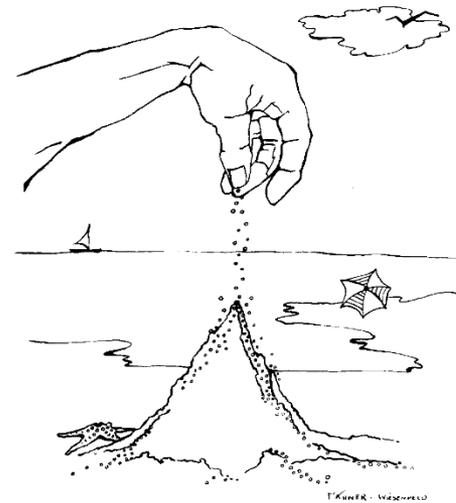


Sistema Auto-Organizado (SAO)

Criticalidade Auto-Organizada(CAO)



SAO- sistemas auto-organizados

A "organização" está relacionada a um aumento na estrutura ou na ordem dos elementos ou dos componentes do sistema ou no aumento do nível de coordenação das suas ações (decisões).

A auto-organização refere-se ao processo que gera aumento no nível de organização, ou do arranjo de uma parte do sistema que pode promover uma função específica, sem presença de um controle ou manipulação externa ou central.

SAO- sistemas auto-organizados

Parece se tratar de um fenômeno “espontâneo”, contudo, o sistema é aberto e troca informação ou energia com o meio ambiente, que por sua vez pode mudar, de sorte a favorecer o aumento da organização interna.

Dizer que um sistema é auto-organizado é dizer que ele não é regido por regras top-down, e sim bottom-up, embora possa haver restrições globais agindo sobre cada componente individual, influenciando ou favorecendo a coordenação/ organização coletiva.

SAO- sistemas auto-organizados

O que chama a atenção neste processo é a ausência de um ente central neste processo. Mais uma vez, isso confere uma impressão de “espontaneidade”.

Curiosamente, um resultado bem estabelecido da termodinâmica é que um sistema que evolui por si só tende a aumentar o grau de desordem interna. Assim, a auto-organização parece violar a segunda lei da Termodinâmica que afirma que a tendência natural do sistema é aumentar sua entropia (desordem).

Como isso é possível?

SAO e a Termodinâmica

Primeiro, o sistema (uma entidade reconhecível, tal como um órgão, um organismo, ou uma população), deve trocar energia e / ou massa com o seu ambiente. Em outras palavras, deve haver um fluxo de energia diferente de zero através do sistema. Adicionar o calor em um pote de água ou fornecer comida para um tanque de peixes são exemplos de fluxos de energia ou massa. Um sistema deve ser termodinamicamente aberto, porque caso contrário ele iria usar toda a energia utilizável disponível no sistema (e assim maximizar a entropia) e alcançar o que é conhecido equilíbrio termodinâmico. Costuma-se dizer que o SAO estão “fora” do equilíbrio termodinâmico, ou seja, eles só precisa estar longe o suficiente para evitar o colapso em uma condição de equilíbrio local, e às vezes isso não implica estar muito longe.

SAO e o Comportamento Dinâmico

Se um sistema não está em ou perto do equilíbrio, a única outra opção para seu comportamento é que ele está no regime dinâmico, o que significa que o sistema está passando por uma mudança contínua de algum tipo. Um dos tipos mais básicos de mudança para SAO é importar energia utilizável a partir do seu ambiente e exportar entropia de volta para ele. A ideia de “exportação de entropia ” é uma maneira técnica de dizer que o sistema não está a violar a segunda lei da termodinâmica, uma vez que ele pode ser visto como uma parte de um sistema maior. Esta dinâmica exportadora de entropia é a característica fundamental do que os químicos e os físicos chamam de estruturas dissipativas.

.

SAO e as Interações Locais

SAO deve ter um grande número de unidades constituintes. Células, tecidos vivos, o sistema imunológico, cérebros, populações, comunidades, economias, clima contêm centenas de bilhões de partes. Estas unidades são freqüentemente chamados de agentes, porque elas têm as propriedades básicas de transferência de informação, armazenamento e processamento. Usamos simulações de computador para observar como as interações locais, não-lineares de muitos agentes podem se desenvolver em padrões complexos.

Já que muitos sistemas naturais têm **interações locais**, esta condição é responsável por ser um importante mecanismo de auto-organização que deve ser incorporado aos modelos de SAO

Auto-organização: Definição

O conceito de auto-organização muitas vezes é confundido com emergência. Para evitar tal confusão, vamos adotar uma definição, seguindo Tom De Wolf and Tom Holvoet (vide referência no final)

Auto-organização é um processo dinâmico e adaptivo onde o sistema adquire e mantém sua **estrutura** de forma autônoma, sem um controle externo.

O termo estrutura acima mencionado pode ser espacial, temporal ou funcional. Controle externo refere-se a ausência de direção, manipulação, interferência, pressão ou envolvimento de algo fora do sistema. A noção de sistema implica que existe uma fronteira que define o que chamamos de externo.

Auto-organização: autonomia

Uma parte importante do conceito é o auto (self) que quer dizer que os constituintes do sistema (agentes) são autônomos.

Note que autonomia não implica que o sistema não recebe input de fora. O sistema troca matéria, energia ou informação com o exterior, mas não recebe instrução de controle do exterior. A decisão tomada das ações ou estados futuros do sistema depende apenas do processamento autônomo dos seus elementos constituintes.

Auto-organização: adaptabilidade e robustez

O sistema é muitas vezes perturbado ou sofre mudanças e precisa se adaptar para continuar exercendo sua função. Esta capacidade de adaptação confere a robustez, outra propriedade dos sistemas auto-organizados.

Esta adaptabilidade implica na necessidade do sistema de exibir uma grande variedade de comportamentos (atratores).

