

**ASPECTOS ESTRATÉGICOS
E SISTEMÁTICOS DA BIÔNICA
E BIOMIMÉTICA**

SOBRE O AUTOR

Fabrizio Vanden Broeck | vandenbro@yahoo.com.mx

Lattes: http://fabriziovandenbroeck.com/?page_id=229#display

Nascido em 1955, na Cidade do México. Designer, ilustrador, pintor e editor, é professor de design e design básico e bionica na Universidade Autônoma Metropolitana de Azcapotzalco, na Cidade do México. Mestrado em design e biônica na Ecolé de Lausanne, Suíça. Suas ilustrações foram publicadas no The New York Times, no La Vanguardia (Barcelona), no Libération (Paris), no El Mundo del siglo XXI (Madri), na revista El Malpensante (Bogotá) e na revista Letras Libres (México, DF). Atualmente é editor de ilustração da editora El Dragon Roxo, dedicada exclusivamente para livros infantis.

Em 2007, o livro *La cucaracha*, ilustrado por ele, foi selecionado para a exposição The White Ravens 2007 que a Internationale Jugendbibliothek organiza anualmente no âmbito da Feira do Livro de Ragazzi de Bolonha, Itália. Em 2010, ele foi indicado pelo México para o Prêmio Hans-Christian Andersen na categoria de ilustração.



Padrões na Natureza

Patterns in Nature

Fabricio Vanden Broeck

Resumo

É possível perceber como algumas coisas na natureza, apesar do aspecto orgânico, parecem precisamente e milimetricamente calculado sobre um padrão matemático.

Em muitos desses padrões estão escondidas algumas sequências matemáticas das mais importantes. Uma delas e mais exploradas é a sequência de fibonacci que converge para a proporção áurea (1,618033...). Outras que demonstraremos no texto, são os fractais, os fluxos, as ramificações dentre outras. Procuraremos demonstrar que mesmo por traz deste sistema caótico e de ordem ao mesmo tempo, seus princípios e construções possuem uma base comum.

Palavras-chaves: Padrões e natureza; Lei constructual; Biodesign.

Abstract

It is possible to see how some things in nature, despite the organic aspect, seem precisely and millimetrically calculated on a mathematical pattern.

In many of these patterns are hidden some mathematical sequences of the most important. One of them and more explored is the fibonacci sequence that converges to the golden ratio (1.618033 ...). Others that we will demonstrate in the text, are the fractals, the flows, the ramifications among others. We will try to demonstrate that even behind this chaotic and orderly system at the same time, its principles and constructions have a common basis.

Keywords: *Patterns and nature; Construction law; Biodesign.*

1. INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais interessantes da natureza, do ponto de vista do designer, é a sua formidável coerência formal e estrutural. Como vários autores apontaram e, em particular, Peter S. Stevens em seu livro *Patterns in Nature*, por trás da aparente diversidade de formas e soluções na natureza, há uma unidade porque todos derivam da combinação de alguns padrões e princípios de construção básicos.

Entre esses padrões, alguns são particularmente relevantes, pois estão presentes tanto nos processos mais primitivos de interação do espaço com a matéria, quanto naqueles relacionados aos organismos vivos mais sofisticados, bem como nos esquemas de organização e desenvolvimento feitos pelo homem



Figura 1: Fruto da goiaba.

A esfera, por exemplo, é o arquétipo da proteção. Ele se manifesta em todo o sistema em estado latente, como ovos, sementes ou frutos e isso por uma razão física: de todas as formas tridimensionais, a esfera é a que contém o maior volume com a menor superfície.

É então a solução ideal para proteger algo porque minimiza a superfície em contato com o exterior. Nós mesmos aproveitamos a forma esférica no desenvolvimento de capacetes de proteção ou de recipientes sob pressão pelas mesmas razões e, claro, também as formas aerodinâmicas e hidrodinâmicas que de alguma forma derivam da esfera.

A esfera também é o ponto de partida da maioria dos processos vitais. Os programas de crescimento e expansão espacial estão contidos em estruturas de proteção esféricas e compactas, como sementes ou brotos.

