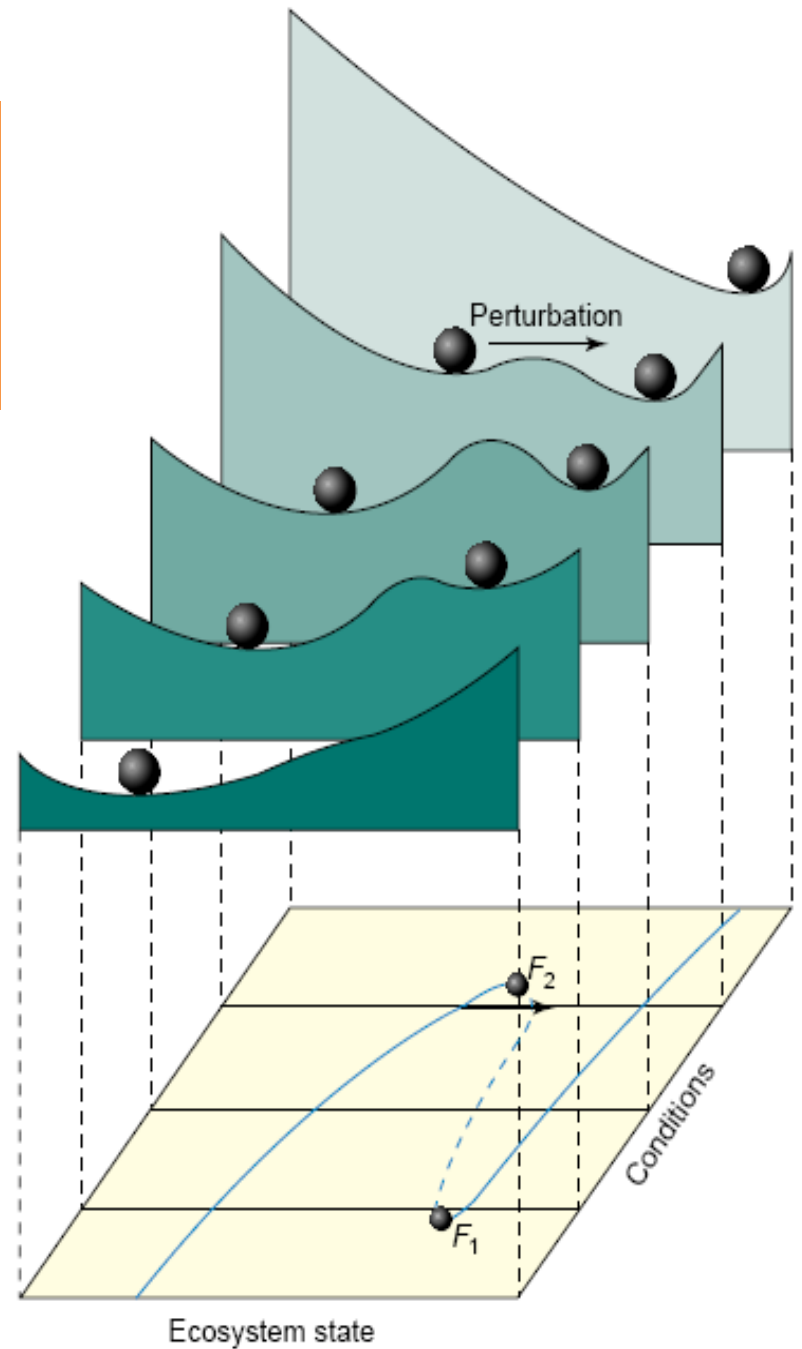
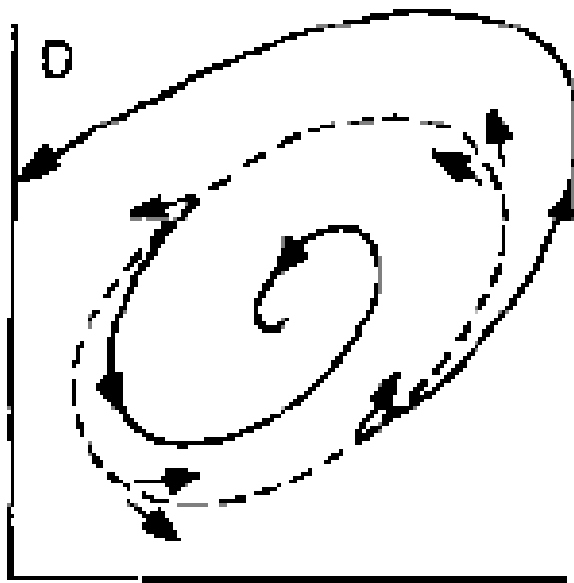


RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS





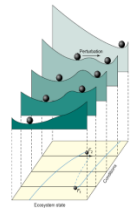
CONCEPTUAL SYNTHESIS IN COMMUNITY ECOLOGY

MARK VELLEND

*Departments of Botany and Zoology, and Biodiversity Research Centre, University of British Columbia,
Vancouver, British Columbia, Canada, V6T 1Z4*

	Seleção (Nicho)	Deriva	Dispersão	Especiação
Teoria clássica	X			
Teoria Neutra		X	X	X
História e biogeografia	X		X	X
Metacomunidades	X	X	X	

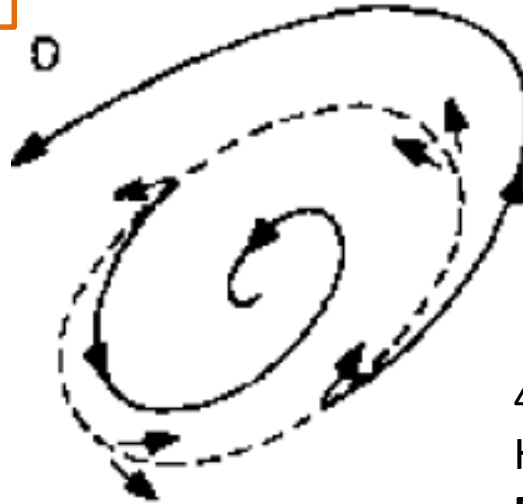
RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS



1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS

Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais



3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

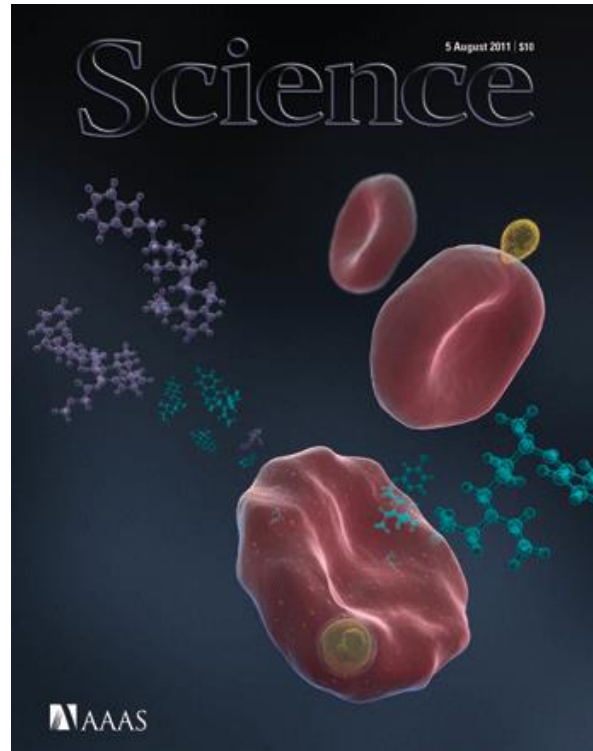
6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?

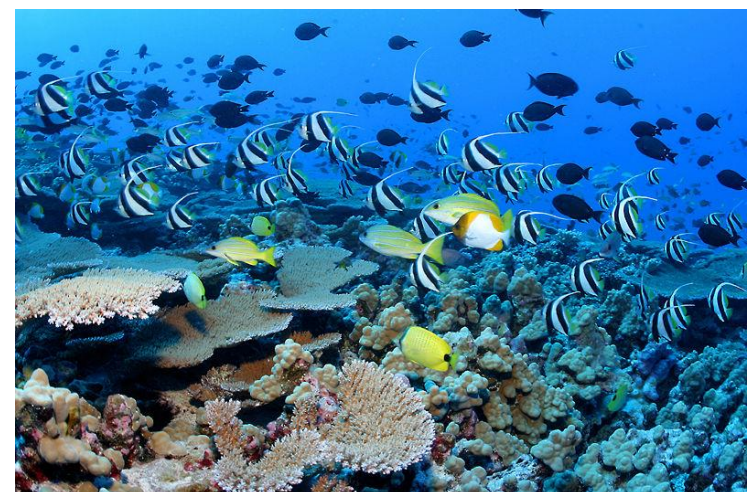
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

Conhecimento da vida no nível molecular – expandindo rapidamente



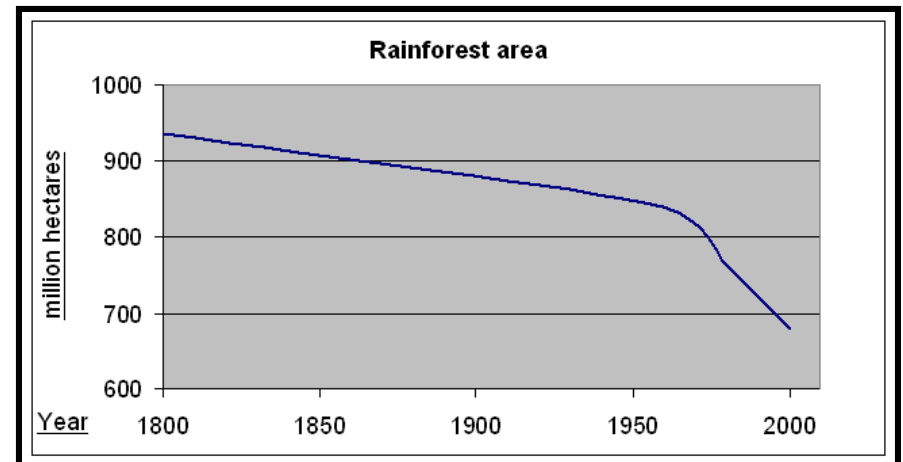
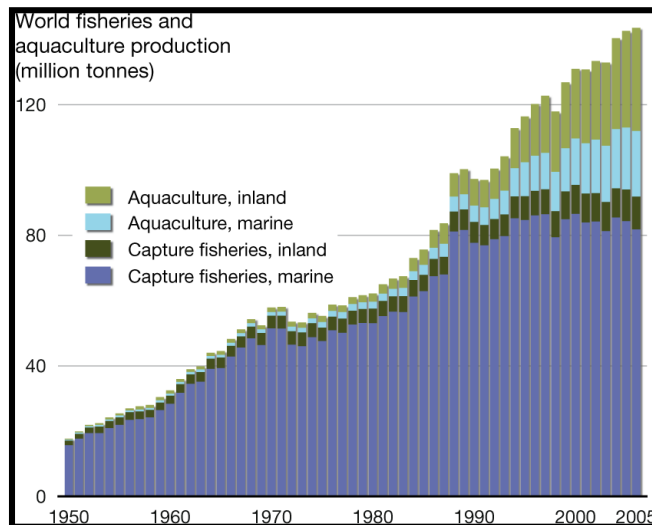
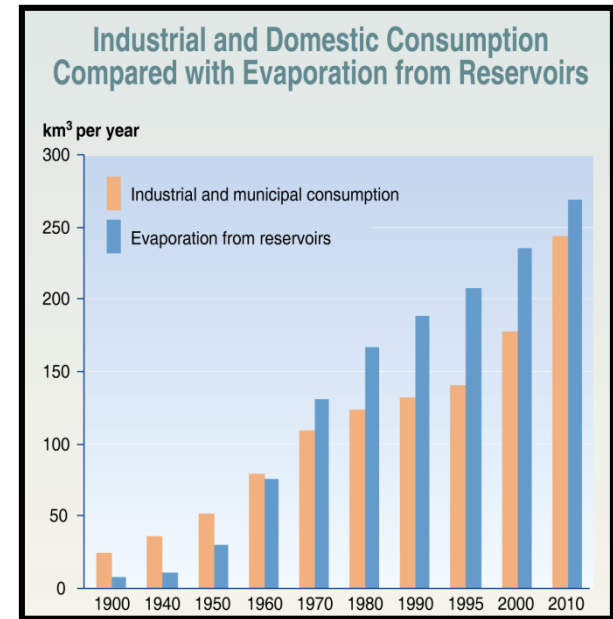
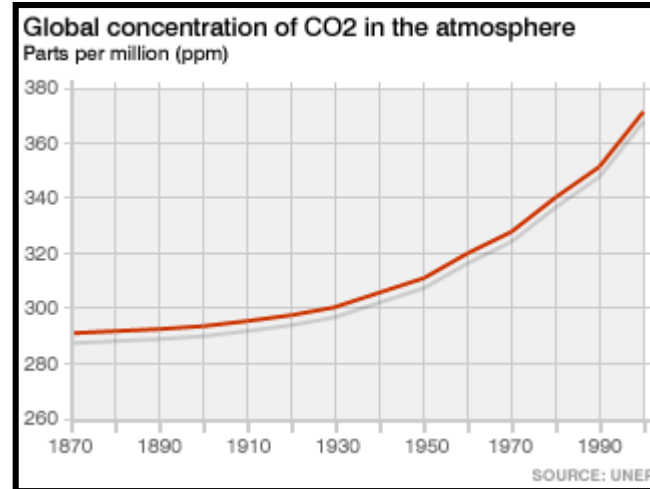
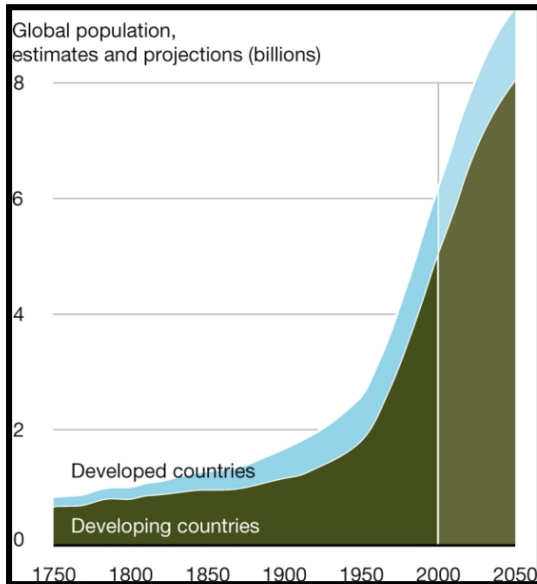
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