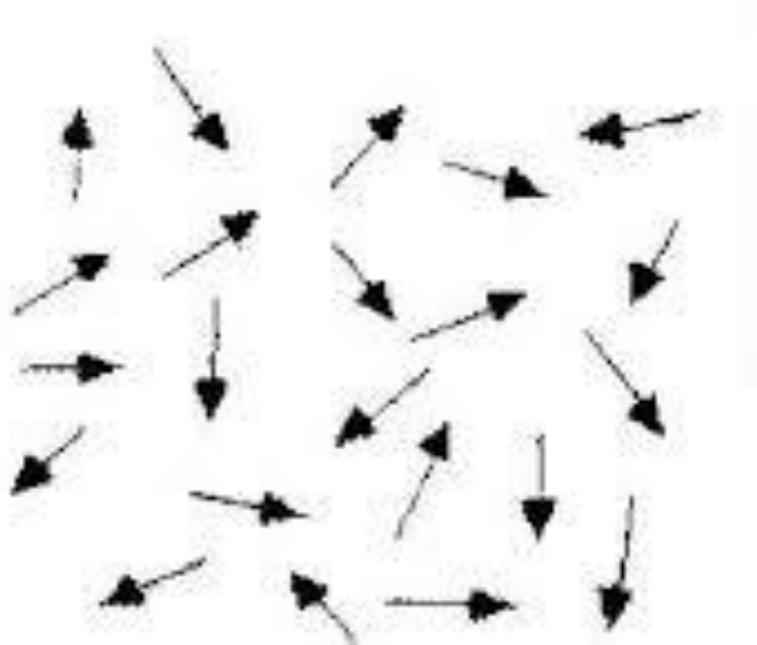
Se o atrator for estranho o sistema fica caótico e incontrollável. Se for um ponto fixo, ele é muito seletivo e inflexível. Ele precisa se ajustar entre a ordem e o caos.

Auto-organização: processo dinâmico

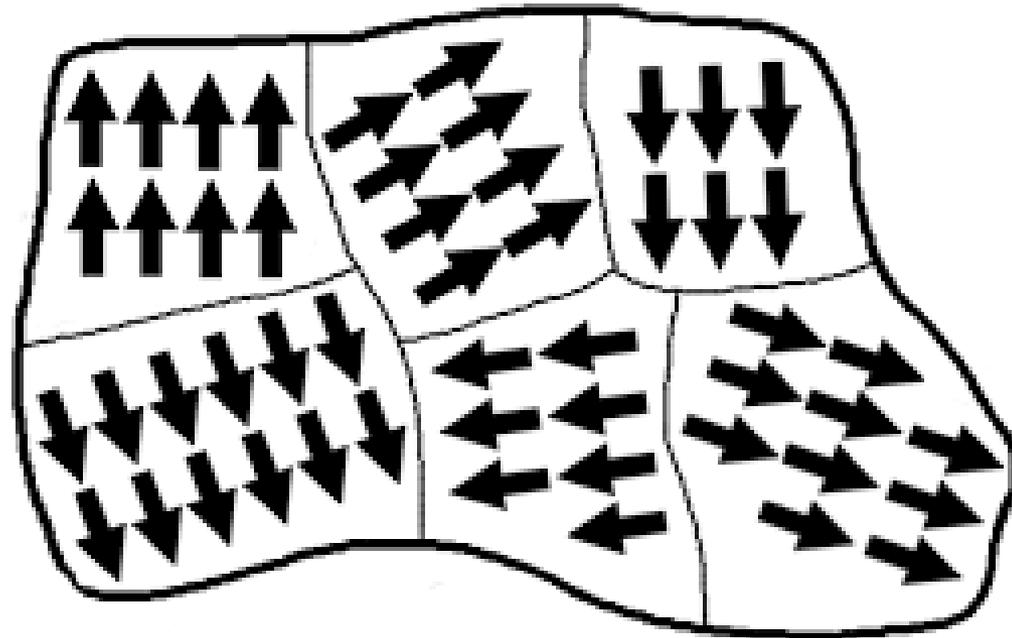
A propriedade essencial da auto-organização é que ela é um processo. Assim, trata-se de um sistema dinâmico que aumenta a ordem ao longo do tempo (até certo ponto).

Esta natureza dinâmica é necessária também para que ela seja adaptativa. Para manter a estrutura, o sistema precisa ser dinâmico para poder lidar com as mudanças.

