

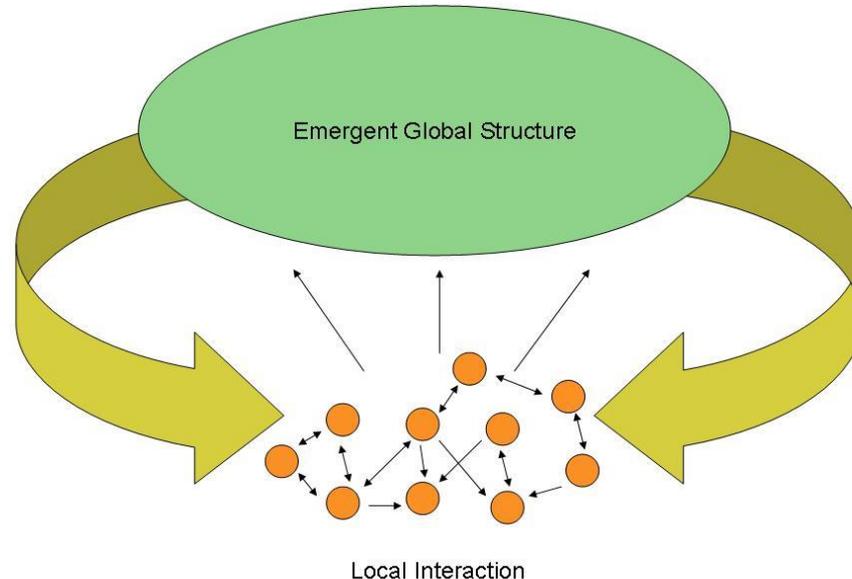
**Emergência**

# O que é um Fenômeno **EMERGENTE**?

Um fenômeno é dito ser emergente se ele é evento ou comportamento inesperado de um sistemas formado por muitos elementos interagentes que coletivamente o exibe. Tomado cada elemento separadamente, a propriedade não está presente. Assim, somos levados a pensar que este comportamento emergiu do coletivo.

# O que é um Fenômeno **EMERGENTE**?

As propriedades emergentes são novidades que se manifestam em um nível superior à aquele que o produz por meio de interações e parecem ser irreduzíveis aos seus componentes constituintes (agentes ou entidades).



# O que é um Fenômeno **EMERGENTE**?

Propriedades emergentes são imprevisíveis e irreduzíveis: uma propriedade de um sistema complexo é dito ser emergente somente se ele surge das propriedades e relações de seus constituintes mais simples, não sendo nem preditível nem redutível a partir das características dos níveis inferiores (Oxford Companion of Philosophy)

Emergência descritiva significa que existem propriedades da totalidade (ou situações mais complexas ) que não podem ser definidas através das propriedades de suas partes (ou situações mais simples). Emergência explanatória significa que as leis das situações mais complexas no sistema não são dedutíveis por nenhuma composição de leis das situações mais simples.

(Cambridge Dictionary of Philosophy)

# EMERGÊNCIA

## Definições

A propriedade de um sistema é emergente, se ela não for uma propriedade de qualquer elemento fundamental.

A emergência é o aparecimento de propriedades ou estruturas emergentes em um nível mais elevado de organização ou complexidade.

# EMERGÊNCIA e CAUSALIDADE

A emergência de ordem e de organização em sistemas compostos por muitas entidades ou agentes autônomos é um processo muito fundamental: "como é que ela vem à existência? "

Somos educados a sempre assumir que todo efeito deve ter uma causa. **A causalidade se aplica neste contexto?**

# EMERGÊNCIA e CAUSALIDADE

Um aspecto surpreendente de um processo de emergência é a observação de um efeito sem causa aparente.

# EMERGÊNCIA COMO FALHAS

falhas imprevisíveis e falhas inesperadas em sistemas de software e hardware são uma forma especial e indesejável de emergência.

Segundo Duncan, os melhores procedimentos de manutenção existente não podem garantir serem capazes de evitar falhas que ainda não são conhecidas ...as falhas acontecem apesar de nossos melhores esforços.

É necessário compreender o processo da emergência em sistemas complexos, a fim de criar novas formas de sistemas complexos que sejam mais robustos para minimizar as falhas tanto quanto possível.

# EMERGÊNCIA E SISTEMAS COMPLEXOS

O conhecimento dos diferentes tipos de emergência é essencial se quisermos compreender e dominar sistemas complexos em ciência e engenharia.

O grande desafio de quem pensa intervir ou projetar um sistema complexo é justamente antecipar possíveis falhas ou defeitos que podem comprometer o desempenho do sistema. Isso se aplica a políticas públicas, planos econômicos, sistemas computacionais, sistema de saúde, sistemas urbanos...

# Taxonomia

Iremos fazer um estudo detalhado da classificação dos tipos de emergência segundo o Trabalho de Jochen Fromm.

A taxonomia adotada no trabalho de Jochen Fromm é baseada na ideia de feedback e causalidade.

A emergência é um efeito ou evento onde a causa não é imediatamente visível ou aparente. A questão sobre emergência é sempre uma questão sobre causação.