Comparativamente, sabemos pouco sobre os **mecanismos** que regulam a dinâmica de **ecossistemas ou sociedades**



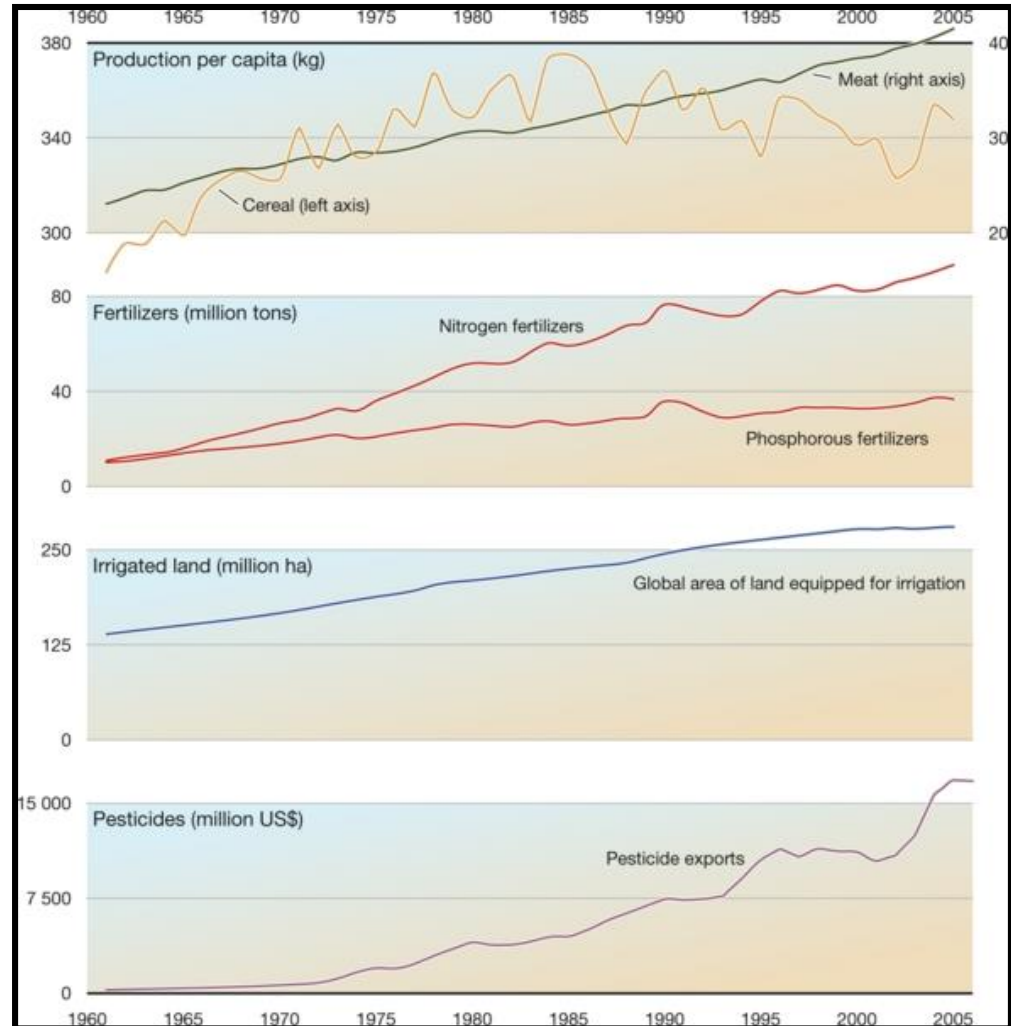
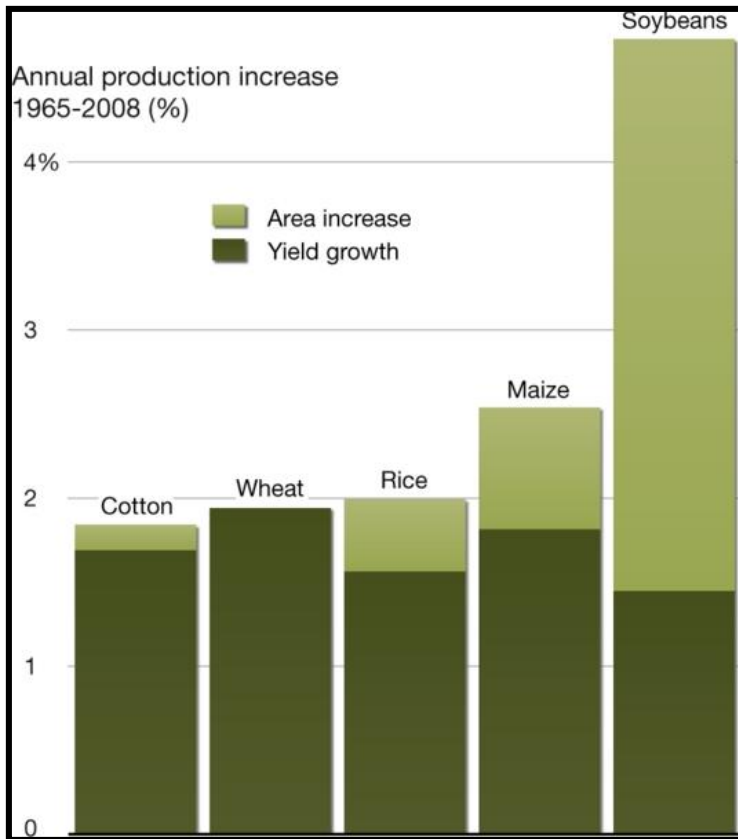
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

Crescimento e desenvolvimento da população humana causam mudanças graduais mas globais



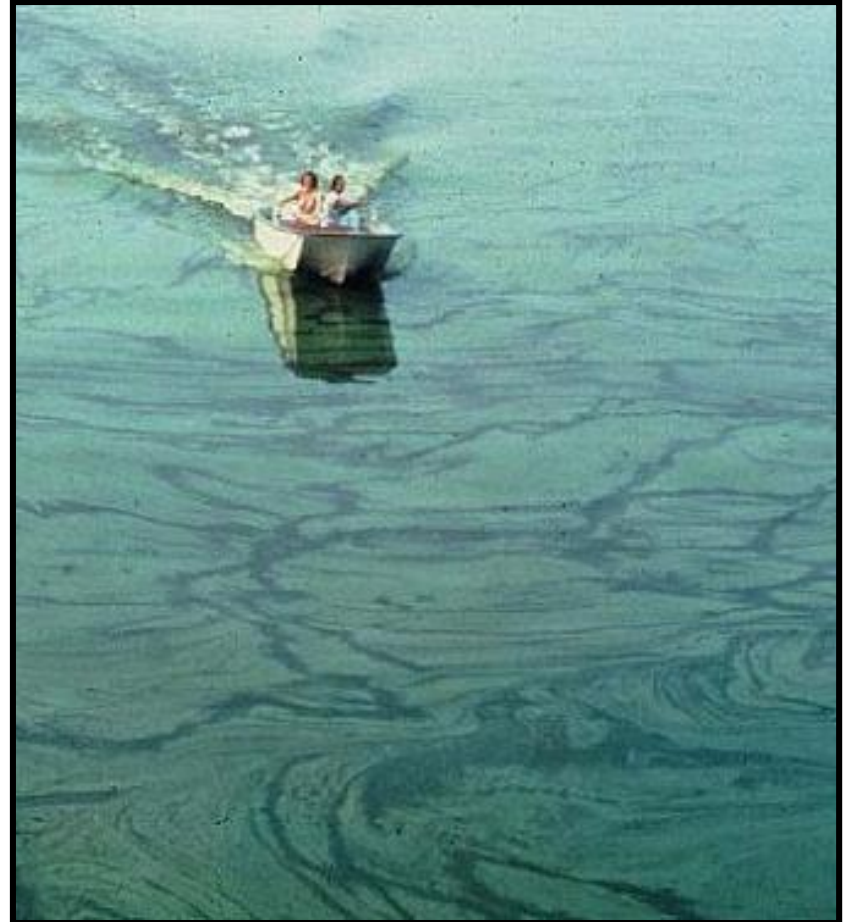
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

Crescimento e desenvolvimento da população humana causam mudanças graduais mas globais



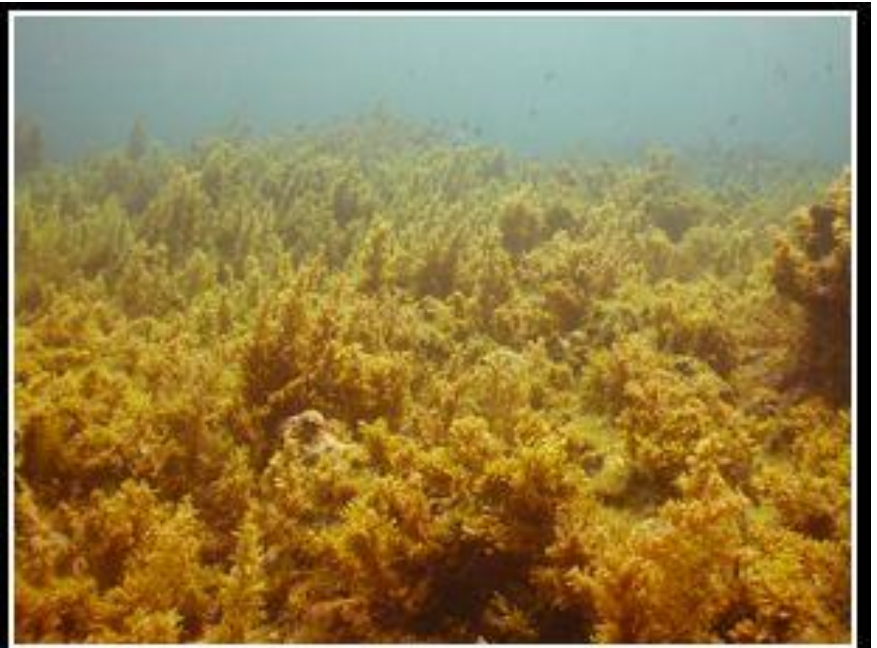
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