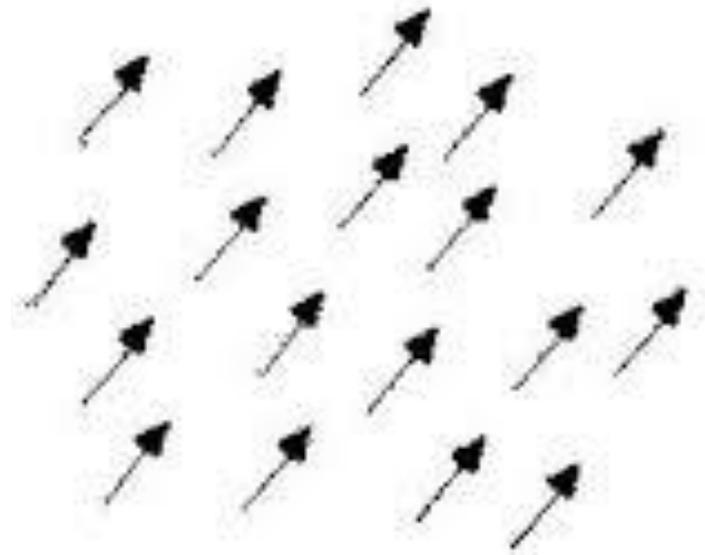
Auto-organização: Exemplos



Auto-organização: Exemplos

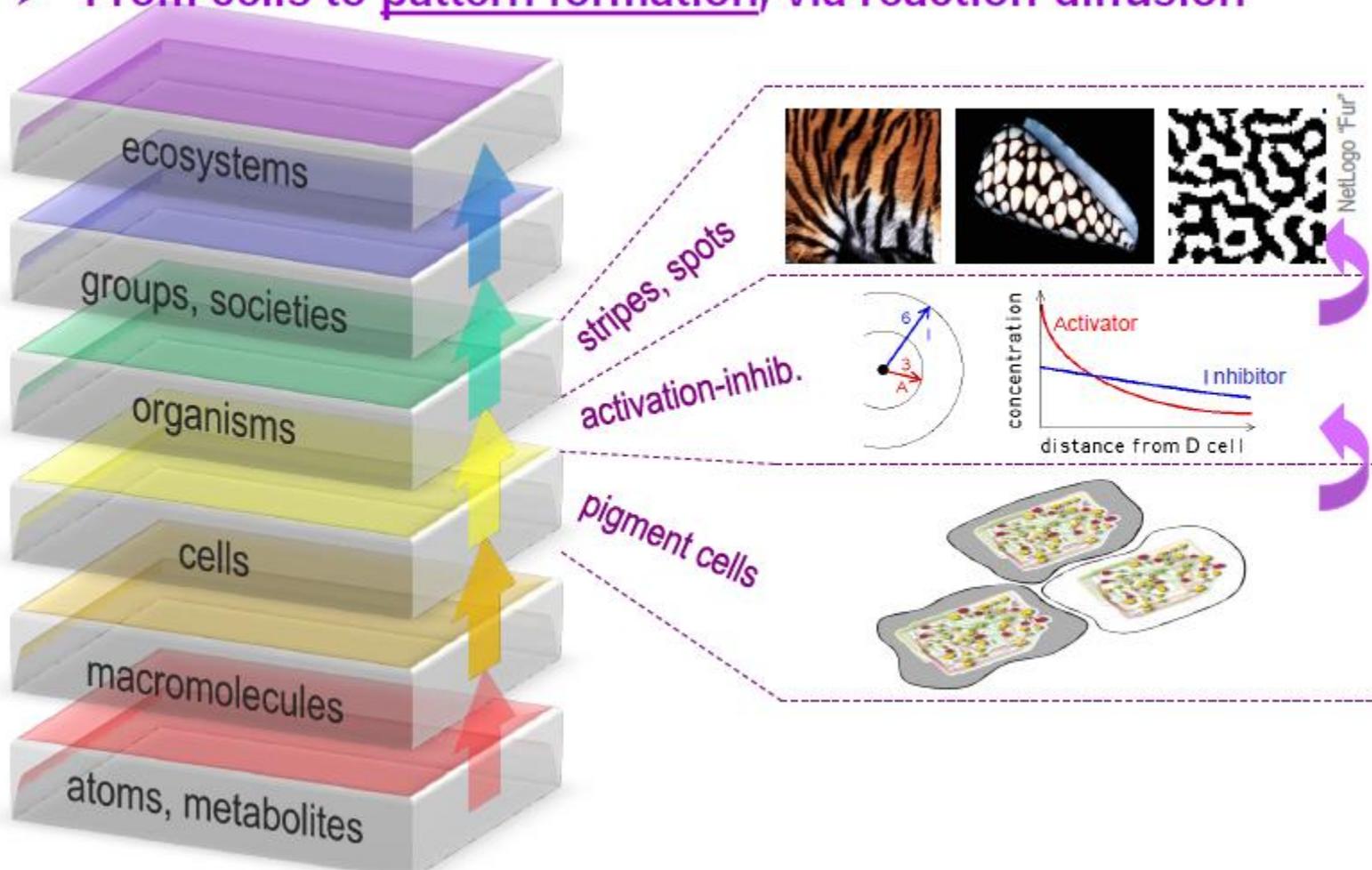


Auto-organização: Exemplos



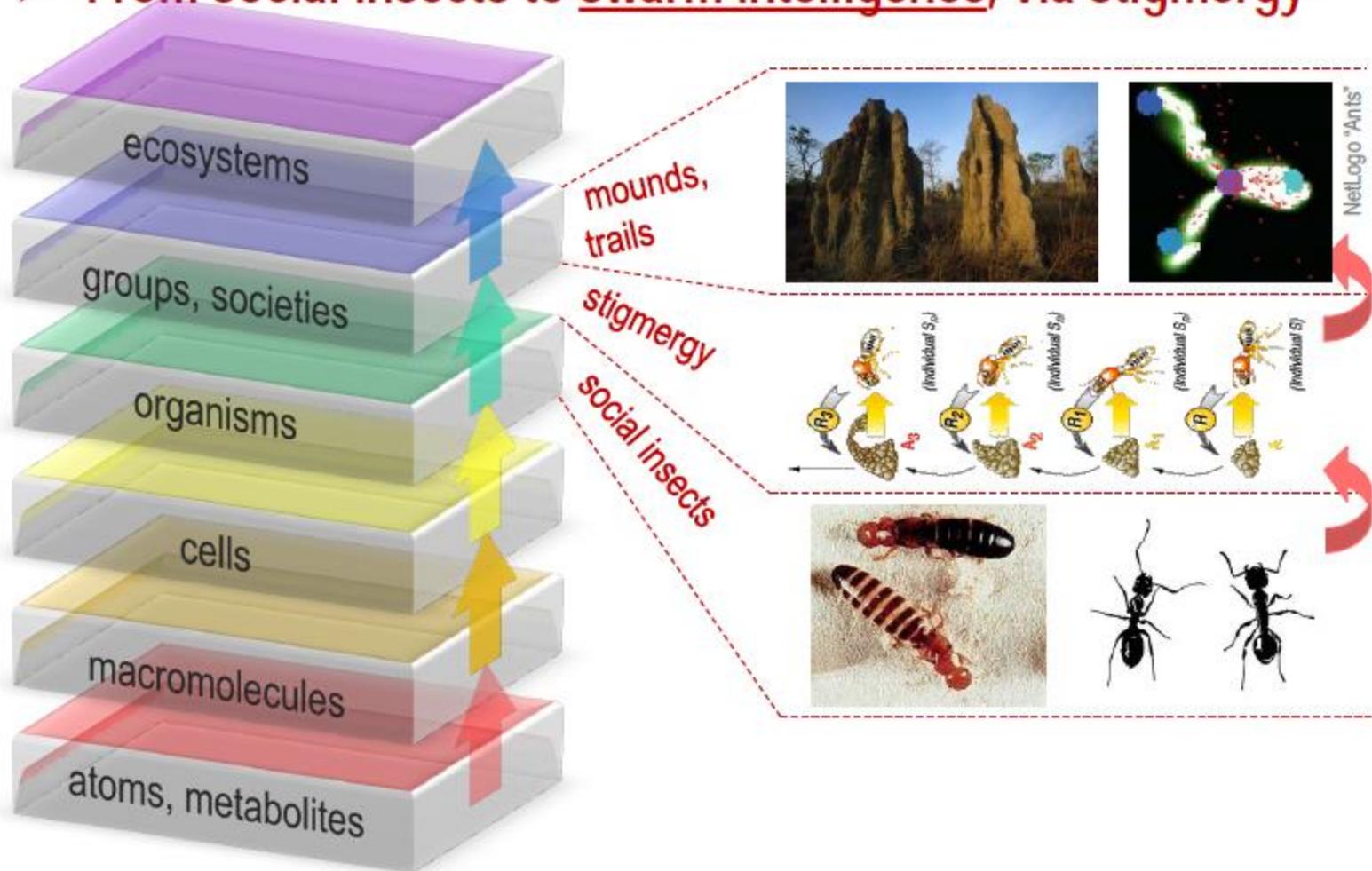
Auto-organização: Exemplos

➤ From cells to pattern formation, via reaction-diffusion