# **Tipos de Emergência**

## **Tipo I Emergência Simples (sem top-down feedback)**

Tipo Ia Emergência Intencional Simples

Tipo Ib Emergência não Intencional Simples

## **Tipo II Emergência Fraca (inclui top-down feedback)**

Tipo IIa Emergência fraca (estável)

Tipo IIb Emergência fraca (Instável)

## **Tipo III Emergência Múltipla com muitos feedbacks**

Tipo IIIa. Reação e Difusão para explicar Listras, pintas, etc

Tipo IIIb. Emergência Adaptativa

## **Tipo IV Emergência Forte**

## Tipo 1a. Emergência Intencional

- A função de uma máquina é uma propriedade emergente dos seus componentes
- A função de um sistema de software é uma propriedade emergente do código subjacente
- A informação semântica de uma sentença é uma propriedade emergente dos sons e palavras na frase que depende de como elas são organizadas

**Tipo 1a não forma um sistema complexo**

## Tipo 1b. Emergência Não Intencional

- Aparece em sistemas fracamente acoplados, desordenados e com elementos iguais (no sentido de unidades idênticas) que possui certas propriedades médias e deve ser aplicado ao coletivo e não se aplica a unidade.
- Uma quantidade média por si só não é uma característica emergente, como o salário médio de uma categoria. Ela deve depender de outras características de natureza coletiva. A pressão é um conceito que se deve a um conjunto de elementos. O mesmo se aplica a um grão de areia e a forma que uma pilha de areia desenha coletivamente ou ainda um nó de uma rede social e as métricas da rede associada aos nós coletivamente considerados

## Exemplos: Tipo 1b. Emergência Não Intencional

- Propriedades termodinâmicas, como pressão, volume, temperatura
- Padrões em redes complexas como comprimento do menor caminho e coeficientes de agrupamento em redes
- Propriedades físicas emergentes como uma avalanche, uma de frente de onda ou uma inclinação de uma pilha de areia

## Exemplos: Tipo 1b. Emergência Não Intencional

Embora não haja feedback de cima para baixo, pode haver um simples feedback no âmbito da escala dos agentes ou partículas semelhante a uma reação em cadeia ou um efeito dominó: uma partícula é excitada, o qual influencia uma nova partícula, e depois uma nova e assim por diante gera um processo em cadeia como onda. Dinâmica de população.

Irredutível e Imprevisível?

## Tipo II. Emergência Fraca

Pode ocorrer juntamente com um feedback de cima para baixo, onde o nível macroscópico influencia o nível microscópico.

As interações no nível microscópicos geram padrões ou estruturas imprevisíveis que aparecem no nível macro. Será emergente se não estiver especificado nas leis de interação no nível micro. Mais ainda, o padrão formado no nível macro pode influenciar as decisões (ou regras de interações) no nível micro por meio algum processo de realimentação (feedback)

## Exemplos: Tipo II. Emergência Fraca

Um bando de pássaros ou um cardume de peixes, por exemplo, é uma propriedade emergente que influencia os movimentos de cada um dos animais participantes. Isto pode ser explicado e descrito pela emergência do tipo II, que é também conhecida como emergência fraca.

M.A. Bedau definiu emergência fraca como segue: o estado ou propriedade macroscópicas é fracamente emergente se forem derivados a partir da dinâmica microscópica, por simulação [Bedau 97]. É previsível, em princípio, mas não em todos detalhes