LAGOS



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

RECIFE DE CORAIS



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

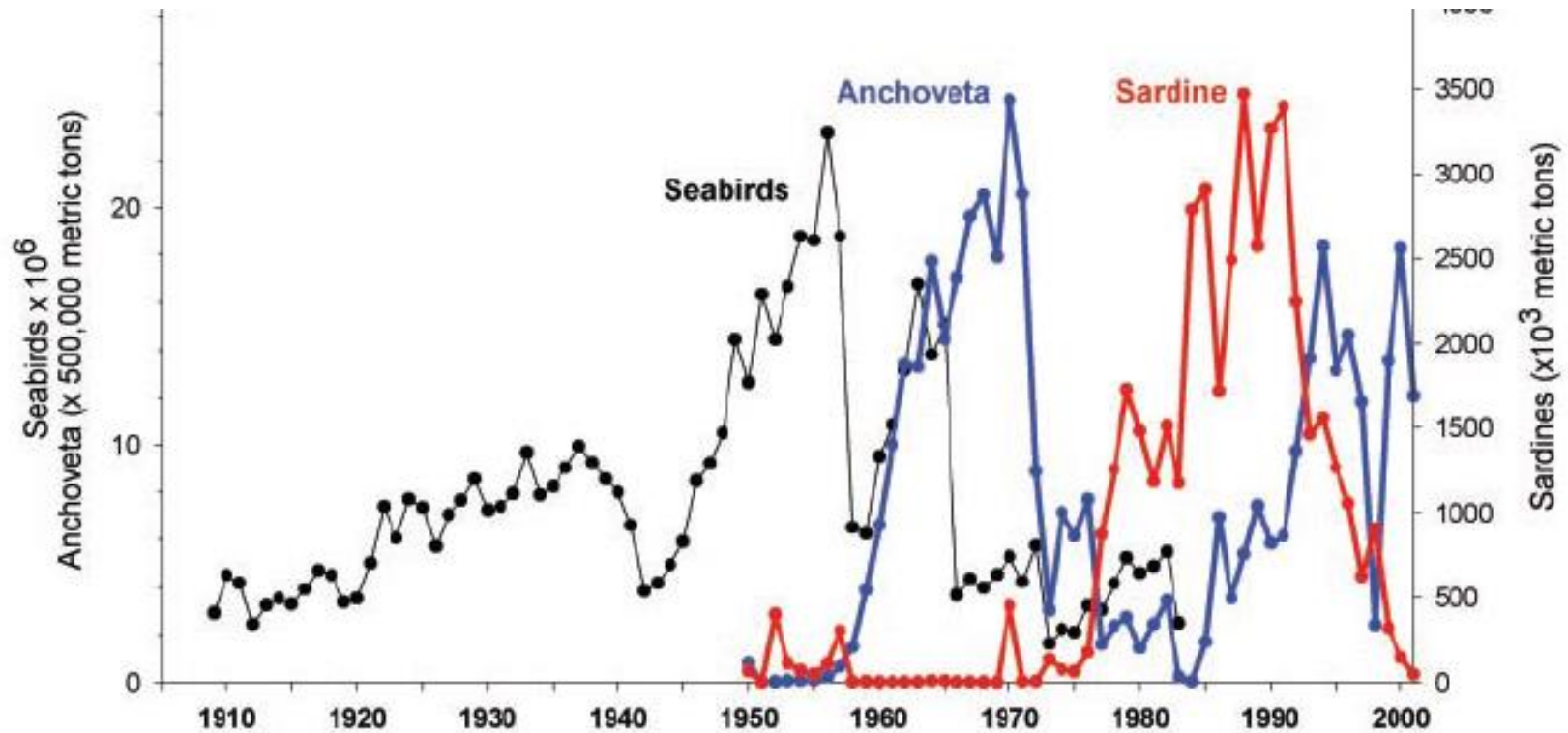


FLORESTAS DE KELP



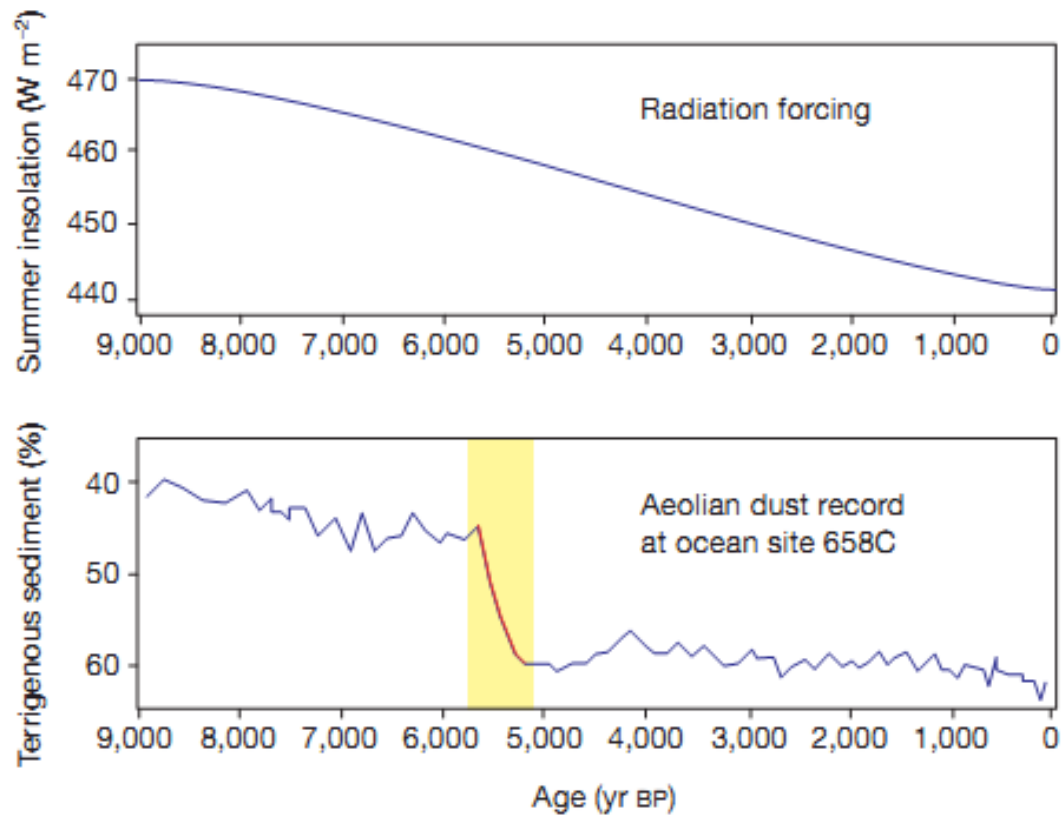
MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

POPULAÇÕES DE PEIXES NOS OCEANOS



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

COBERTURA VEGETAL NO SAHARA



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

ASSEMBLÉIAS DE MAMÍFEROS EM PAISAGENS FRAGMENTADAS

Perda de floresta na escala da paisagem

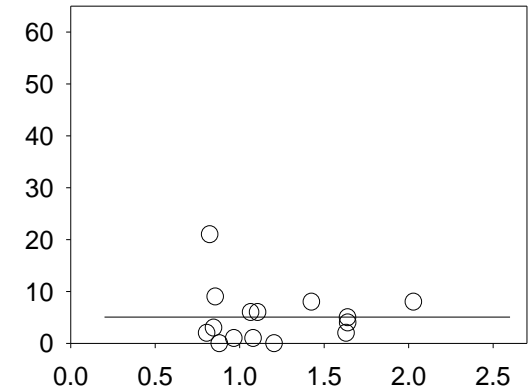
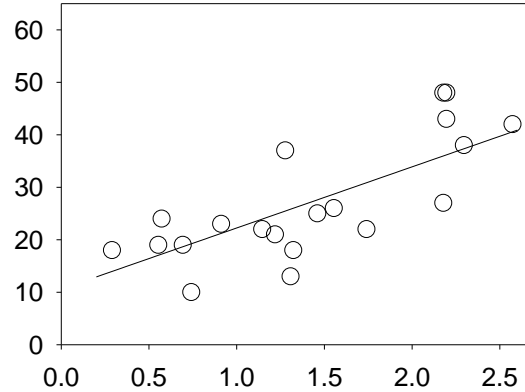
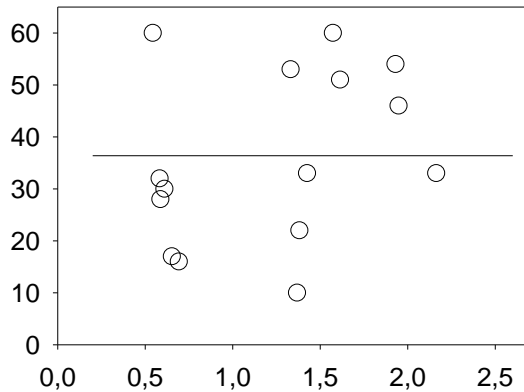


50%

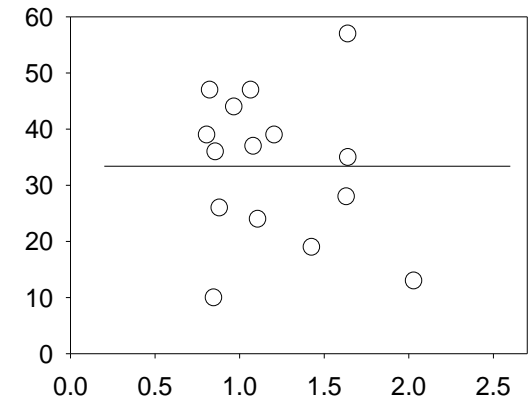
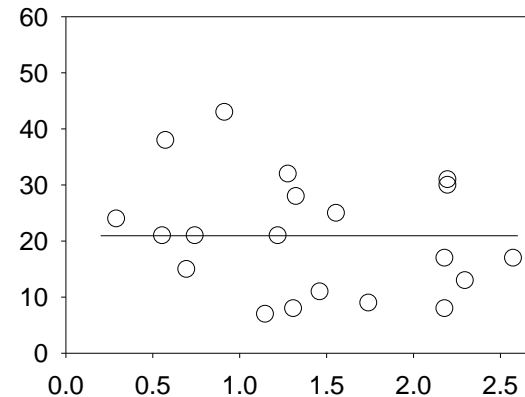
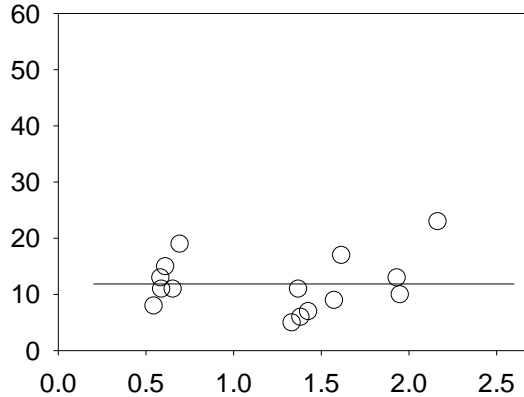
30%

