otimizadas. Por isso, deixamos aqui nosso primeiro alerta: a evolução natural não deve ser entendida puramente como progresso.

Evolução natural vs. progresso

Tanto “evolução” quanto “progresso” são termos contaminados pelas aspirações de sociedades ocidentais pós-revolução industrial. A evolução natural, conforme teorias desenvolvidas por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace, é um processo de adaptação a um cenário ambiental – seja ele qual for. Espécies que habitavam a Ilha das Flores (Indonésia) há milhares de anos, por exemplo, evoluíram corpos com tamanhos e demandas calóricas reduzidas. Esta foi provavelmente a forma de se adaptarem à escassez alimentar e a outros desafios da vida insular. É possível que um olhar menos atento classifique a trajetória dos já extintos habitantes da ilha como exceção ou tropeço evolucionário. No entanto, este é apenas mais um corriqueiro exemplo da seleção natural em

curso. O fato de esse caso nos chamar a atenção diz muito mais sobre nós mesmos do que sobre o fato em si: estamos tão acostumados aos paradigmas e estéticas ocidentais, pós-industriais e do consumismo que, por vezes, fica difícil pensar no menor sendo o ótimo.

No design não é diferente – desde o início do século XX com o movimento “less is more” (menos é mais) difundido por Mies van der Rohe,⁴ passando por Dieter Rams⁵ e Jonathan Ive,⁶ o minimalismo ainda representa um forte contraponto ao paradigma vigente –, Marie Kondo⁷ que o diga.

Ainda no exemplo da Ilha das Flores, poder-se-ia argumentar que esses seres – entre eles hominídeos e elefantes – já não

-
- 4 Nascido na Alemanha em 1886, Ludwig Mies van der Rohe foi pioneiro na arquitetura moderna. Os projetos de Mies van der Rohe incorporaram o *ethos* minimalista, caracterizado por linhas limpas, espaços abertos e rejeição à ornamentação. Ele cunhou a célebre frase “menos é mais” para encapsular sua crença de que a arquitetura deve alcançar o máximo efeito com meios mínimos.
 - 5 Nascido na Alemanha em 1932, Dieter Rams é reconhecido por seu trabalho como designer industrial para a Braun e sua filosofia de “menos, mas melhor”, que acreditava nas vantagens de se eliminar elementos desnecessários para alcançar clareza e funcionalidade, enfatizando linhas limpas, simplicidade e design centrado no usuário. Sua influência se estende muito além do design de produtos, moldando o amplo discurso sobre minimalismo em diversos campos criativos, desde a arquitetura até o design gráfico.
 - 6 Nascido no Reino Unido em 1967, Jonathan Ive é um aclamado designer industrial, celebrado por sua passagem pela Apple. Ive acredita em criar produtos que integram forma e função, em que cada detalhe tem um propósito. Sua colaboração com Steve Jobs resultou em produtos icônicos como o iPhone, o iPad e o MacBook.
 - 7 Nascida no Japão, em 1984, Marie Kondo tornou-se sinônimo do movimento de estilo de vida minimalista. Através de seu método KonMari, a autora e consultora em organização defende a sistematização e a arrumação de pertences com base em se eles “despertam alegria”. A abordagem de Kondo vai além da simples arrumação; ela promove uma conexão mais profunda com os pertences de alguém e incentiva a consciência no consumo.

mais existem. Se essas espécies eram propriamente evoluídas, por que, então, foram extintas?

Aqui deixamos nosso segundo alerta: extinção não quer dizer necessariamente inadequação. Aliás, estamos falando de adequação a quê?

Seriam os fósseis realmente fracassos da natureza?

Não é incomum encontrarmos na literatura sobre bioinspiração escritos que se referem aos fósseis e animais extintos como fracassos da natureza em termos de forma e função – ou ainda de design.⁸ Ainda nessa perspectiva, as espécies atuais seriam o legado de sucesso dos experimentos da natureza com princípios físicos, químicos e mecânicos após bilhões de anos de tentativa e erro.

Seriam então os fósseis tentativas fracassadas da natureza?

Se considerarmos o panorama atual da Terra, é possível que os seres já extintos pareçam inadequados ou incapazes de sobreviver – deixados à margem do caminho pela incólume seleção natural. No entanto, em nossa visão antropocêntrica, muitas vezes nos esquecemos de considerar todo o horizonte de evolução natural e mudanças no planeta – seja na água, na terra ou no ar. Tomamos como único o momento

8 Podemos encontrar, em textos sobre bioinspiração, a palavra “design” sendo utilizada para se referir à forma, morfologias e estruturas de seres vivos. Esta palavra deve ser utilizada com cautela, visto que nas áreas projetuais ela implica intenção, propósito e atividade projetual – um paradigma muito diferente daquele que consideramos quando falamos da origem e evolução das espécies.

que vivemos. Porém, desde o seu surgimento, há mais de 4 bilhões de anos, nosso planeta mudou muito – e continua mudando.

Surgida há mais de 3 bilhões de anos, a vida no planeta começou em oceanos quentes e tóxicos.⁹ A atmosfera, como a conhecemos, é resultado da oxigenação por esses organismos primitivos. A Terra – originalmente uma grande massa continental que foi se separando até dar forma aos continentes atuais – também se transformou, formando desertos, florestas e alagados, entre outros tipos de ambientes. Ao longo desse processo, a vida enfrentou e enfrenta adversidades – desde as pequenas e contínuas mudanças aos grandes cataclismas e acidentes cósmicos. “Nada é permanente, exceto a mudança”, disse o filósofo Heráclito¹⁰ – o que representa bem a essência da natureza.

O que geralmente compreendemos como biodiversidade é apenas um quadro, uma “fotografia” ou recorte de uma trajetória mais longa e complexa. Assim, as espécies extintas são “fotos antigas” – registros de um longo e permanente processo de mudança, adaptação e evolução das espécies e de acertos da natureza em outras dinâmicas, cenários, panoramas e horizontes.

Em alguns casos, passado e presente não são mutuamente excludentes. As corcovas de camelos e dromedários são um

9 Tóxicos para nós, seres humanos, e para a maioria das espécies existentes hoje.

10 Heráclito nasceu na cidade de Éfeso em 540 a.C e suas ideias são conhecidas através de fontes doxográficas (que consistem na transcrição não literal das ideias de um escritor por meio da interpretação de outro escritor).

ótimo exemplo disso. Você provavelmente ouviu, quando criança, que esses animais armazenam água em suas corcovas. Na realidade, encontra-se ali uma rica reserva de energia em forma de gordura – que, além de prover alimento em períodos de escassez, ajuda a manter regulada sua temperatura e evita a perda de água em ambientes extremos como o deserto. No entanto, o que poucos sabem é que durante o último período glacial, há mais de 40 milhões de anos, em resposta aos ambientes gelados da América do Norte, os ancestrais dos camélídeos atuais originaram-se e evoluíram muitas estruturas que os fazem bem adaptados aos desertos.

Assim como essas adaptações serviram bem aos camelos ao longo de 40 milhões de anos – primeiro sob as intempéries do gelo, e, posteriormente, sob as adversidades das areias escaldantes –, podemos também aplicar exemplos da evolução das espécies que no passado não tiveram êxito, mas que caso fossem inseridas em novos cenários e contextos teriam boas chances de sucesso.

A vida parece sempre capaz de mudar, de adaptar e encontrar um meio de sobrevivência – “life finds a way”, dizia Dr. Ian Malcolm, personagem ficcional do filme *Jurassic Park*. E me parece uma questão de sabedoria ver, enxergar e admirar os tantos meios encontrados pela natureza para tão diferentes fins.