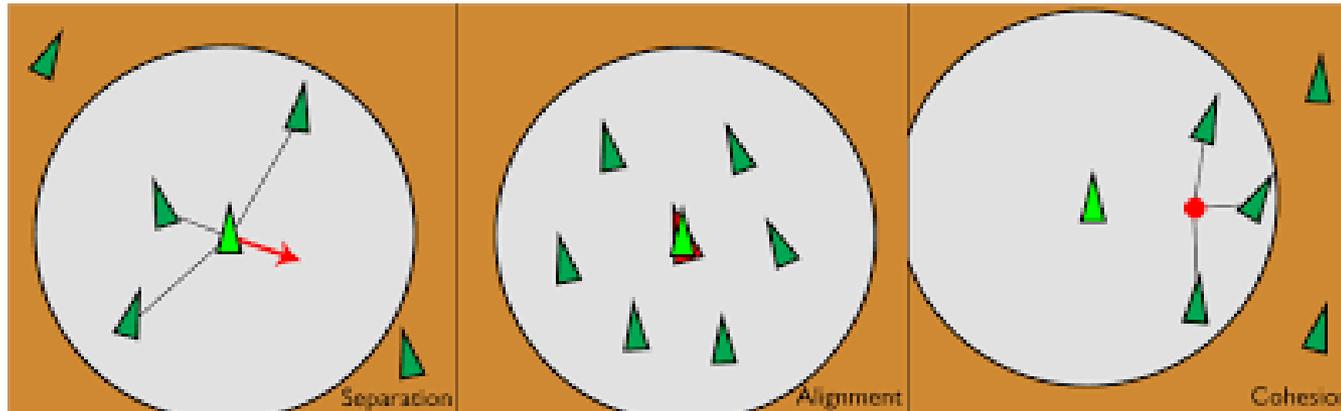
# Exemplos: Tipo II. Emergência Fraca



separação

alinhamento

coesão



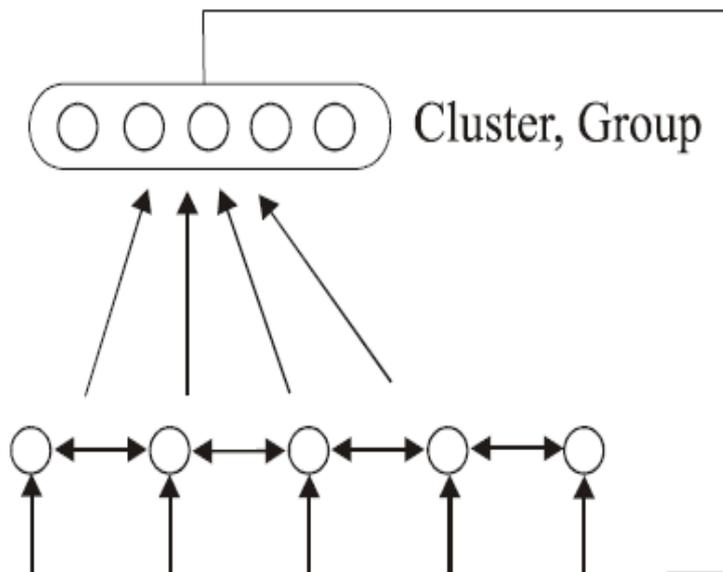
<http://www.youtube.com/watch?v=hWcOTLtnm0Y>

## Tipo II. Emergência Fraca

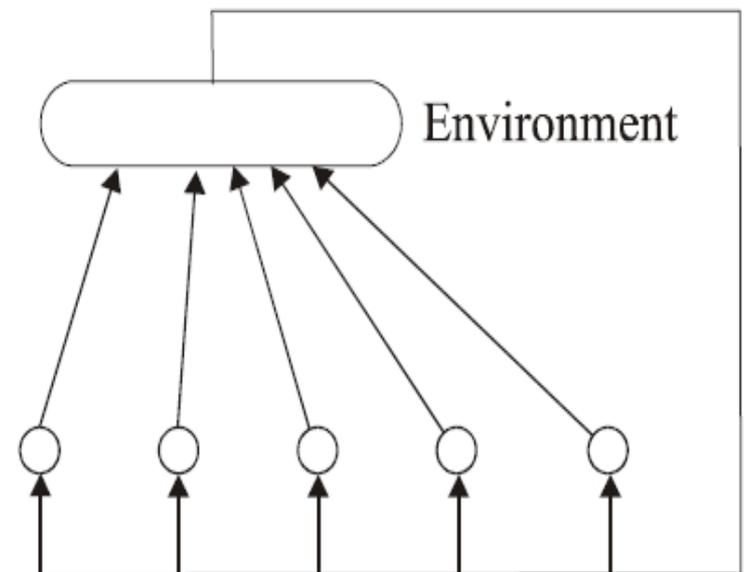
As dificuldades na previsão e derivação de propriedades fracamente emergentes surgem da ação do processo de feedback de cima para baixo, que é entre os filósofos conhecidos como 'Causação descendente' [Bedau02]. Na emergência fraca, não há uma direção única de causalidade do microscópico para o nível macroscópico como na emergência intencional. Existem relações causais em ambas as direções.

## Tipo II. Emergência Fraca (via interação)

Existem duas formas básicas de interação que conduzem a emergência fraca:



Direct Interaction



Indirect Interaction  
through environment

## Tipo II. Emergência Fraca (via feedback)

Existem dois tipos de emergência fraca em função do tipo de feedback em ação:

- Feedback negativo ou amortecido que leva a uma forma estável de emergência fraca
- Feedback Positivo ou amplificado que leva a formas instáveis como bolhas, boatos, modismos

## Tipo II. Emergência Fraca Estável

- Normalmente, o feedback é negativo e impõe uma restrição sobre as ações dos agentes.
- A emergência não intencional fraca do **Tipo IIa** é uma forma clássica de emergência que inclui influências de baixo para cima (bottom-up) e feedback de cima para baixo (top-down), ou seja, do grupo ou o ambiente sobre os indivíduos.
- Ela está relacionada com inteligência de enxame, formação de grupos, estigmergia, bando (Flocking) e feromônio.

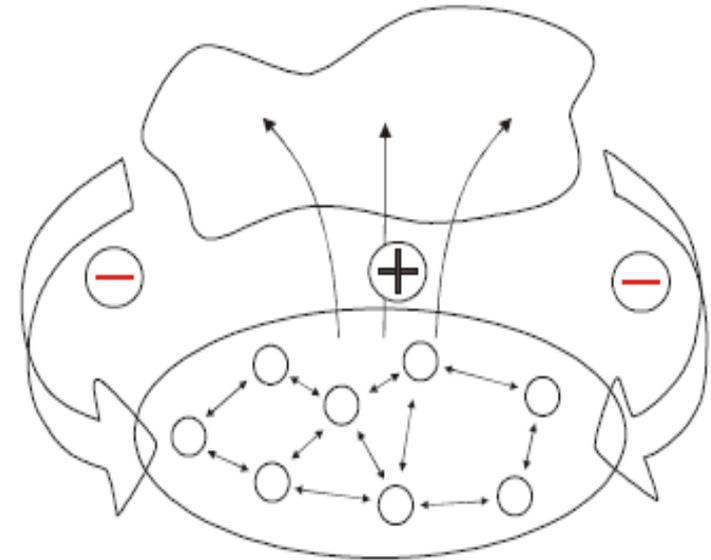
# Exemplos do Tipo II. Emergência Fraca Estável

- Comportamento de forrageio de colônias de formigas.
- Comportamento coletivo dos peixes e aves.
- Líquido ou fluido é uma propriedade emergente de moléculas.
- Formas de auto-organização na Internet:  
World Wide Web (WWW) e Wikipédia, projetos Open-Source como Linux e Mozilla.
- Mercados livres, de acordo com a lei da oferta e da procura.