10%

número de indivíduos
especialistas



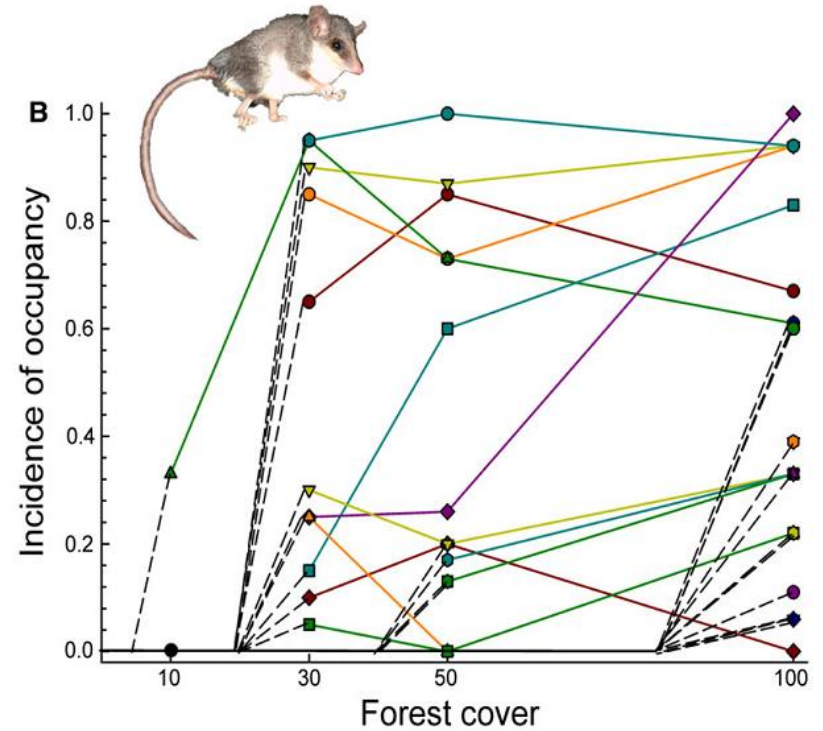
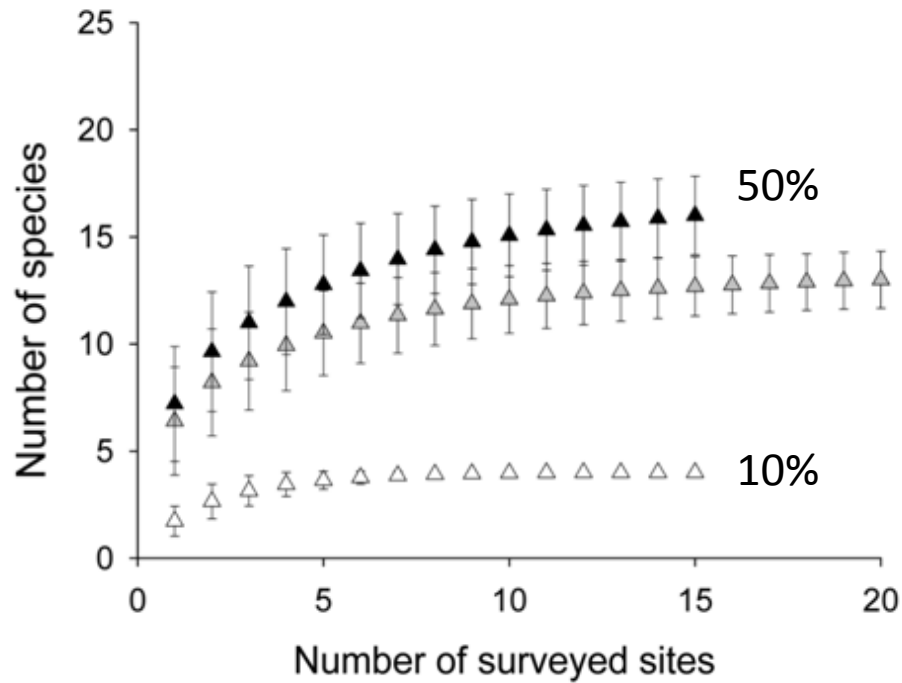
número de indivíduos
generalistas



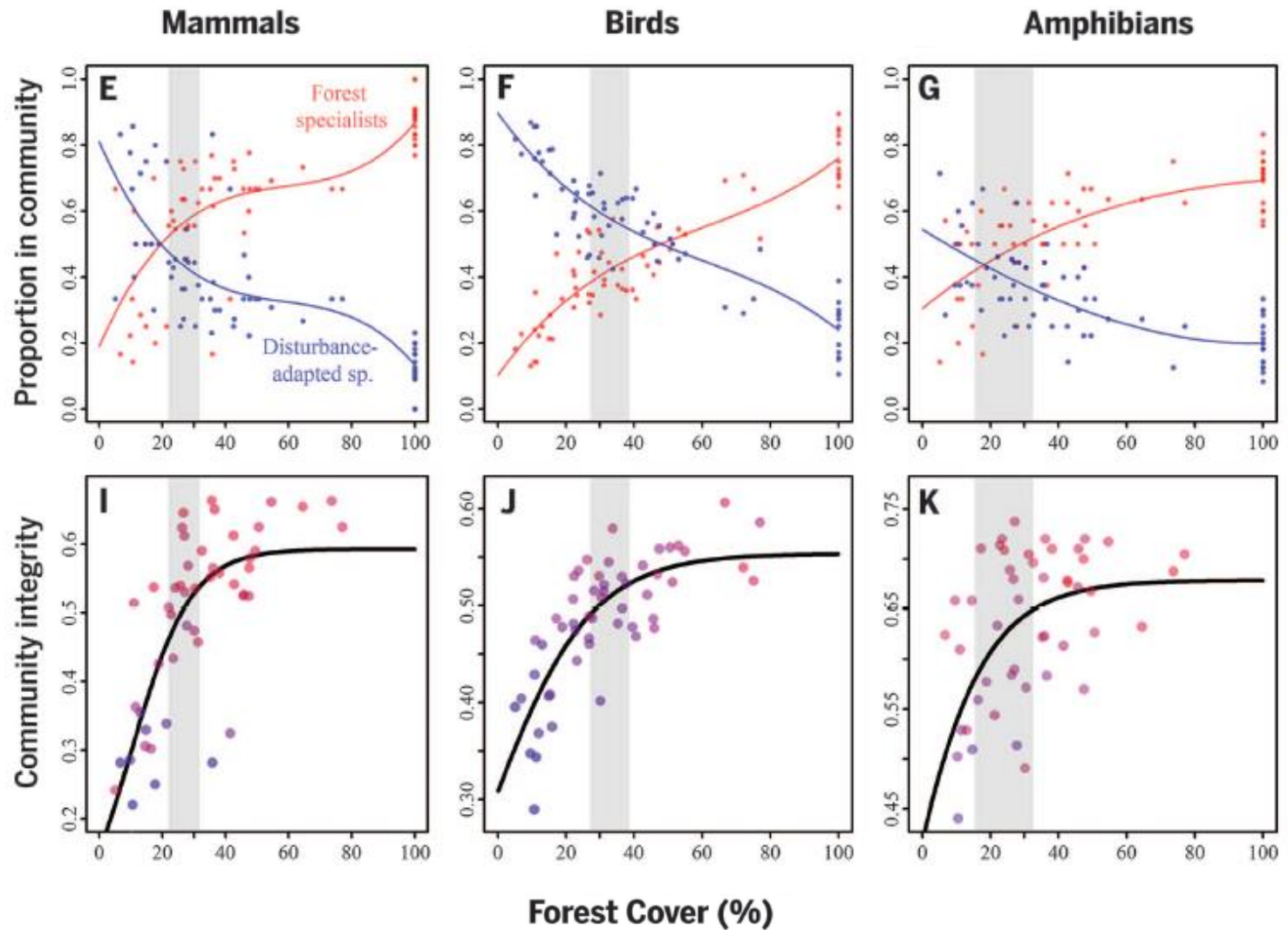
tamanho do fragmento (ha)

MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

Fragmented landscapes



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS



✓ *mesma força - resultados muito diferentes*



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

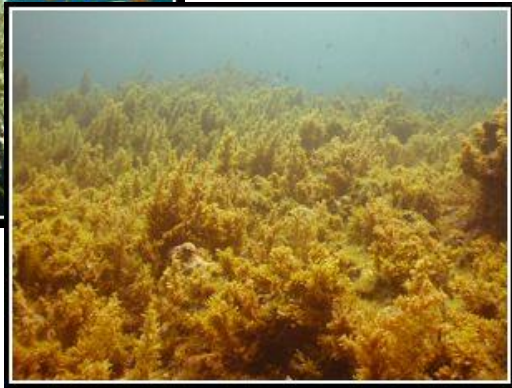


Propriedades chave da teoria de múltiplos estados estáveis:

- ✓ é difícil ver que o ponto crítico está chegando – enquanto o barco está ficando cheio, sua posição (estado) continua a mesma
- ✓ porém, a resiliência está sendo erodida, e perto do ponto crítico a resiliência é pequena e pequenos distúrbios levam a mudança brusca da posição (estado)
- ✓ voltar a posição (estado) anterior requer mais do que tirar uma pessoa do barco (reverter o pequeno distúrbio)



MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS



PORQUE SE PREOCUPAR COM TRANSIÇÕES CRÍTICAS?

- ✓ Embora raras, são excepcionalmente importantes para a sociedade
- ✓ São frequentemente resultado de mecanismos simples e identificáveis

MUDANÇAS BRUSCAS OU TRANSIÇÕES CRÍTICAS

R. C. *Lewontin*, "The meaning of stability,"
Brookhaven Symposia in Biology, vol. 22,
pp. 13–24, 1969.

RESILIENCE AND STABILITY OF ECOLOGICAL SYSTEMS

Annu. Rev. Ecol. Syst. 1973.4:1-23.

C. S. Holling

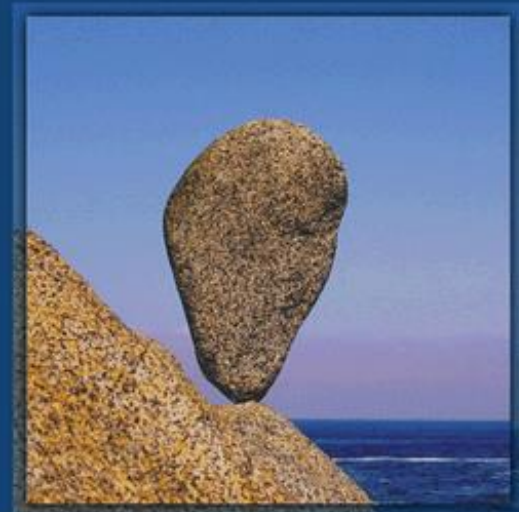
Nature Vol. 269 6 October 1977

review article

**Thresholds and breakpoints in ecosystems
with a multiplicity of stable states**

Robert M. May*

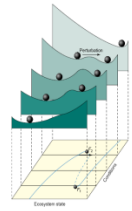
Critical Transitions in Nature and Society



Marten Scheffer

PRINCETON STUDIES IN COMPLEXITY

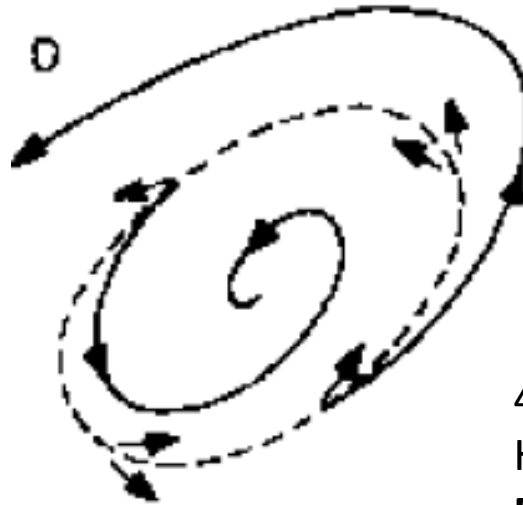
RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS