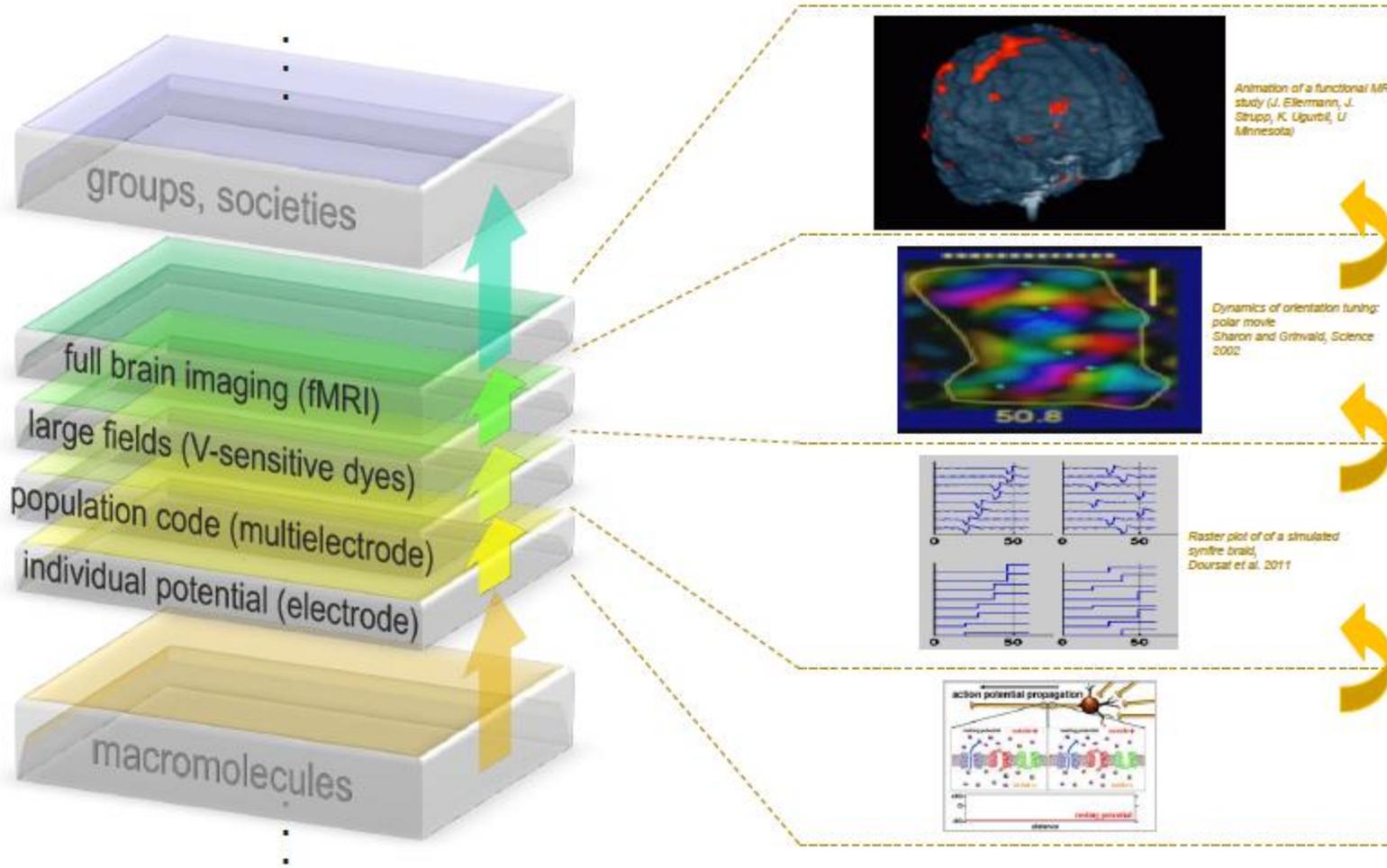
Auto-organização: Exemplos

➤ From social insects to swarm intelligence, via stigmergy



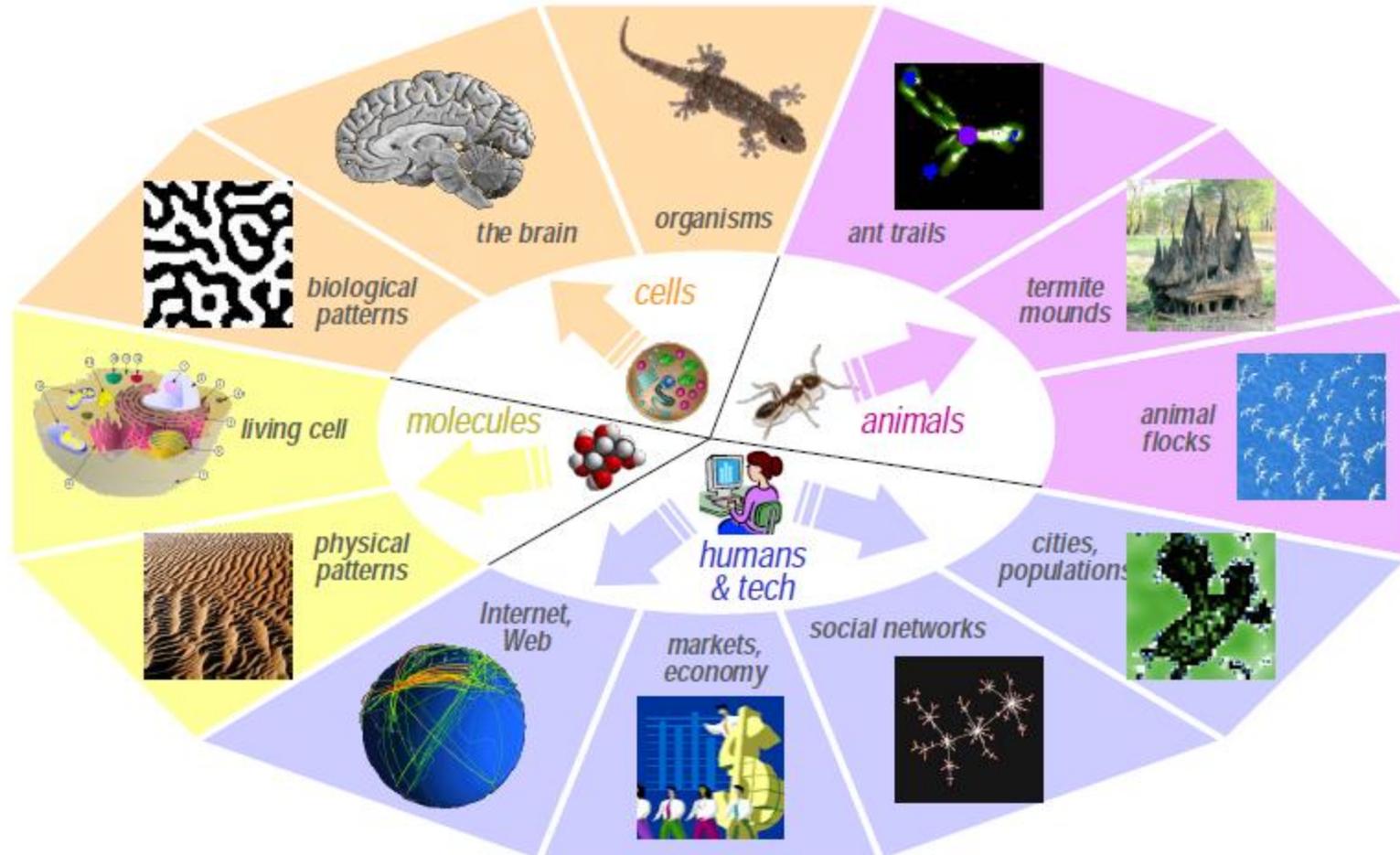
Auto-organização: Exemplos

➤ From neurons to cognition, via synaptic transmission

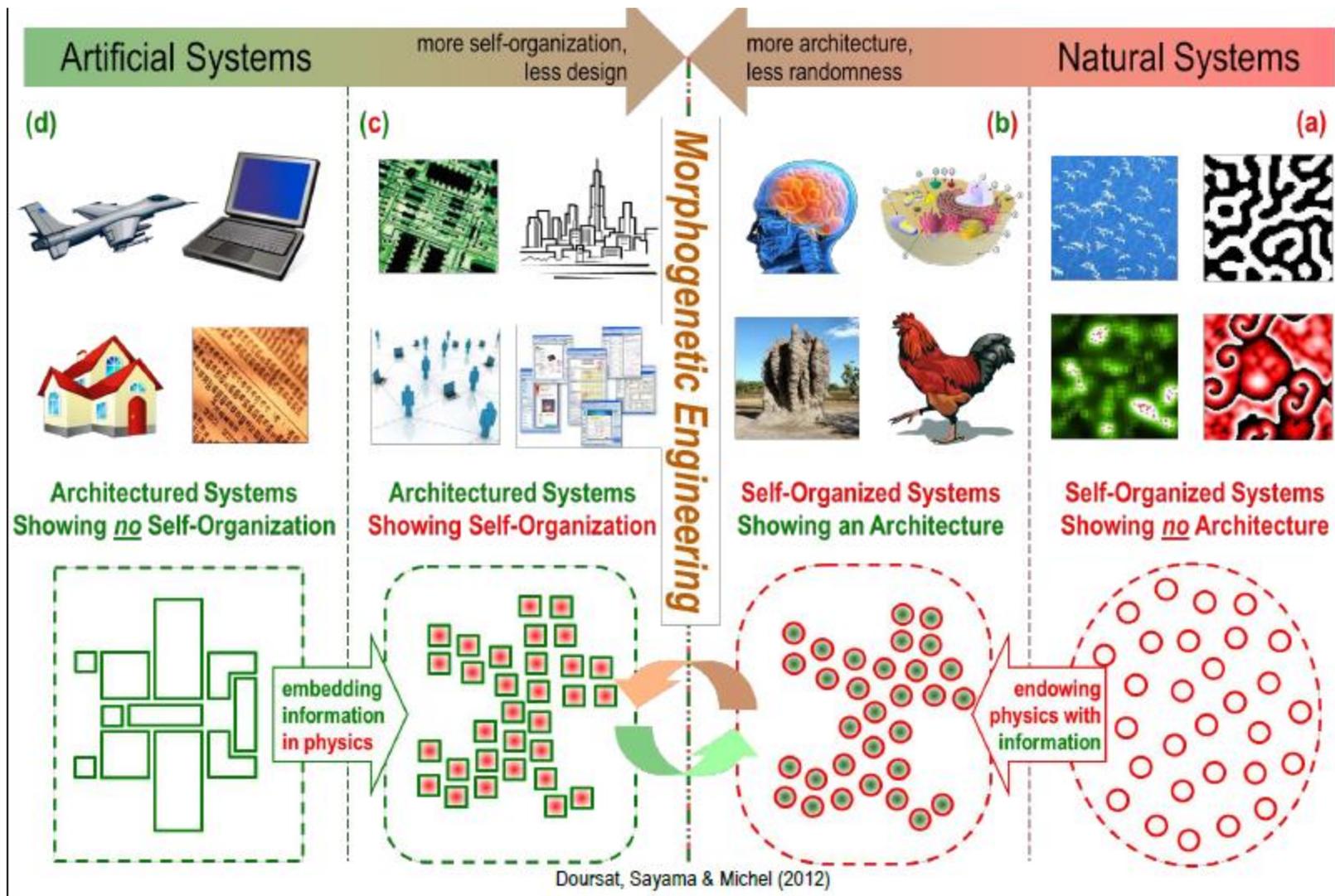


Auto-organização: Exemplos

- All agent types: molecules, cells, animals, humans & tech



Auto-organização: Exemplos



Auto-organização e Emergência

Emergência e auto-organização enfatizam aspectos muito diferentes do comportamento do sistema, assim há poucas semelhanças entre elas.