## Exemplos do Tipo II. Emergência Fraca Estável

Em formas estáveis de emergência fraca existe um equilíbrio entre exploração (sentido positivo-aprender - exploration), diversidade e aleatoriedade (através influências bottom-up ), por um lado e exploração (sentido negativo-usar- exploitation) , unidade e ordem (Através de restrições de cima para baixo) por outro.

A emergência tipo IIa baseia-se em dois níveis os quais são ligados por um processo bottom-up e um processo complementar top-down.



Pense na wikipedia

## Tipo II. Emergência Fraca Instável

Realimentação pode também ser positiva. A dependência de drogas ou a inflação econômica são exemplos (negativos) para feedback positivo:

os altos salários elevam os preços dos produtos, que aumentam o custo de vida que demanda mais aumento de salário. No caso de dependência de drogas, doses elevadas ativam o sistemas de recompensa do cérebro e resultar em consumo repetitivo, consumo repetitivo leva ao vício que modifica o sistema de recompensa e conduz a doses ainda mais elevadas.

## Tipo II. Emergência Fraca Instável

A imitação é um dos fatores primários que influenciam a criação de modas, ciclos de moda e mudança abrupta da opinião coletiva [MichardBouchaud05, Tassier04].

Duncan Watts observou [Watts03] que nossas decisões são frequentemente baseadas nas ações de outras. Para decidir algo importante (comprar uma ação num mercado financeiro, etc.), algumas pessoas olham para o que as outras pessoas estão fazendo e as imitam. No entanto, é possível que as outras também façam o mesmo, pois realmente não sabem o que fazer, também.

## Tipo II. Emergência Fraca Instável

Quando todo mundo está tentando tomar decisões com base nas ações dos outros, o coletivo pode deixar de agregar informações e feedbacks positivos, loops e reforço mútuo podem aparecer.

Neste tipo de fenômeno, as pequenas flutuações em torno de um equilíbrio pode levar a efeitos gigantes e dramáticos: rumores, bolhas e modismos de curta duração, ou cascatas e avalanches de rápido crescimento.

## Exemplos do Tipo II. Emergência Fraca Instável

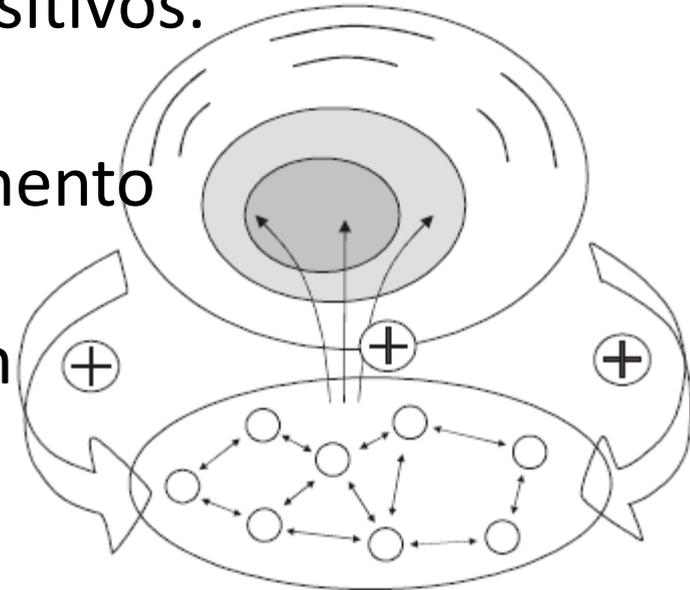
- Bolhas e crashes nos mercados de ações
- Súbitas explosões de agitação social (primavera árabe)
- Mudanças nas normas sociais anteriormente estáveis
- Efeito bandwagon
- Efeito celebridade
- Marketing viral
- Formação de cluster social e econômico devido a migrações (guetos, favelas)
- Evolução dependente do caminho (path dependence) gerando um estado de aprisionamento tecnológico (lock-in state): Mercado VCR / teclado PC / OS

# Exemplos do Tipo IIb. Emergência Fraca Instável

Um seguidor tendência só imita outros em vez de realmente estimar o valor das coisas. Ele perde o contato com a realidade, levando a formação de bolhas que, eventualmente, quando muitos seguirem imitando.

A emergência **Tipo IIb** é uma forma de aparecimento indesejável, através de feedbacks positivos.

A bolha explode devido ao seu crescimento exponencial e termina em crash, ou um modismo cultural terminar em supersaturação