2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS

Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais

1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

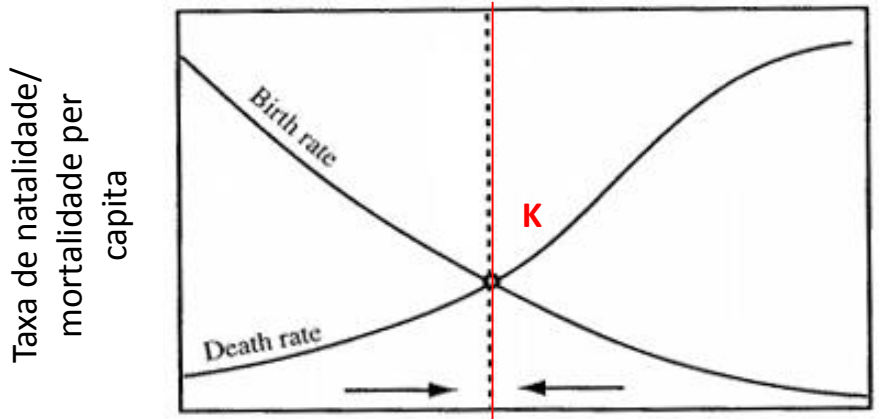


3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

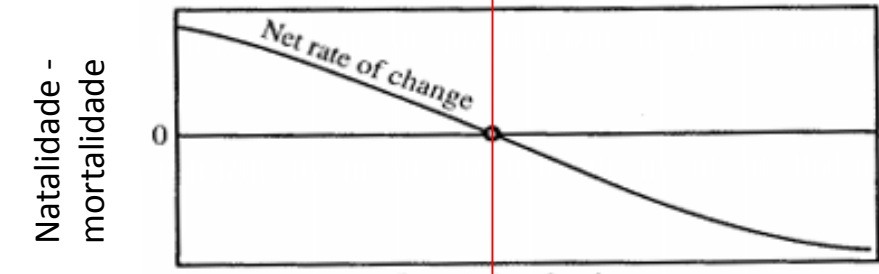
4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?



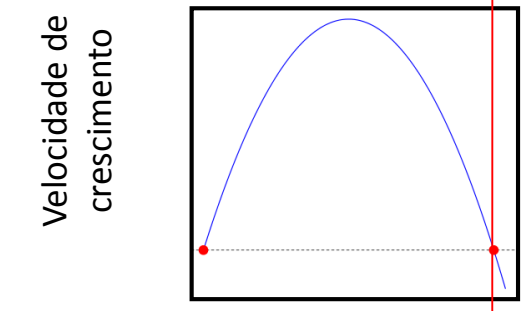
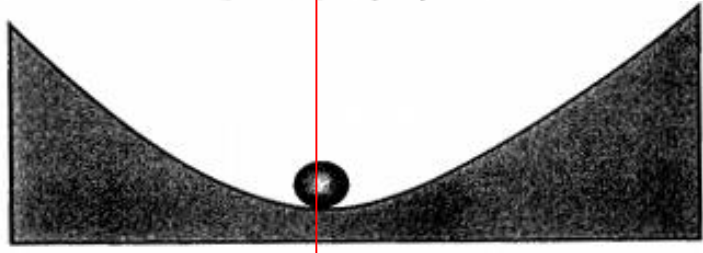
Equilíbrio (K)

- ✓ estado do sistema (e.g. tamanho populacional) não muda
- ✓ processos responsáveis pelo estado do sistema se balanceiam



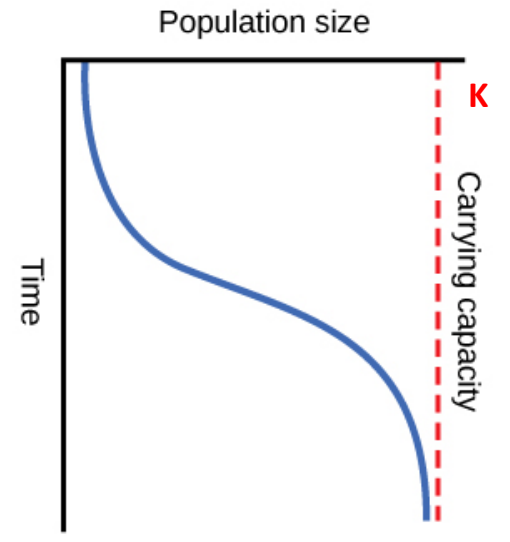
Paisagem de estabilidade

- ✓ analogia gráfica onde a inclinação representa a taxa líquida de mudança
- ✓ no equilíbrio taxa e inclinação = 0

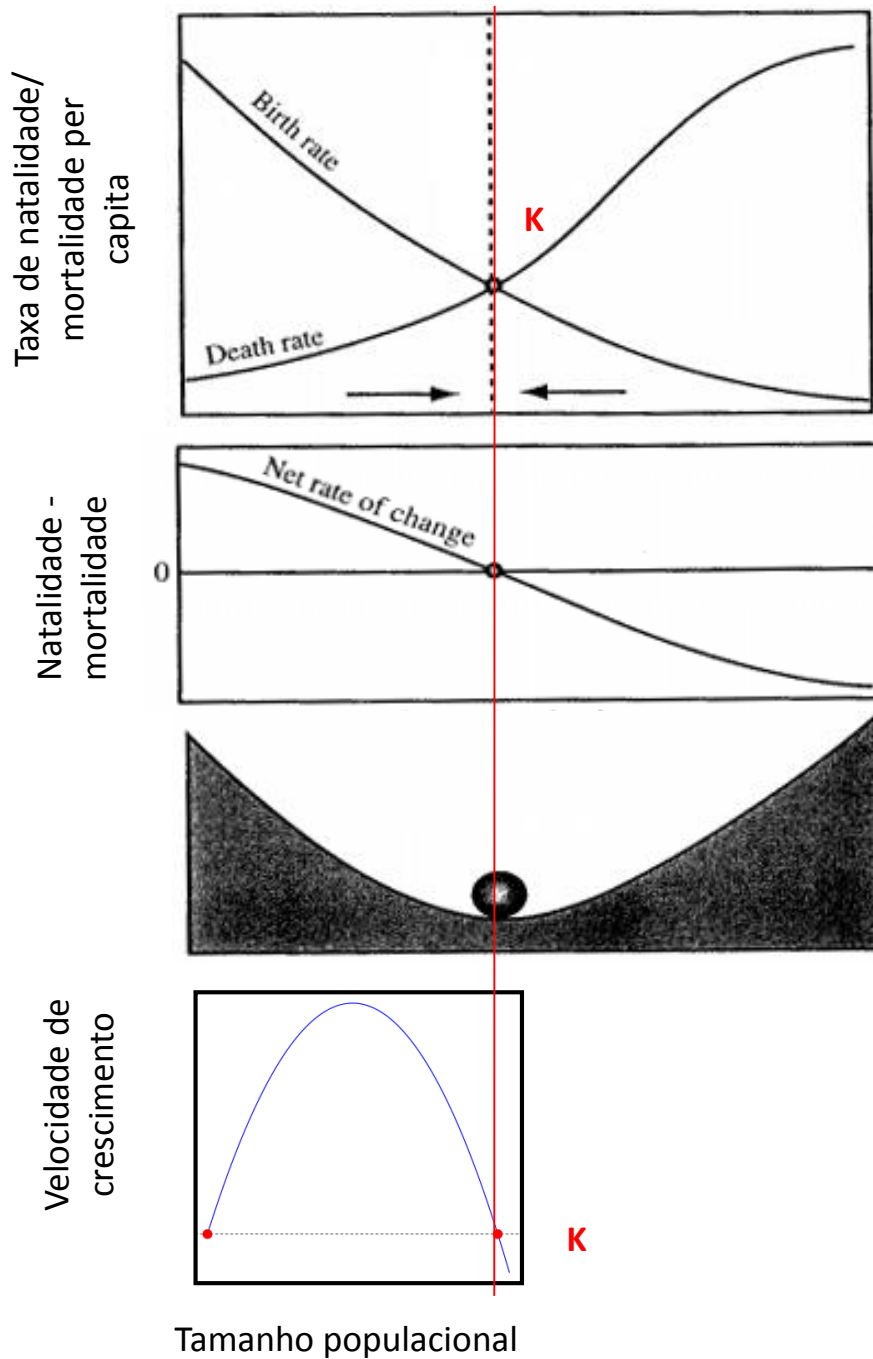


Estabilidade local

- ✓ derivada da velocidade de crescimento em relação ao tamanho populacional é negativa



Tamanho populacional



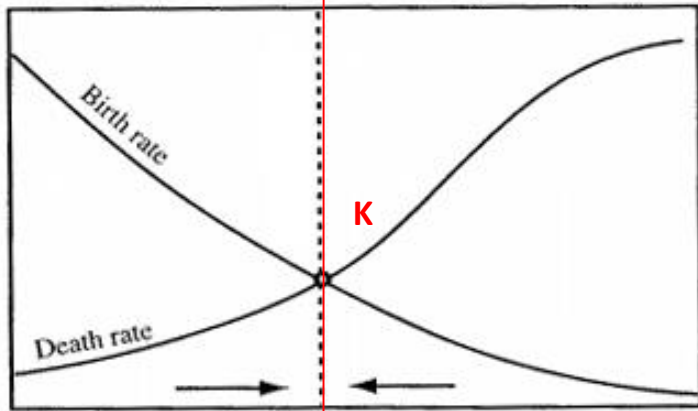
Só há **um equilíbrio estável**, porque as taxas de **natalidade e mortalidade** per capita mudam **quase linearmente** com o **tamanho populacional**

Assim, se **anulam** (se cruzam) em apenas **um ponto**

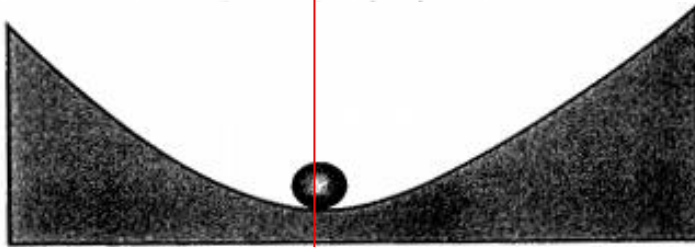
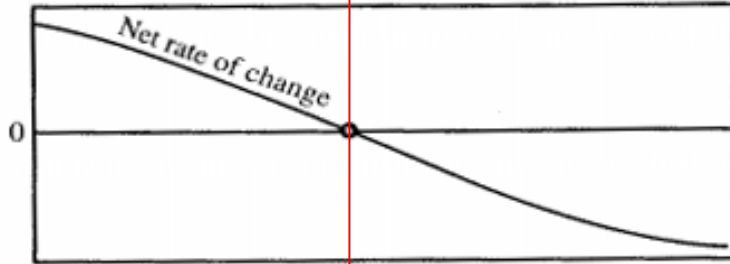
Mas será que a natalidade é alta e a mortalidade baixa em densidades populacionais baixas?