A principal semelhança é que emergência e auto-organização acontecem ao longo do tempo e são robustas.

A emergência é robusta no sentido de ser flexível, ou seja, a falha de uma única peça não irá resultar em uma falha completa da propriedade emergente

A auto-organização é robusta na capacidade de adaptação à mudança e na sua capacidade de manter o aumento da ordem.

Auto-organização e Emergência

Emergência e auto-organização enfatizam aspectos diferentes, então elas podem existir de forma independentes uma da outra.

Um sistema pode ser auto-organizado e não exibir propriedade emergente.

Um sistema formado por muitos agentes pode aumentar a ordem interna (micro) e não manifestar propriedade emergente no nível macro.

Auto-organização e Emergência

Emergência pode ocorrer sem que haja auto-organização

A termodinâmica possui inúmeros exemplos de processos que atingem o estado estacionário (invariância translacional), sem que ocorra o aumento da ordem.

Exemplo: um gás em um certo volume no espaço. O volume e a pressão são propriedades emergentes observados no nível macro e que no nível micro é formado por um grande número de partículas desordenadas.

Auto-organização e Emergência

Emergência e auto-organização muitas vezes andam juntas. Quem estuda sistemas multi-agentes e sistemas adaptativos complexos depara com inúmeros exemplos.

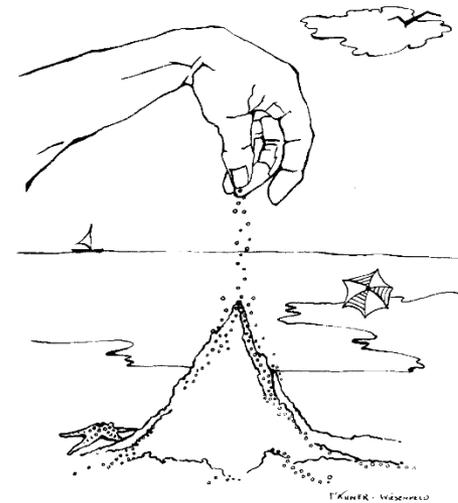
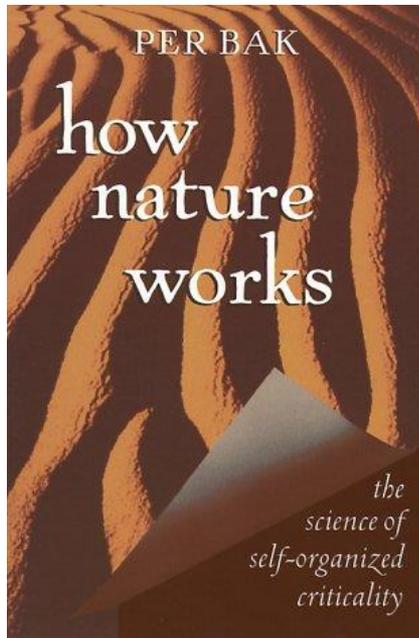
A auto-organização permite o aumento na ordem para que uma certa propriedade ou função seja exibida pelo sistema. Agentes simples não conseguem dar conta de exibir comportamento global coerente, que deve ser resultado de muitas interações entre eles. Por outro lado, sistemas complexos exibem comportamentos emergentes. É difícil conceber uma estrutura inicial que resulta nesse comportamento emergente. A forma mais simples de ter comportamento coerente e emergente no nível macro é deixar que ele surja de forma auto-organizada.

Auto-organização e Emergência

A combinação da Emergência com a auto-organização é uma abordagem promissora para produzir comportamento complexo.

É importante notar que a combinação das duas propriedades Para produzir complexidade vem acompanhada da não linearidade que explica a auto-organização, dos feedbacks positivos (autocatálise) ou da combinação de feedbacks positivos e negativos que participam da formação da propriedade emergente.

Criticalidade Auto Organizada (SOC)



O termo “*self-organized criticality*” (SOC) ou criticalidade auto-organizada, como foi traduzido para o português, refere-se à tendência de um sistema dinâmico a organizar-se num estado estacionário, sem qualquer parâmetro externo de ajuste [9]. Outras propriedades importantes do estado crítico auto-organizado são: a existência de um longo período transiente, as correlações espacial e temporal exibem escala tipo lei de potência e há grandes instabilidades denominadas avalanches. Neste caso, longos períodos de quiescência são seguidos de frenética atividade — a isso chamamos de equilíbrio entrecortado ou pontuado (do inglês, *punctuated equilibrium*).

SCAO = SAO+Transição de Fase (atrator)

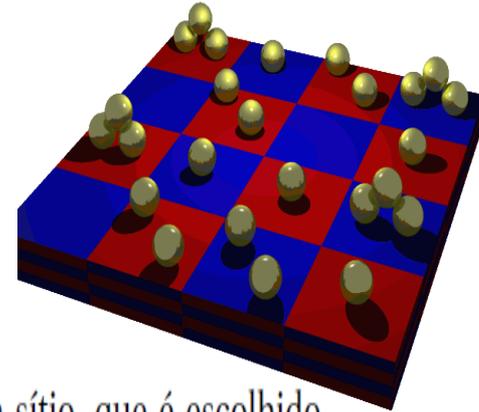
A transição de fase é caracterizada por uma mudança de fase quando o parâmetro de controle muda, passando por um ponto crítico

Este ponto crítico é especial pois é o momento em que aparecem inúmeros fenômenos como correlações ou clusters de vários tamanhos cuja distribuição segue um lei de potência

No caso de sistemas com CAO não há um parâmetro de controle. No entanto, o sistema tende a evoluir para ficar próximo a este ponto (crítico). Podemos pensar que o ponto crítico é um atrator para a dinâmica do sistema.