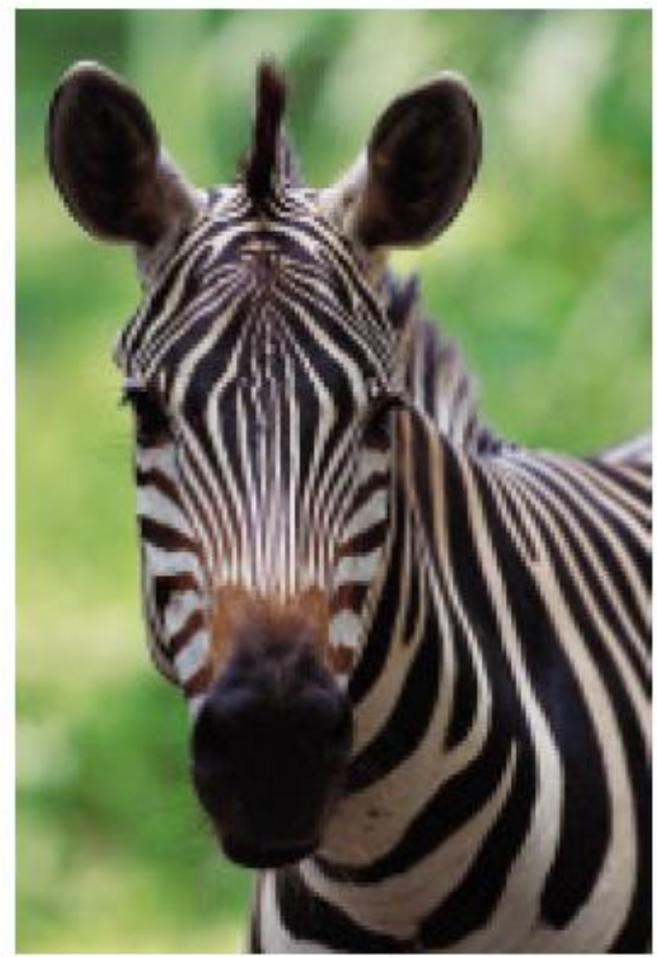
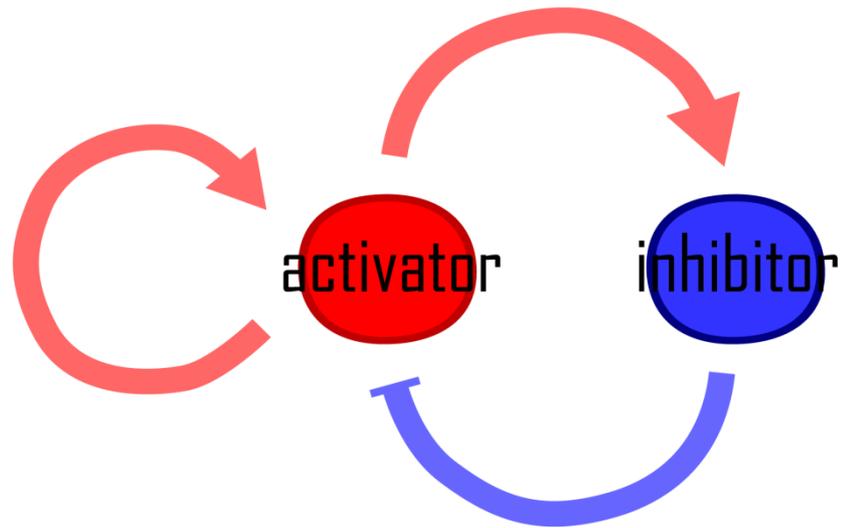


## Tipo IIIa. Emergência Multipla com vários feedbacks

Muitos padrões ou comportamentos produzidos por sistemas complexos são muitas vezes combinações de emergência tipo IIa e tipo IIb. Este tipo de emergência acopla mecanismos de ativação de curto alcance (realimentação positiva) com inibição de longo alcance (realimentação negativa).

Sistemas com short-range positive-feedback e long-range negative feedback são conhecidos como sistemas ativação-inibição e pertence a classe dos sistemas reação-difusão

# Tipo IIIa. Emergência Multipla com vários feedbacks



## Tipo IIIa. Emergência Multipla com vários feedbacks

Mercado financeiro real exhibe frequentemente um comportamento “caótico” e imprevisível, produzindo estruturas fractais e multifractais, com sequências sucessivas de perdas e crashes, mas também repetidas bolhas especulativas de todos os tamanhos. O mercado financeiro tem realimentações tanto positivas quanto negativas. As séries históricas mostram comportamento que misturam padrões oscilatórios e “caóticos”

## Tipo IIIa. Emergência Multipla com vários feedbacks

Veremos nas próximas aulas o jogo da vida que de Conway também produz padrões a partir deste mecanismo de short-range positive feedback e long-range negative feedback.

<http://pmav.eu/stuff/javascript-game-of-life-v3.1.1/>

## Tipo IIIb. Emergência Adaptativa com vários feedbacks

A história do nosso planeta mostra a evolução de um sistema que certamente é um processo que não é linear, lisa e contínua.

É marcado por, mudanças bruscas instáveis e saltos em sua complexidade. Os diferentes níveis de complexidade e organização nas formas de vida estão associados com transições evolutivas [SmithSzathmáry97

## Tipo IIIb. Emergência adaptativa com vários feedbacks

Esta forma de emergência em sistemas adaptativos e evolutivos está diretamente relacionada com extinções em massa, acontecimentos dramáticos ou catastróficos ocorridos no meio ambiente. Catástrofes podem ser provocadas por cometas ou impactos de asteróides, vulcões, terremotos, eras glaciais, secas ou inundações.