EFEITO ALLEE – crescimento populacional reduzido em populações pequenas

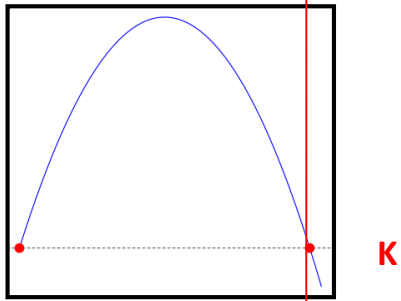
Taxa de natalidade/
mortalidade per
capita



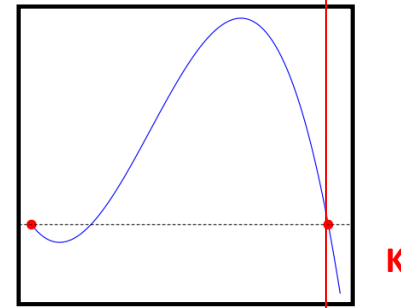
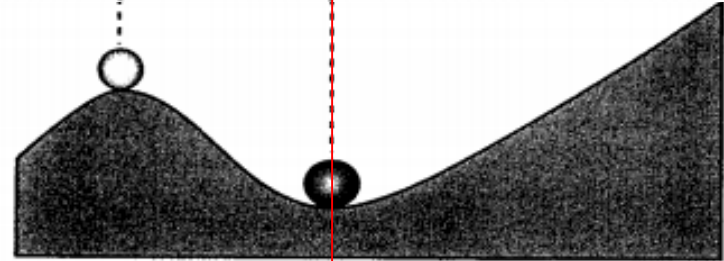
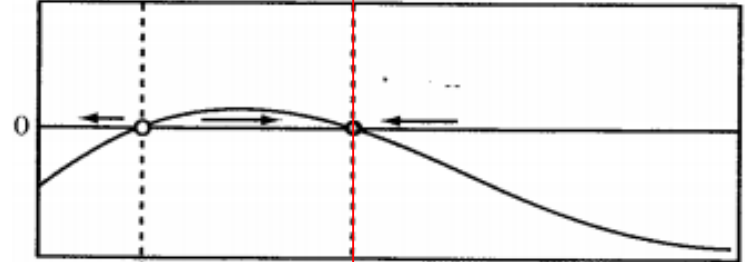
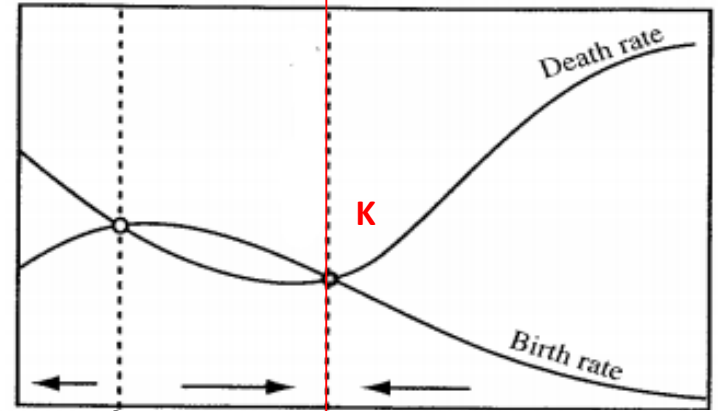
Natalidade -
mortalidade



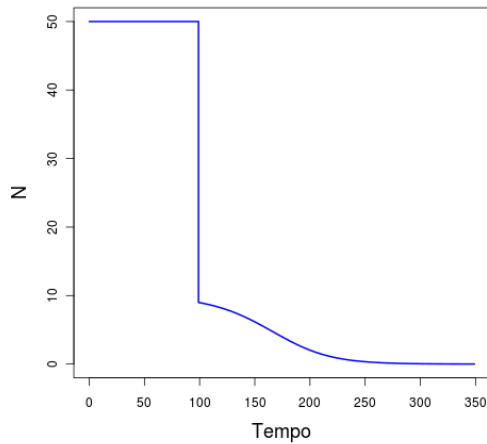
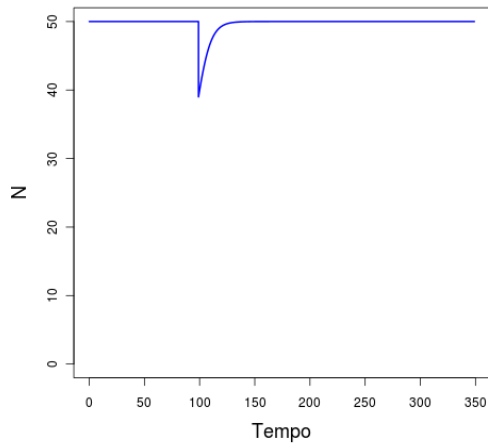
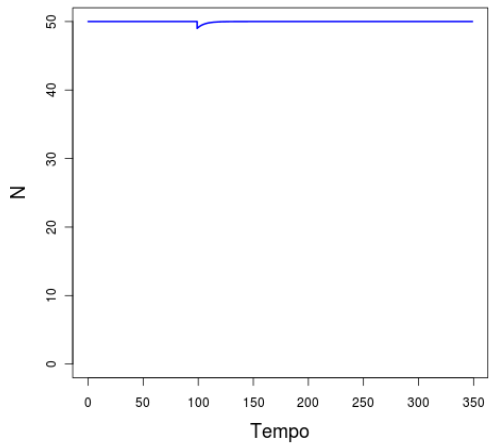
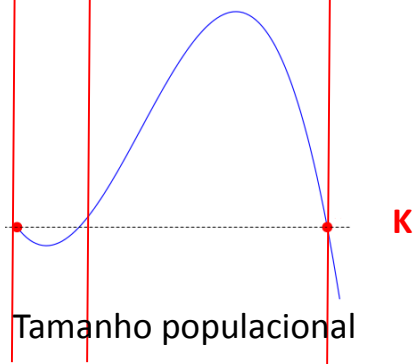
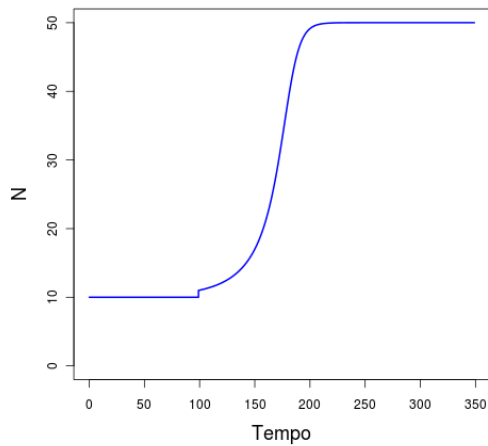
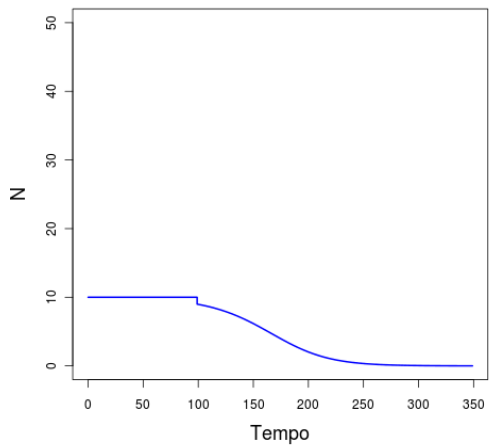
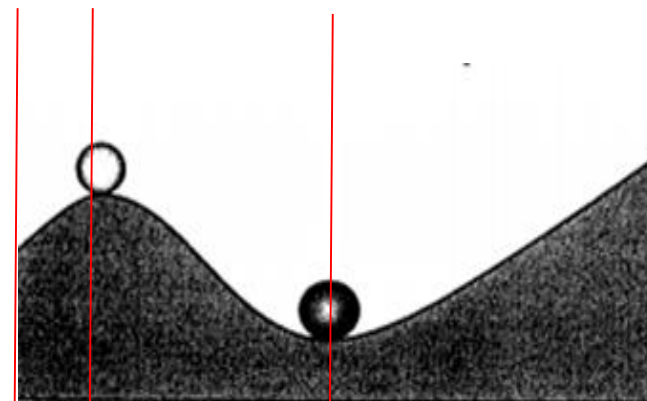
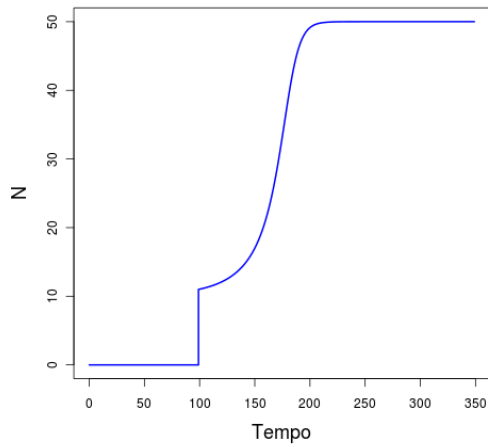
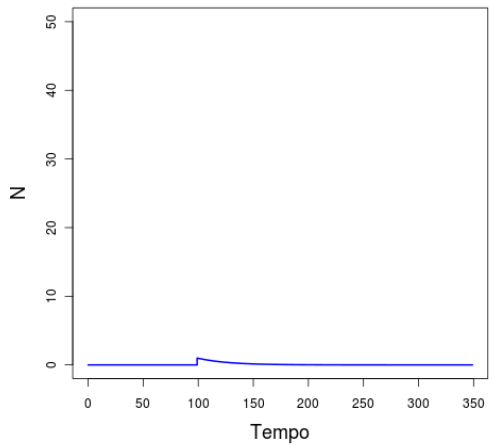
Velocidade de
crescimento