A espiral, por outro lado, é o padrão que governa os processos de crescimento e desenvolvimento: a abertura das flores, por exemplo, passa pelo desenrolar de estruturas compactadas, algumas dobradas, outras roladadas, dentro do casulo e isso graças ao meandro ou à espiral, padrões semelhantes de empacotamento compactos. Nós mesmo crescemos dentro de um saco envolto em uma estrutura que tende à forma esférica e desenvolvemos pelo desdobramento.

A propriedade de embrulho da espiral torna possível compactar um longo caminho dentro de um espaço pequeno. O Museu Guggenheim é um bom exemplo de como, graças à espiral, Frank Lloyd Wright maximiza uma jornada de funcionamento do museu dentro de um volume reduzido.



Figura 3: Rio fluindo, seguindo o padrão do meandro.

O meandro é um padrão de ocupação do espaço a partir de um caminho linear, como no caso de um rio que se estende em uma área sinuosa e, como a espiral, é um padrão particularmente relevante na formação de estruturas dobráveis e empacotamentos compactos. As linhas longas nos aeroportos, por exemplo, são gerenciadas usando o meandro e são um exemplo do uso que o homem deu a esse padrão.

A explosão é um padrão de expansão espacial rápida que se manifesta quando a urgência se impõe: o exemplo mais imediato é a explosão, em seu sentido literal,

que se manifesta com a necessidade de dispersar uma concentração excessiva de energia o mais rápido possível.

O modelo centrífugo e multidirecional que acompanha o fenômeno da explosão é o mais adequado para dispersar recursos, energia ou matéria em situações onde a urgência prevalece.

Em áreas de catástrofe, como as vistas após um terremoto ou crise humanitária, as necessidades urgentes impõem uma organização implosiva, isto é, uma precipitação de fora para o centro onde os recursos estão concentrados. A forma é a mesma que a da explosão, embora o sentido seja centrípeto.

A ramificação também é um padrão de crescimento e expansão, mas propõe um crescimento ordenado baseado na hierarquia: o resultado é ramificações diferenciadas, algumas mais importantes do que outras, embora sejam interdependentes e indispensáveis para o funcionamento do sistema. É um esquema mais “sofisticado” na medida em que introduz uma organização hierárquica que, pela sua natureza, é mais complexa.

No entanto, a maior sofisticação das ramificações não implica uma superioridade em termos de eficiência em relação a outros padrões expansivos, nem é o resultado de uma evolução baseada em padrões mais simples. De fato, manifesta-se simultaneamente com os outros padrões que mencionamos, nas expressões mais primitivas da interação das forças da natureza e da organização da matéria. As redes fluviais e os choques elétricos nas tempestades são um bom exemplo disso. As organizações humanas também recorrem a esquemas ramificados e hierárquicos. Estes aparecem de uma certa escala, quando a administração de uma só pessoa se torna ineficiente.

Todos esses padrões formativos não são mutuamente exclusivos nem são características fixas e imóveis de um fenômeno particular. As circunstâncias externas podem impor mudanças e alterar padrões construtivos geralmente associados a uma certa manifestação.

Encontramos um exemplo da variabilidade dos padrões nas plantas em áreas desérticas: em geral, estas são organizadas em uma explosão porque a escassez de água que obriga a dispensar qualquer estrutura intermediária que atrase o fluxo de líquidos das raízes para as folhas. Assim, na maioria das plantas de áreas desérticas, as folhas estão diretamente ligadas às raízes, independentemente dos ramos. Estas plantas raramente excedem 50 cm de altura: maior altura implicaria mais tempo para que a água passasse das raízes para as folhas, durante o qual as perdas de fricção ou evaporação excederão as vantagens de ganhar altura e volume.

No entanto, nas áreas de fronteira entre o deserto e as zonas mais temperadas, aparecem as adaptações particulares dessas plantas às condições ambientais mais moderadas, que lhes permitem crescer em tamanho, favorecendo - se não exigir - a aparência de estruturas ramificadas e mais econômicas que a explosão e estruturalmente mais viável para tamanhos maiores. Estas adaptações particulares atingem mais de 4 metros de altura.



Figura 4: Fogos de artifício.



Figura 5: Ramos na folha da árvore.



Figura 6a: Nopal na área do deserto.



Figura 6b: Nopal na área semidesértica.