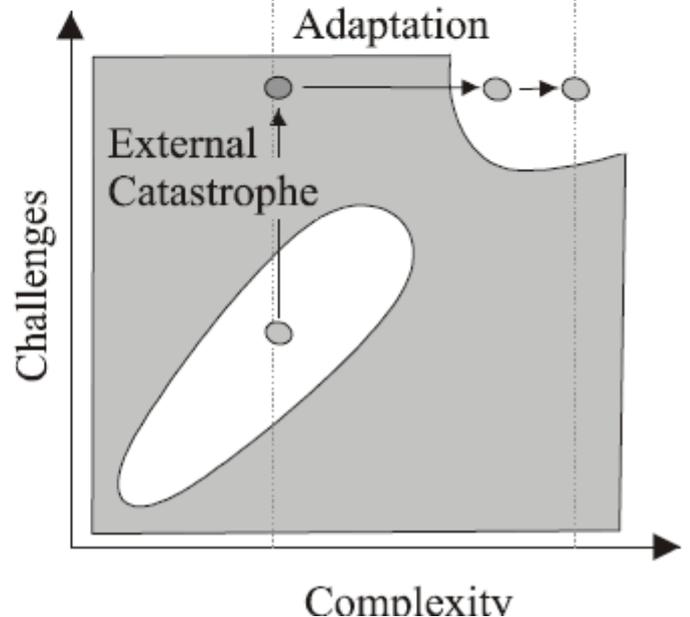
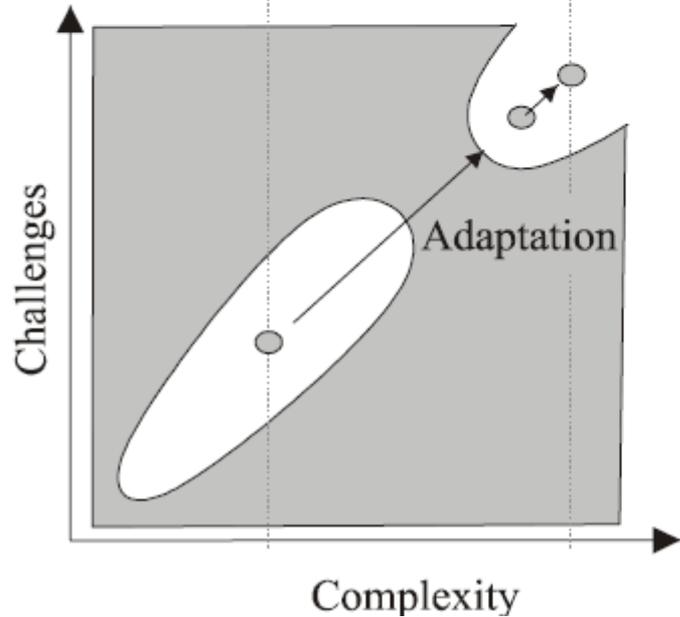
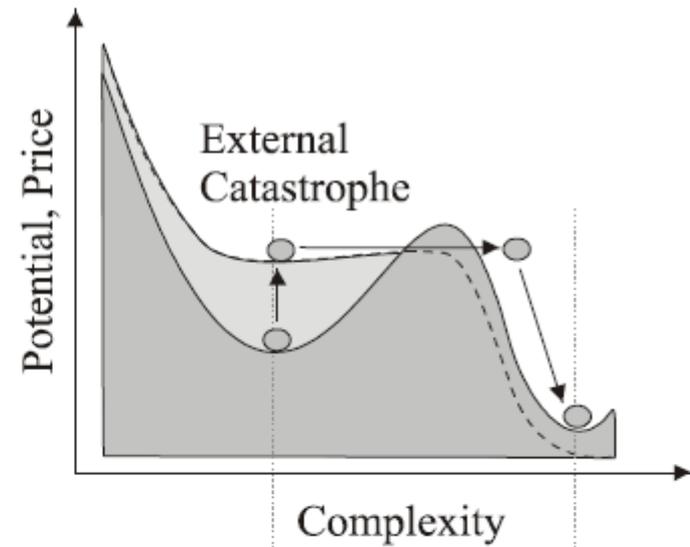
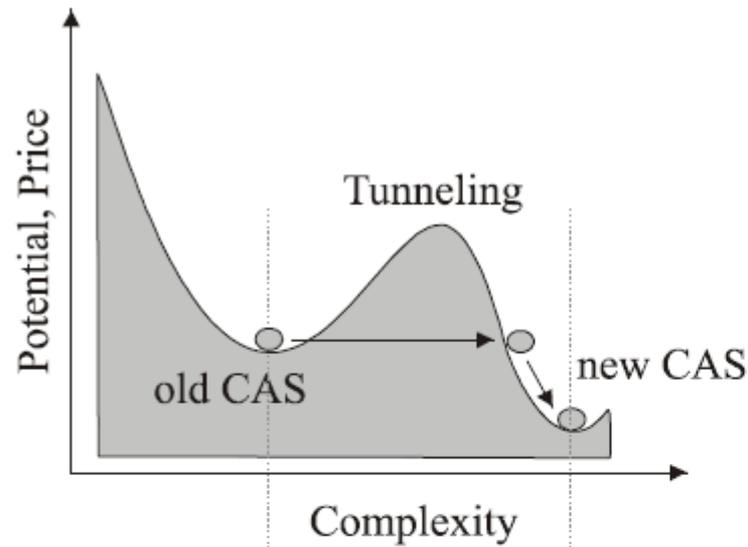
Se houver eventos catastróficos ou flutuações que são imprevisíveis e nem muito comum nem muito raro, essas catástrofes pode melhorar a evolução e acelerar a adaptação. Portanto, esta forma de emergência pode ser nomeada emergência adaptativa ou do tipo IIIb.