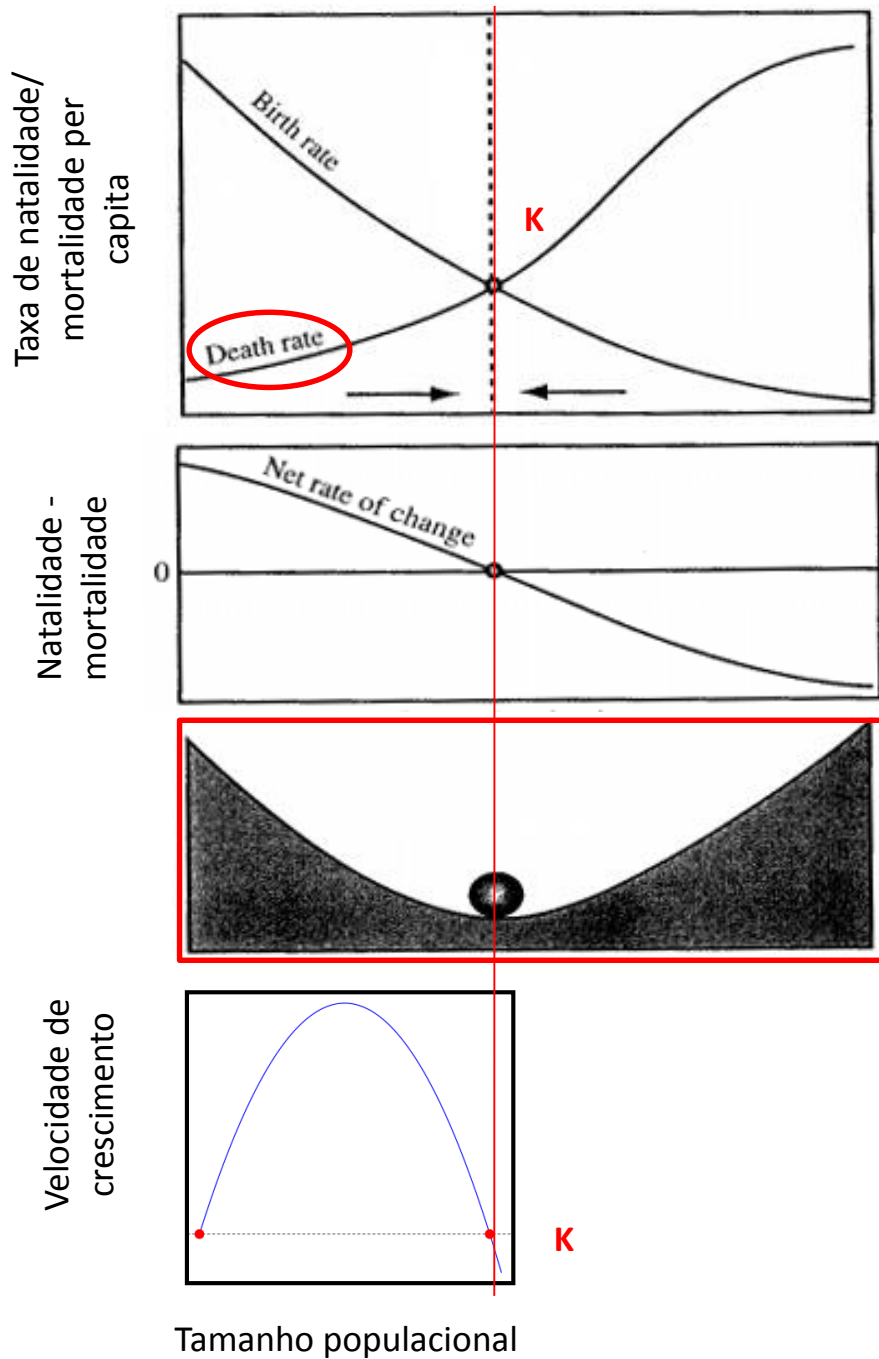


Tamanho populacional



Tamanho populacional

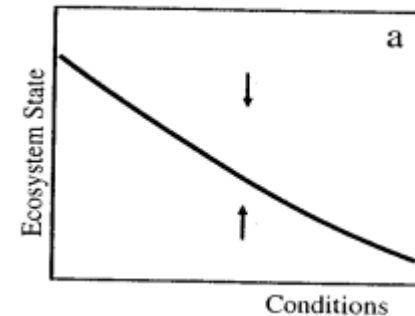




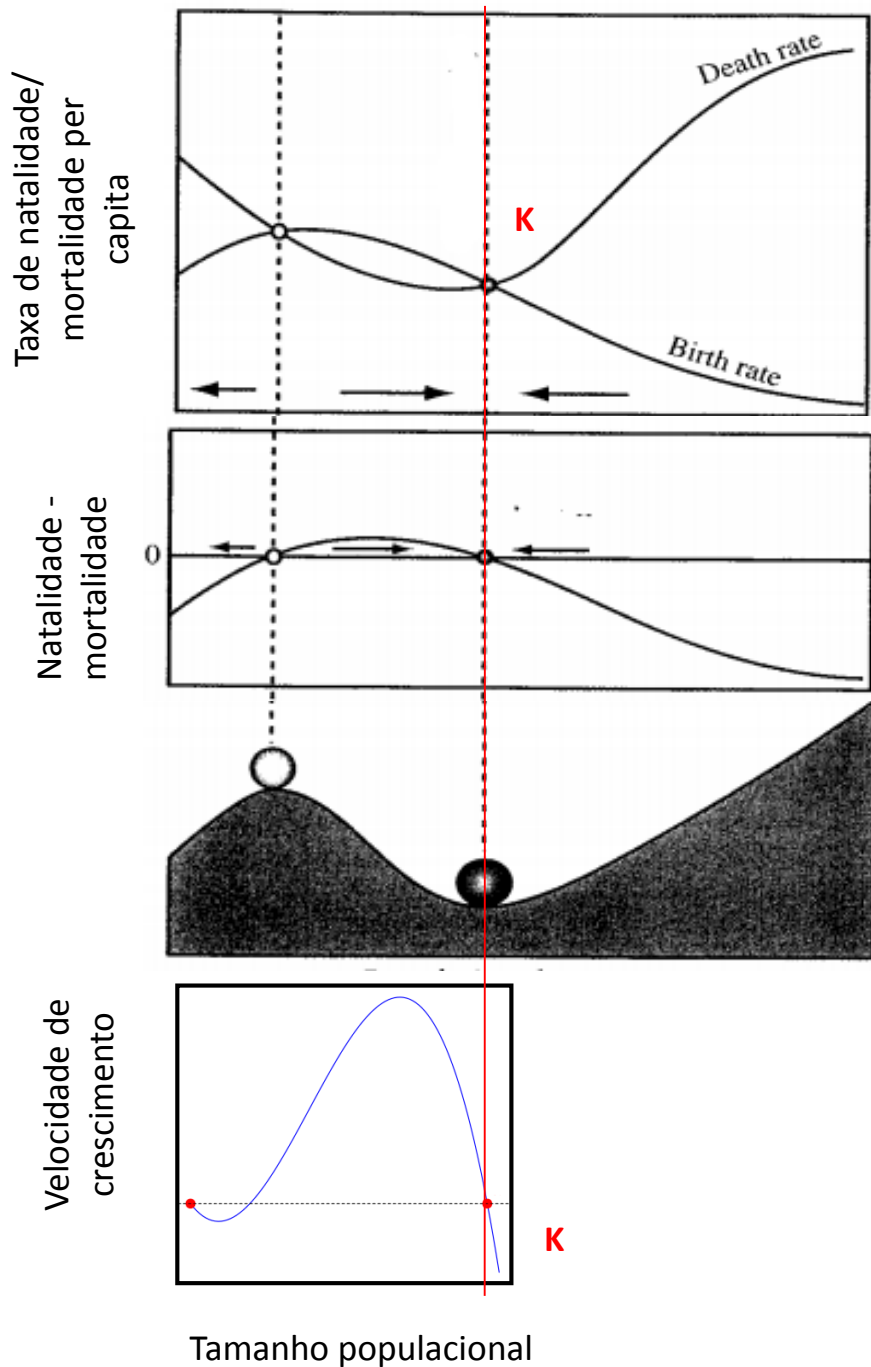
ESTABILIDADE GLOBAL

Equilíbrio estável é um **atrator global** e o vale da paisagem de estabilidade é a **bacia de atração**

Estado no equilíbrio pode mudar se as **condições se modificam** – por exemplo, se a predação no ambiente aumenta, o tamanho da população no equilíbrio diminui



Mas, para cada condição ambiental há apenas um equilíbrio estável possível, e a **paisagem de estabilidade não muda com as condições ambientais**



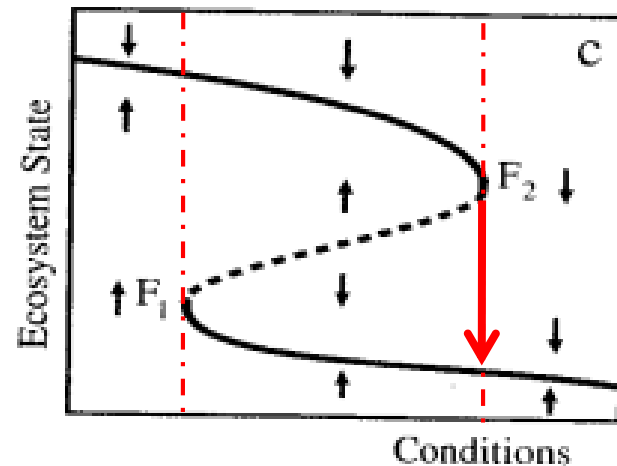
ESTABILIDADE NÃO É GLOBAL

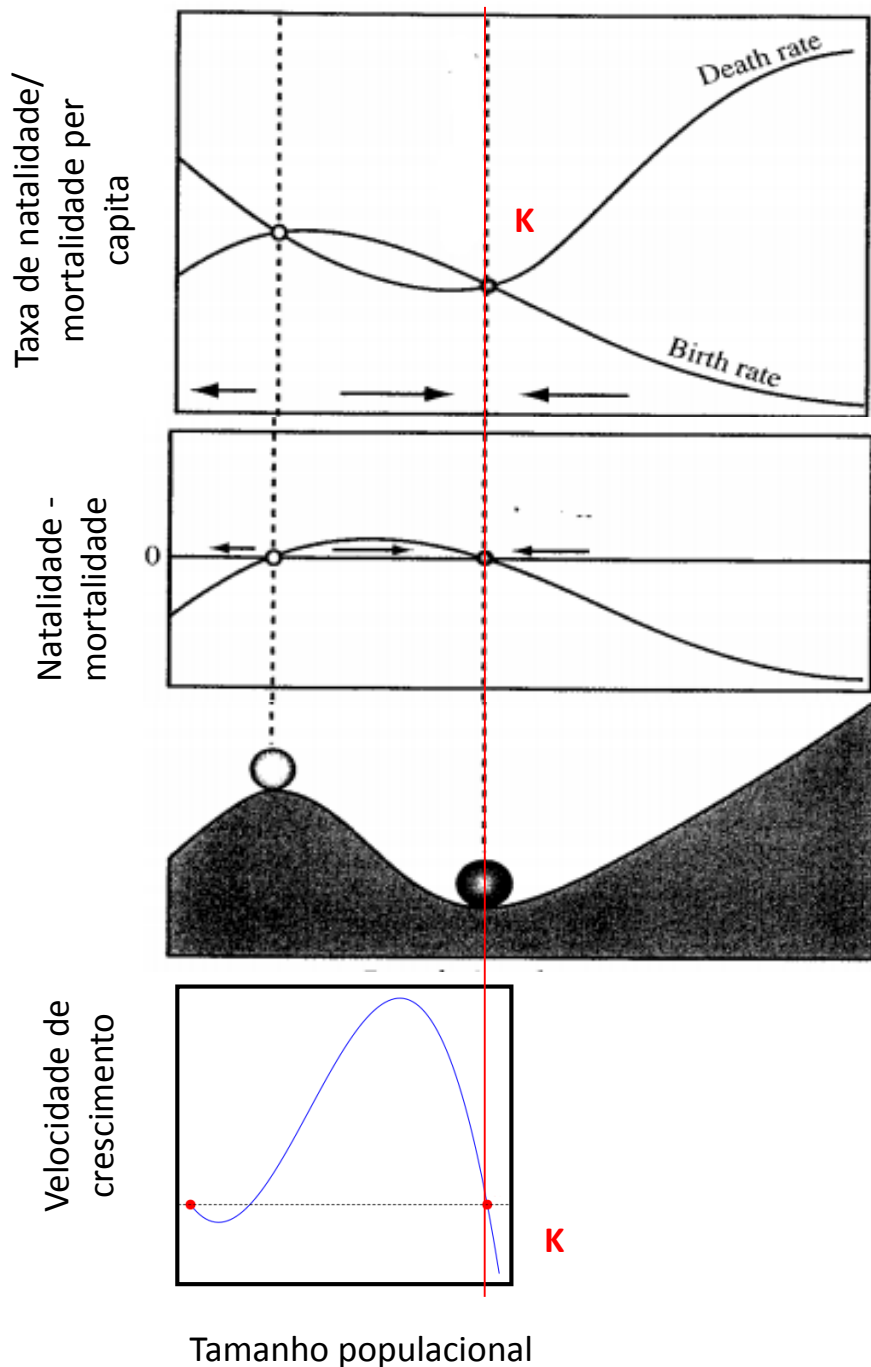
Dois equilíbrios e estados estáveis

Curva do estado de equilíbrio com as condições ambientais é dobrada = **HISTERESE**

Sob certas condições ambientais o sistema tem dois estados possíveis separados por um equilíbrio instável

Dada uma mudança suficiente nas condições ambientais, uma transição catastrófica ocorre para um outro estado