Este ponto crítico é também um ponto ótimo, apesar das crises ou avalanches.

Autômato celular para SOC



A cada passo temporal adicionamos um novo grão de areia num sítio, que é escolhido aleatoriamente. O valor de $z(x, y)$ desse sítio é acrescido de 1. Esse procedimento se repete várias vezes até que algum $z(x, y)$ atinja o valor 4. Haverá, então, um deslizamento.

Quando este deslizamento ocorre, (Cada sítio vizinho recebe uma unidade e ele fica vazio

adotamos $z_c(x, y) = 4$.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |

(a)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 0 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |

(b)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 0 | 4 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |

(c)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 |

(d)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1 | 1 | 4 | 0 | 4 | 1 |
| 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |

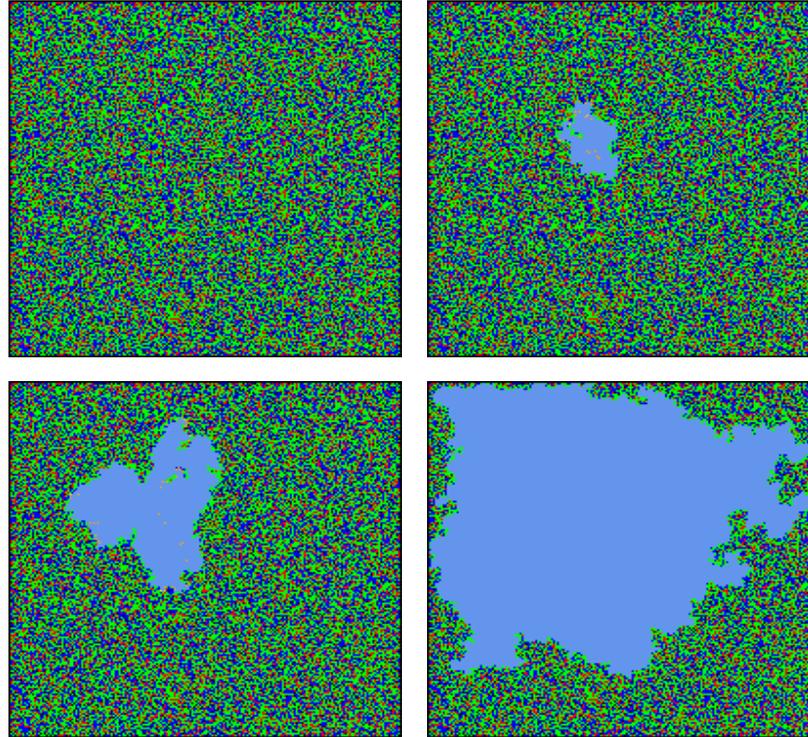
(e)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 0 | 3 | 2 |
| 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 0 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 |

(f)

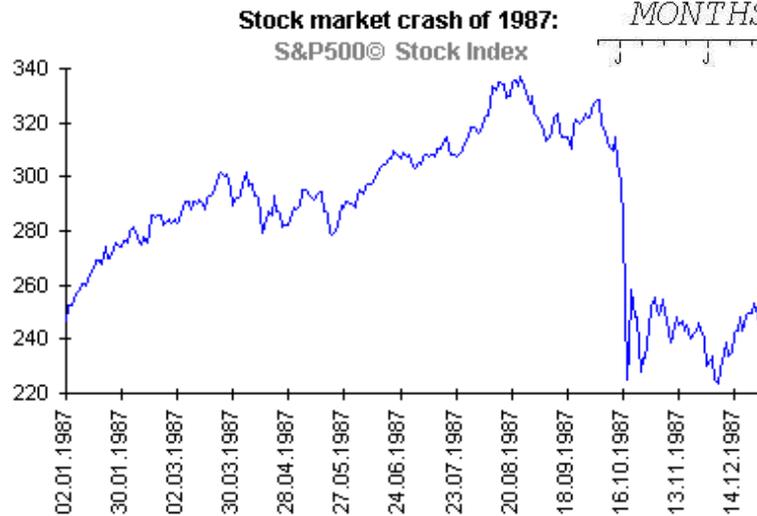
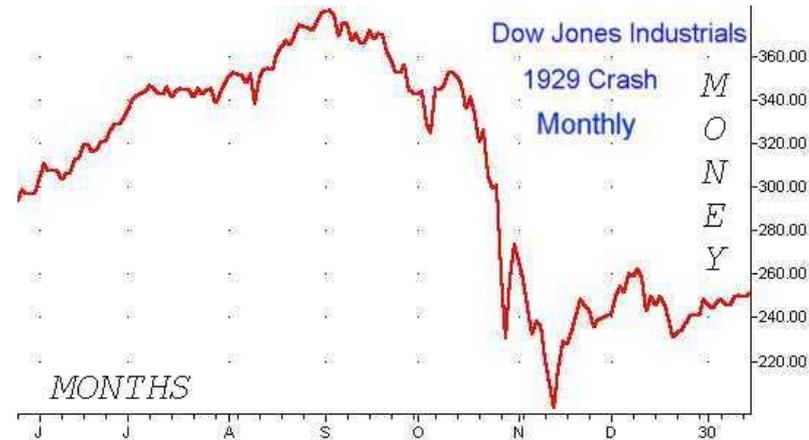
Figura 2.2: Avalanche de tamanho 6 numa pilha de areia.

Sandpile simulation



- Propagating avalanche in the sand pile model. The colors gray, green, blue and red indicate heights of 0, 1, 2 and 3, respectively. Light blue indicates columns that have toppled at least once.
- <http://thy.phy.bnl.gov/www/xtoys/gallery/gallery.html>

1929 stock market crash



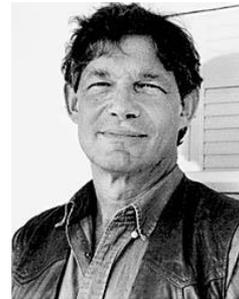
SNIPER Market Timing - 2002 - <http://www.sniper.at>

1987 stock market crash

Auto-organização na natureza - a natureza da auto-organização

O estado crítico do modelo de Ising não é SOC. Porque este estado só aparece se o sistema é sintonizado para ele, ou seja, o físico é quem ajusta a temperatura. Na natureza, no entanto, é difícil ver como os sistemas poderiam ser "sintonizado ou ajustado". Do ponto de vista filosófico, podemos afirmar que todos os sistemas biológicos têm sido 'ajustados' com a evolução, e pelo ambiente específico em que vivem. A distinção entre a reorganização do sistema devido a forças externas que empurram o sistema em uma certa direção, e auto-organização é que esta dependente somente da interação entre os elementos do sistema.