Nesta categoria aparece os sistema adaptativo complexo

## Tipo IIIb. Emergência adaptativa e vários feedbacks

A emergência Tipo IIIb também é responsável pelas revoluções científicas e mentais repentinas. Antes das "Revoluções mentais" há geralmente uma barreira mental para novas ações ou ideias - uma censura inconsciente que inibe as ações. Todo novo problema ou situação, aos olhos humanos, pode se tornar um problema cognitivo (quebra-cabeças). Se ele não for resolvido pelo pensamento ou pelo raciocínio, ele pode se revelar algo equivalente a uma catástrofe (metaforicamente falando). Assim, cada barreira mental é uma pequena catástrofe cognitiva. Isso provoca insights, novas visões que favorecem uma avalanche de atividades neurais. Quando o obstáculo é superado, surgem oportunidades para as ditas revoluções científicas, como as propostas por Thomas Kuhn: uma barreira (muitas vezes causada pela limitações da teoria vigente) impede a descoberta de uma nova teoria, até que o obstáculo é superados com um novo paradigma que resulta em uma avalanche de publicações e científica atividades

# Tipo IIIb. Emergência adaptativa e múltiplos feedback



## Tipo IV. Emergência Forte ou Subveniente

A emergência forte pode ser definida como o aparecimento de estruturas emergentes em níveis mais elevados de organização ou complexidade que possuem verdadeiramente novas propriedades que não podem ser reduzidas, mesmo em princípio, para o efeito cumulativo das propriedades ou às leis básicas que regem suas partes ou seus componentes elementares.

- A vida é uma propriedade emergente forte de genes, código genético, ácidos nucleico e amino ácidos.
- A cultura em geral é uma propriedade emergente forte de memes, linguagem e escrita.

## Tipo IV. Emergência Forte ou Superveniente

Ao contrário do que diz as teorias de alguns filósofos, esta definição de uma emergência forte não tem de violar as leis da física.

O termo emergência forte é por vezes usado para descrever processos mágicos, não científicas ou sobrenaturais. Este é, aparentemente, um conceito errado que deve ser modificado.

Os processos que foram descritos por uma emergência forte não são mágicos, não científicos. Não há mágicas ou poderes sobrenaturais envolvidos, mas vários fenômenos complexos em várias escalas.

A vida pode parecer mágica, se você não compreender os processos internos. Se você nunca ouviu falar de DNA e genes, então a vida parece ser um fato mágico

## Tipo IV. Emergência Forte ou Superveniente

É certo que as leis físicas não podem descrever formas biológicas. As leis da Física de partículas são irrelevantes para fenômenos macroscópicos.

A regras microscópicas podem ser irrelevantes em relação aos efeitos da organização coletiva sobre escala macroscópica. Este é o paradoxo da emergência, que se torna mais claramente visível no caso de uma emergência forte. As estruturas e os padrões macroscópicos dependem (são constituídas) de partículas microscópicas, e ainda assim eles são independentes delas.

O nível macroscópico é independente do nível microscópico, porque existe uma nível intermediário ou mesoscópico que protege e isola o um do outro. Portanto em uma emergência forte o nível macroscópico é irrelevante para o nível microscópico e vice-versa.

## Tipo IV. Emergência Forte ou Superveniente

Anderson disse: "a capacidade de reduzir tudo à leis fundamentais simples não implica na capacidade de iniciar a partir dessas leis e reconstruir o universo. Na verdade, quanto mais os físicos de partículas elementares nos diz sobre a natureza das leis fundamentais, menor a relevância elas parecem ter para os muitos problemas reais do resto da ciência, muito menos ainda para os da sociedade "[Anderson 72].

O nível macroscópico permanece invariante se o nível microscópico é substituído por qualquer outra coisa, enquanto os níveis mesoscópicos ou intermediários permanece o mesmo. Laughlin chama isso de "barreira de Relevância" em seu livro no capítulo 12 [Laughlin 05].

## Tipo IV. Emergência Forte ou Superveniente

A emergência forte neste sentido é o cruzamento da barreira de relevância. Ela é muitas vezes relacionada com grandes saltos em complexidade e grandes transições evolutivas, que pode ser caracterizada pelo aparecimento de novos genes replicadores e formas completamente novas de evolução (biológicos, culturais, ...).].

$10^{120}$  é um número astronômico que corresponde a mais ou menos o número de bits de informação que foram processados por toda a matéria no universo [Lloyd02]).

Qualquer tentativa de partir de leis fundamentais para explicar níveis superiores, leva a uma explosão combinatorial de cálculos que tornam o empreendimento impossível.

## Tipo IV. Emergência Forte: origem da vida

A emergência da vida é ainda pouco compreendida, mas alguns elementos chaves estão identificados:

- Código genético: é a relação entre a sequência de bases no DNA e a sequência correspondente de [aminoácidos](#), na [proteína](#). Ele é equivalente a uma linguagem e é constituído basicamente por um dicionário de palavras, a tabela do código genético, e por uma gramática, correspondente às propriedades do código, que estabelece como a mensagem codificada no material genético é traduzida em uma sequência de aminoácidos na [cadeia polipeptídica](#).