Figura 7: Fluxo laminar em madeira. O crescimento lento da madeira contorna um nó, zona de maior densidade.

2. TUDO FLUI

Na natureza, o que percebemos como formas são apenas “quadros” de uma sequência de mudanças contínuas na busca de um equilíbrio dinâmico. Essas sequências de mudanças constituem fluxos.

Onde há movimento, há fluxo. Tudo o que se move, animado ou inanimado, é um fluxo, Adrian Bejan nos conta em seu livro *Design in Nature*. E tudo na natureza está sujeito a movimentos porque obedece à 2ª Lei da Termodinâmica. Esta lei revela a tendência ao equilibrar dos níveis de energia em um determinado espaço: *onde há uma maior concentração de energia, esta tenderá a dissipar-se fluindo para as áreas de menor concentração, a fim de obter uma distribuição uniforme de energia em um dado espaço.*

Se, por exemplo, acendemos uma vela em um espaço fechado, o calor emitido por ela será distribuído no espaço disponível até que a temperatura seja igual para todos os lados.

Este princípio é válido para qualquer forma de energia em qualquer das suas manifestações: massa, informação, etc. Na natureza, um sistema aberto por definição, as fontes de energia são múltiplas e diversas, o que gera diferenças acentuadas no potencial energético: se ativa então os fluxos que colocam em movimento fluidos de diferentes naturezas e em diferentes direções, gerando uma combinação complexa de turbulência, fluxos laminares, explosões, todos esses fenômenos que mostram padrões que também encontramos em muitas outras manifestações, inclusive animadas.

De acordo com Bejan, vegetais e animais são manifestações da busca de distribuição de matéria e energia no espaço disponível. Nos fluxos, que representam a primeira expressão do movimento na matéria, já se manifestam todas as formas e padrões que vemos refletidos em manifestações mais evoluídas. Do ponto de vista construtivo, não existe uma linha divisória entre o animado e o inanimado e, se a vida se origina em um ambiente aquático, não é surpreendente que as primeiras formas dos vivos sejam apenas uma pequena variação nas formas que caracterizam os fluxos.



Figura 8a: fluxo turbulento gerado pelo deslocamento rápido de um objeto em uma superfície de água.

Um fluxo é um sistema determinado por 2 estados: um estado potencial latente, caracterizado por uma certa concentração de alguma forma de energia e um estado dinâmico que mobiliza energia concentrada para uma área ou espaço de menor ou nenhuma presença de energia, em uma tendência natural de distribuição uniforme. Por exemplo, uma fonte de água irá dispensar e dispersar a água, que tenderá a espalhar-se o máximo possível na área disponível.

Esses dois estados, um de concentração e armazenamento, o outro de expansão e movimento, se alternam constantemente nos processos de mobilização de energia na Natureza, mesmo que estejam por trás de todos os processos naturais.

O processo de expansão ou ocupação do espaço disponível é o fluxo e este adotará um determinado padrão formal dependendo da diferença de potencial (diferença de temperatura, umidade, quantidade de matéria etc.) entre a fonte e o espaço disponível para o processo de expansão.

Voltando ao exemplo da vela, o calor emitido por ela se espalhará lentamente, uma vez que o diferencial entre a energia emanada pela vela e a energia ambiente é relativamente mínimo e de pouco alcance, o que fará com que o fluxo

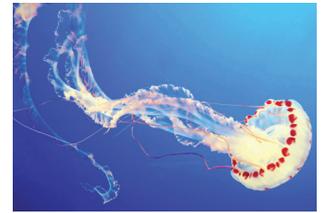


Figura 8b: Medusa.



Figura 8c: Seção longitudinal em um cogumelo.



Figura 8d: Formação de turbulência gerada por um fluxo de água relativamente rápido que passa por um obstáculo fixo (pedra).