Stuart Kauffman



“The critical point is not, as Stuart Kauffman once described it, “a nice place to be.” So “survival of the fittest” does not imply evolution to a state where everybody is well off. On the contrary, individual species are barely able to hang on - like the grains of sand in the critical sand pile.”

Systems are always at the critical point, or if they are not at the critical point they are evolving toward the critical point.

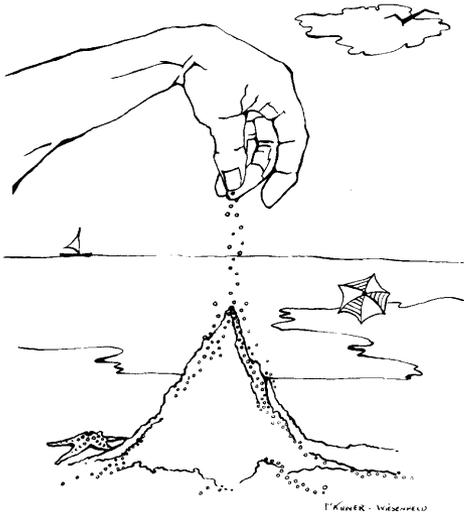
That is, the common idea that systems evolve toward equilibrium is a misperception of reality.

Criticalidade Auto-organizada

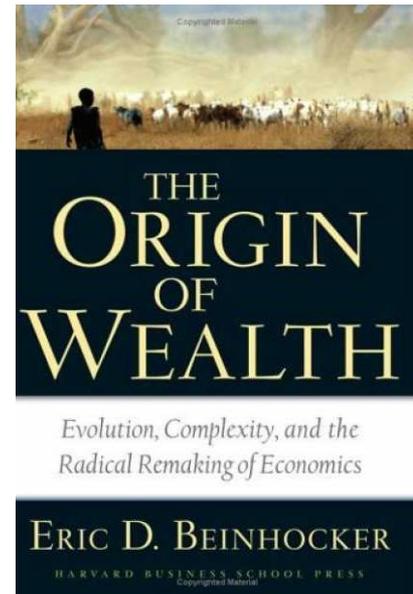
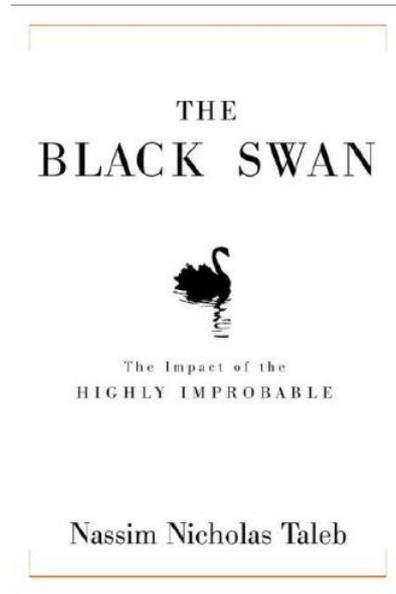
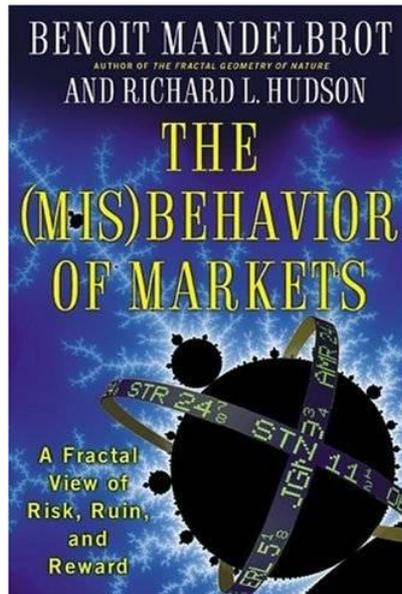
Per Bak



O comportamento complexo na natureza reflete a tendência de grandes sistemas com muitos componentes em evoluir para um estado "crítico", fora de equilíbrio, em que distúrbios pequenos podem levar a grandes eventos, chamados de avalanches, de todos os tamanhos. A maioria das mudanças ocorrem por meio de eventos catastróficos em vez de seguir um caminho gradual suave. A evolução para este estado muito delicado ocorre sem ajuda ou controle externo. O estado é estabelecido unicamente por causa das interações dinâmicas entre os elementos individuais do sistema: o estado crítico é auto-organizado.



As idéias de SOC ou SOqC (Self-organized quasi-criticality) estão percolando pela cultura popular, criando fortes metáforas cognitivas que nos ajudam a pensar sistemas complexos tais como a economia, os sistemas sociais, os sistemas ecológicos etc. Ela resolve, por exemplo, a velha questão sobre que fatores são importantes na história, se as grandes forças econômicas, os movimentos de classe ou a ação de indivíduos. Nesta concepção, a História é pensada como uma sucessão de avalanches de fatos históricos (algumas superpostas). Essas avalanches podem ser de qualquer tamanho e podem ser desencadeadas mesmo pela ação de indivíduos (Jesus, Marx ou Steve Jobs, correspondentes a um grão na pilha de areia) dentro de um contexto de acumulação de tensão social (as forças econômicas, de classe, culturais etc). (Osame Kinouchi)



<http://www.cmth.ph.ic.ac.uk/people/k.christensen/book.html>

DE WOLF, Tom; HOLVOET, Tom. Emergence and self-organisation: a statement of similarities and differences. **Engineering Self-Organising Systems**, v. 3464, p. 1-15, 2004.

JOHNSON, Steven. **Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software**. Simon and Schuster, 2002.