# Tipo IV. Emergência Forte: origem da vida

Na cadeia polinucleotídica de DNA, um conjunto de [nucleotídeos](#) corresponde a um aminoácido: [citosina](#), [adenina](#), [guanina](#) ou [timina](#)/uracila

		Segunda Base					
		U	C	A	G		
Primeira Base	U	UUU } Fenil-alanina UUC } UUA } Leucina UUG }	UCU } Serina UCC } UCA } UCG }	UAU } Tirosina UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	Terceira Base	U C A G
	G	CUU } Leucina CUC } CUA } CUG }	CCU } Prolina CCC } CCA } CCG }	CAU } Histidina CAC } CAA } Glutamina CAG }	CGU } Arginina CGC } CGA } CGG }		U C A G
	A	AUU } Isoleucina AUC } AUA } AUG } Metionina start codon	ACU } Treonina ACC } ACA } ACG }	AAU } Asparagina AAC } AAA } Lisina AAG }	AGU } Serina AGC } AGA } Arginina AGG }		U C A G
	G	GUU } Valina GUC } GUA } GUG }	GCU } Alanina GCC } GCA } GCG }	GAU } Ácido Aspártico GAC } GAA } Acido Glutâmico GAG }	GGU } Glicina GGC } GGA } GGG }		U C A G

(1) **The emergence of life**, biological evolution, genes, genetic replicators, genetic code  
Real proteins contain typically between  $n=60$  and  $n=100$  amino acids. The existing 20 amino acids can be arranged in  $20^n$  different sequences, which comes close to the Landauer-Wheeler-Lloyd limit of  $10^{120}$ . Since amino acids in proteins are specified by three letter words or codons (CCG, UGA, CAA, AUG,..) of nucleotide base pairs, the same argument applies to base pairs in genes.

Some say that this is an argument for “intelligent design” and against evolution. Yet evolution *is* able to explore these vast array of possibilities and combinations over a long period of time. Due to constant variation through mutation and recombination it checks and abandons a huge number of attempts that do not work. The point here is that it is not possible to incorporate the behavior of biological organisms (which are based on genes and proteins) somehow into the laws of atomic physics.

## Tipo IV. Emergência Forte: origem da vida

A emergência da vida é ainda pouco compreendida, mas alguns elementos chaves estão identificados:

- Replicadores Genéticos (RNA , DNA)
- Genes: pedaço de molécula de DNA com informação para determinada característica do indivíduo
- Proteínas
  
- Universalidade

## Tipo IV. Emergência Forte: origem da vida

Uma proteína tem cerca de 60 a 100 aminoácidos que podem ser arrançados de  $20^n \sim 10^{120}$

Evolução biológica (seleção natural) ou desing inteligente?

O ponto é que a evolução ainda não explorou este universo imenso de combinações formadoras de proteínas.

## Tipo IV. Emergência Forte: Linguagem e Cultura

Na emergência da cultura ,  
a linguagem é a unidade fundamental

- Letras (26 caracteres )
- Palavras – existe um número tremendamente grande de possíveis palavras . Imagine que cada palavras contém em média 7 letras, assim, podem existir  $26^7$  palavras
- Sentenças: Imagine que cada sentença contém em média 7 palavras, assim, podem existir  $26^{49}$  sentenças

## Tipo IV. Emergência Forte: Linguagem e Cultura

O número de combinações impede o controle das leis Biológicas mais básicas sobre os fenômenos sociais e Culturais

Nossa linguagem e nosso sistema de escrita não estão codificadas nos nossos genes.

Talvez os genes controlem as emoções e estas controlem o comportamento, mas este mecanismo de controle é indireto.

## Tipo IV. Emergência Forte: Linguagem e Cultura

- Fruto da emergência da *consciência cognitiva (linguagem)*
- Memes: é uma unidade de informação que pode se propagar, como ideias, sons, desenhos, capacidades, valores morais. Ele é considerado uma unidade de evolução cultural e é o análogo do gene.
- Evolução Cultural: pode ser passada pelos pais, pela coletividade ou invasores pela frequência de exposição
- Genes e memes são replicadores universais

## Conclusão

**O Tipo I** não contém feedbacks top-down. Pode ser intencional ou não intencional . É preditivo

**O Tipo II** possui feedback simples tanto positivo (a) quanto negativo (b). É preditivo, mas não de forma detalhada (qualitativo- no nível dos padrões).

**O Tipo III** tem múltiplos feedbacks , aprendizado e adaptação. Aparece em muitos sistemas complexos com agentes inteligentes. É caótico e não preditivo.

# Conclusão

**O Tipo IV** é caracterizado pela emergência multinível e pela grande variedade ou diversidade criada no sistema devido a uma combinação explosiva dos seus estados possíveis.

Ela é responsável pela estruturas nos níveis mais alto de complexidade que não podem ser reduzidos, mesmo em principio, aos efeitos diretos das leis de seus componentes elementares.

# Conclusão

Type	Name	Roles	Frequency	Predictability	System
<b>I</b>	<b>Nominal or Intentional</b>	fixed	abundant	predictable	closed, with passive entities
<b>II</b>	<b>Weak</b>	flexible	frequent	predictable in principle	open, with active entities
<b>III</b>	<b>Multiple</b>	fluctuating	common - unusual	not predictable (or chaotic)	open, with multiple levels
<b>IV</b>	<b>Strong</b>	new world of roles	rare	not predictable in principle	new or many systems

## Referências

Fromm, Jochen. "Types and forms of emergence."  
*arXiv preprint nlin/0506028* (2005).

PESSOA JR, Osvaldo. O que é uma causa?. **Cadernos de História da Ciência**, v. 2, n. 2, p. 29-45, 2006.