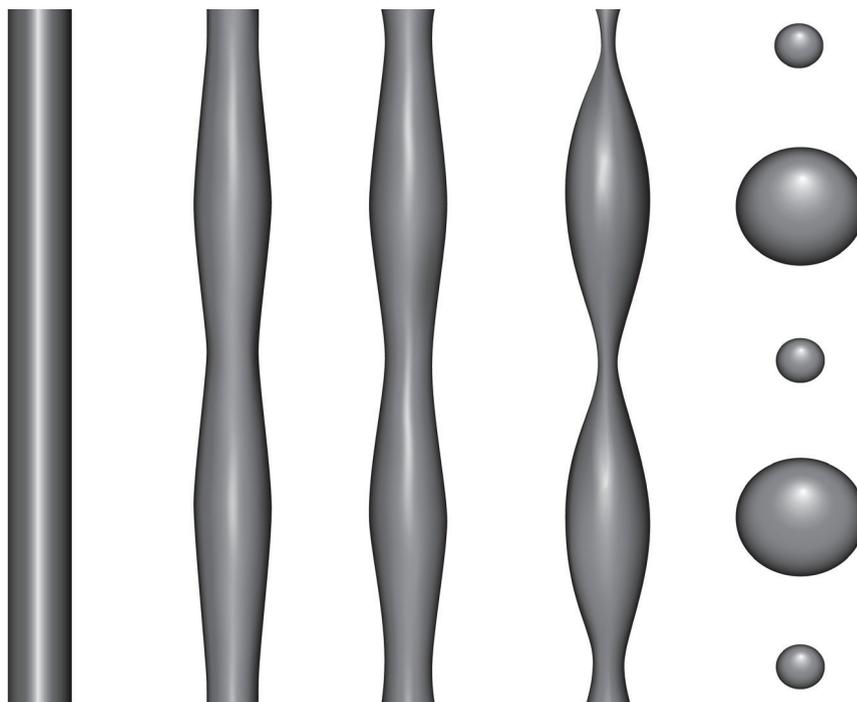


Figura 9: Diferentes estágios do fluxo de água de uma fonte. À medida que o fluxo diminui, a alternância de contração e expansão se torna mais evidente.

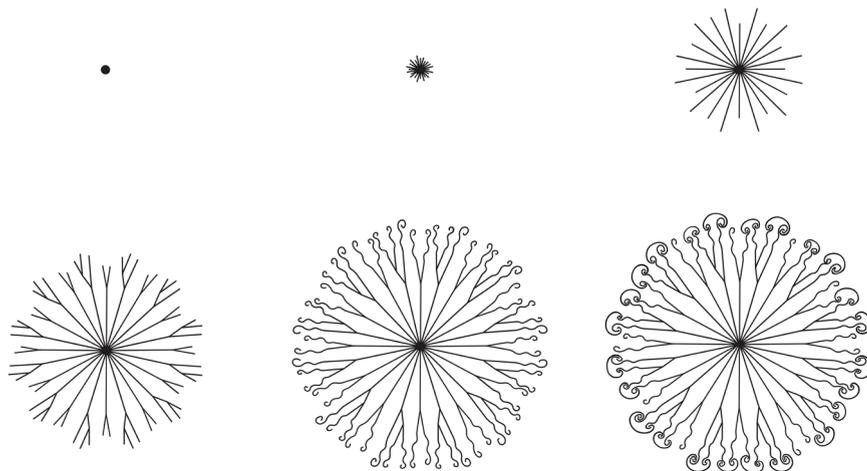


Figura 10: Fluxo ondulatório e turbulento na fumaça do cigarro.

de energia enfrente uma relativa resistência do ar que se manifestará primeiro por uma ondulação - meandro - e, finalmente, pela turbulência caracterizada por espirais. Você pode visualizar isso com a fumaça do charuto: o calor e a fumaça estão lutando para superar a resistência do ar e espalhar-se e essa luta entre fluidos, não muito diferentes uns dos outros em termos energéticos, é manifestada por um fluxo de onda e então turbulento.

No entanto, se no mesmo espaço, em vez de uma vela, acendermos uma bombinha, explodirá seguindo um padrão explosivo que, à medida que perde energia, enfrentará a resistência do ar que se tornará cada vez mais patente, forçando o fluxo a mudar de padrão adotando sucessivamente o da ramificação, o do meandro e, finalmente, o da turbulência.

Figura 11: Formação de explosão estágios sucessivos da expansão explosiva de energia está adota em sequência o padrão da explosão, o do ramo, o meandro e termina com a espiral.



A alternância dos estados de concentração e expansão pode ser observada nos vários estágios do desenvolvimento das plantas. As sementes, um exemplo evidente do estado de concentração, dão lugar aos processos de desenvolvimento da planta que se manifesta com a expansão espacial desta planta para depois gerar novas sementes que serão dispersas no espaço graças a diferentes mecanismos, dando, cada uma, início a um novo ciclo.

Bejan aponta um exemplo muito interessante na formação dos cristais de neve: primeiro a água se concentra ao redor de um núcleo para iniciar o processo de solidificação. Do núcleo, seguindo uma simetria hexagonal, ele nos diz, emergem agulhas que são nada mais do que dissipadores de calor que facilitam a solidificação. Para acelerar ainda mais o processo, as primeiras agulhas se ramificam e geram mais agulhas que aceleram ainda mais o processo de dissipação de calor e solidificação.

Não é difícil ver um paralelo entre a semente, sua transformação em uma planta através da expansão e ramificação e o que acontece com o núcleo do cristal de neve, sua expansão através de uma certa explosão (constituída por apenas seis raios) e as ramificações sucessivas dos raios.

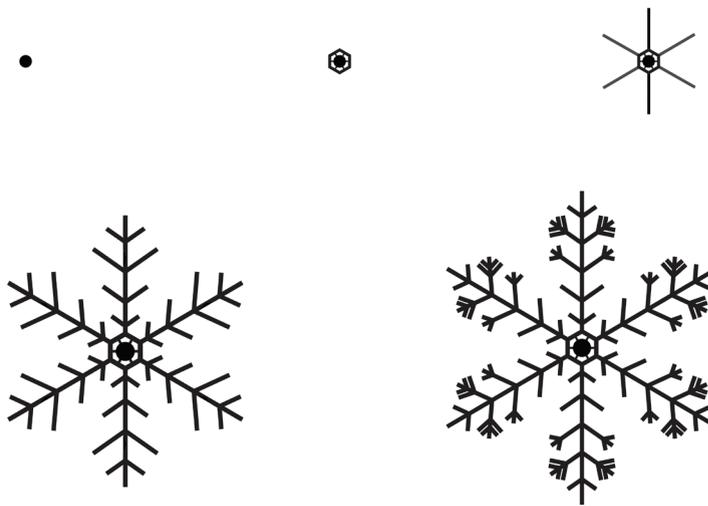


Figura 12: Formação de flocos de neve 1°, 2°, 3°, 4°, 5° estágios sucessivos da formação de um floco de neve.

3. CONCLUSÃO

Os padrões que vemos e concebemos de forma isolada na natureza estão na realidade vinculados entre si e fazem parte de um fenômeno único promovido pela necessidade de expansão e distribuição uniforme de energia em um ambiente de constante mudança, sempre em movimento: o fluxo, sistema caracterizado por dois estados, um de concentração e o outro de expansão que se alternam entre si de forma indefinida.

O fluxo se manifesta tanto no inanimado como no animado em resposta à 2ª lei da termodinâmica e ao princípio básico de todas as formas: a Lei Constructual proposta por Bejan que pode ser resumida da seguinte forma:

1. Para que um fluxo persista ao longo do tempo, sua configuração deve evoluir de forma a facilitar o acesso às correntes que fluem através dele.
2. Para otimizar, o fluxo de energia adotará sucessivamente diferentes padrões formais, em função da diferença de potencial de energia e da fase do fluxo (concentração ou expansão).

REFERÊNCIAS

- Adam A. John. *Mathematics in nature: modelling patterns in the natural world*. Princeton, Princeton University Press, 2003.
- Bejan, A. & Zane, Peder J. *Design in nature*. New York, Doubleday, 2012.
- Meadows, H. Donella. *Thinking in systems*. USA, Chelsea Green Publishing, 2008.
- Schmidt-Nielsen, K. *How animals work*. USA, Cambridge University Press, 1979.
- Schwenk, T. *Sensitive chaos*. Rudolph Steiner Press, 1996.
- Stevens, S. P. *Les formes dans la nature*. Paris, Seuil, 1978.
- Thompson, W. D'Arcy. *Crecimiento y forma*. Barcelona, Blume, 1980.
- Vanden Broeck, F. *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. UAM-Azc., 2000.
- Wainwright S. A. y otros. *Diseño mecánico en organismos*. Barcelona, Blume, 1980.