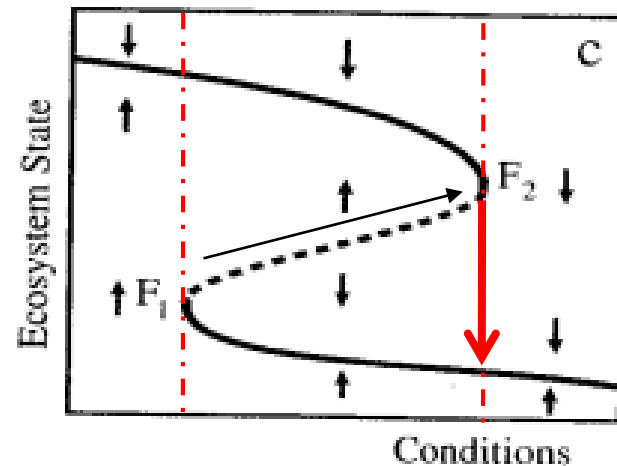
ESTABILIDADE NÃO É GLOBAL

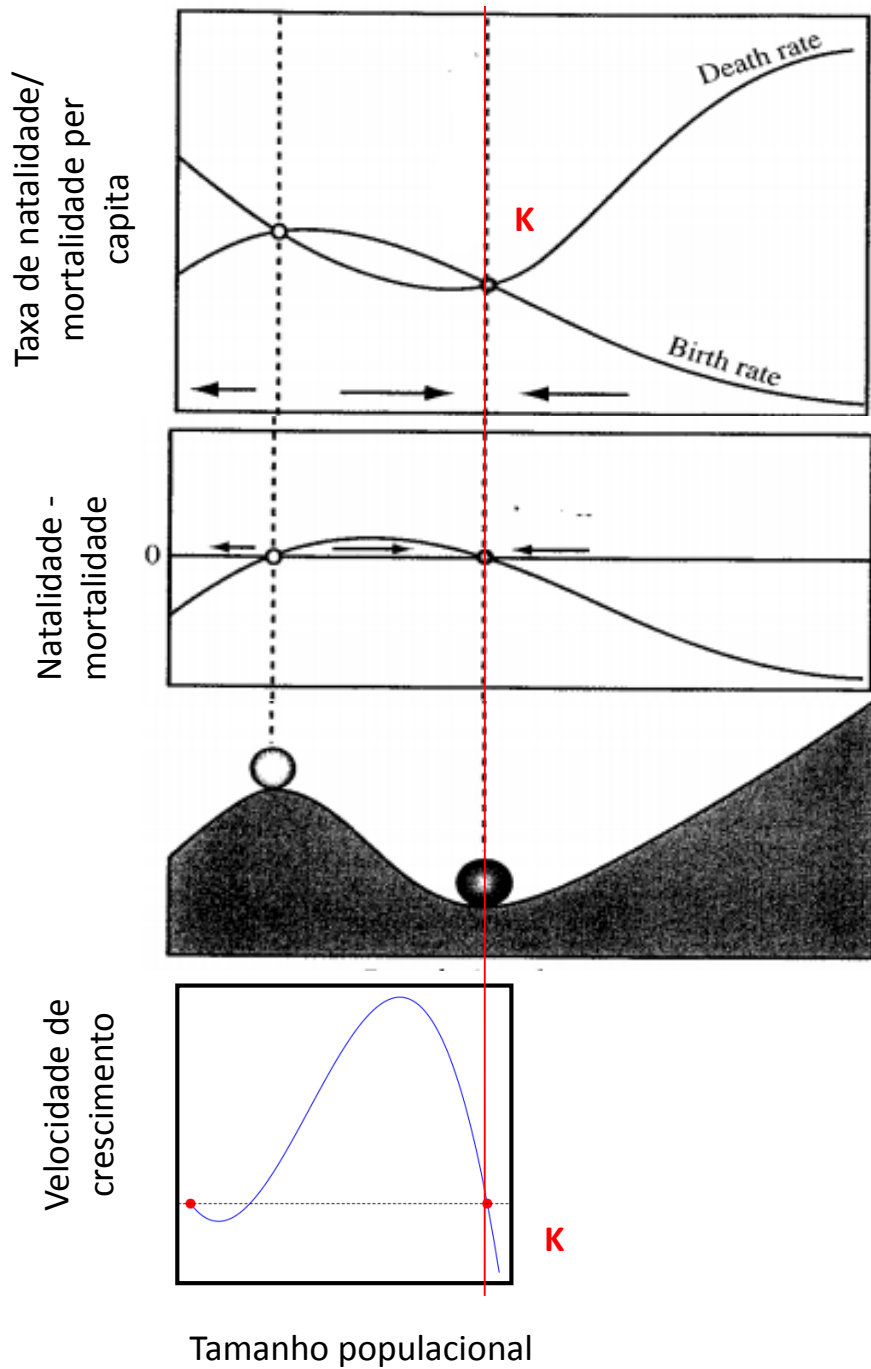
Dois equilíbrios e estados estáveis

Curva do estado de equilíbrio com as condições ambientais é dobrada = **HISTERESE**

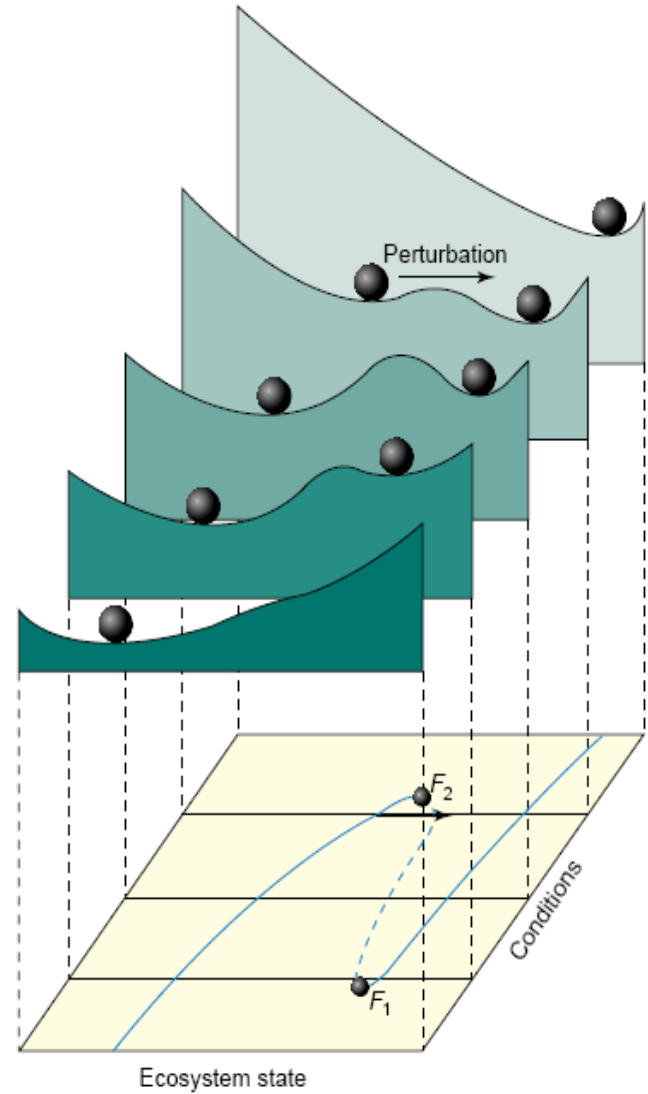
Sob certas condições ambientais o sistema tem dois estados possíveis separados por um equilíbrio instável

As condições ambientais alteram o ponto de equilíbrio instável (alteram o parâmetro a)

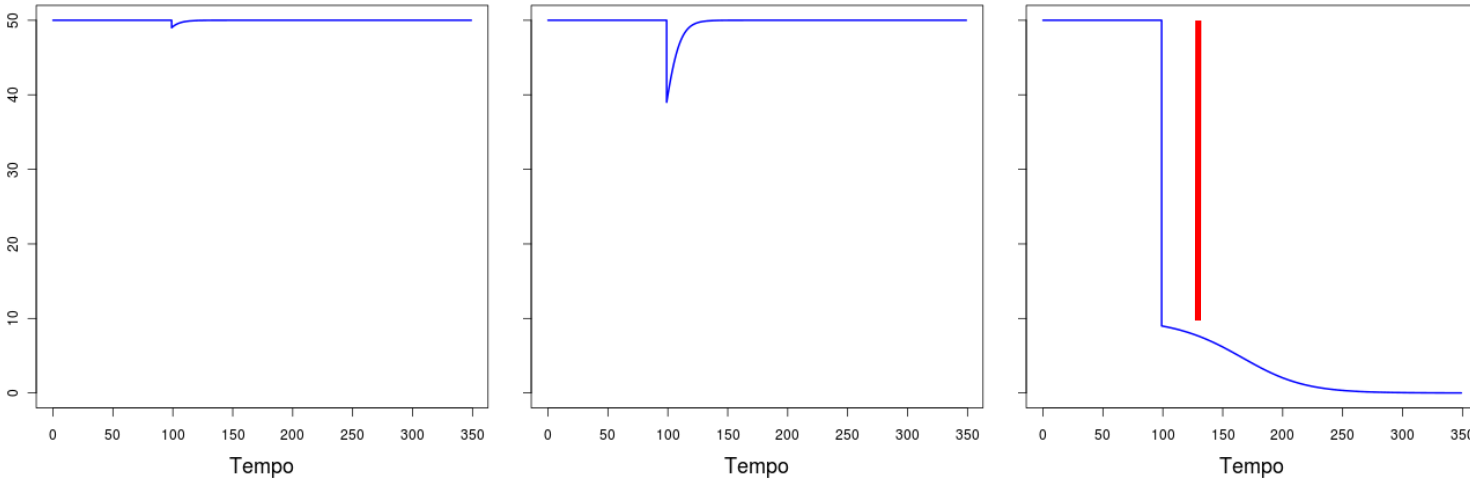




PAISAGEM DE ESTABILIDADE MUDA COM AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS



O QUE É RESILIÊNCIA?



RESILIÊNCIA

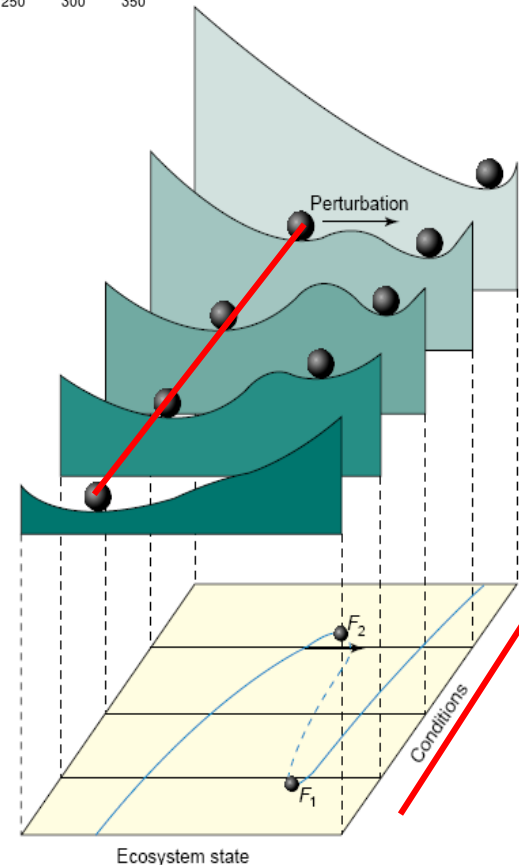
✓ perturbação máxima que o sistema pode receber sem causar mudança para o estado estável alternativo

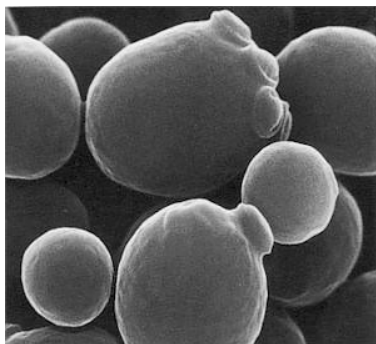
✓ largura da bacia de atração

✓ estado do sistema pode mudar pouco com mudanças nas condições ambientais, mas a resiliência é reduzida – ou seja, pouco se vê antes da TRANSIÇÃO CRÍTICA

HISTERESE

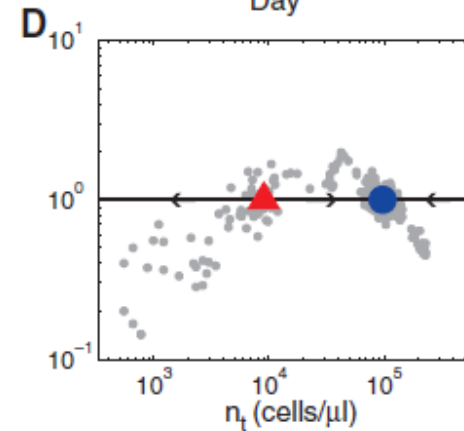
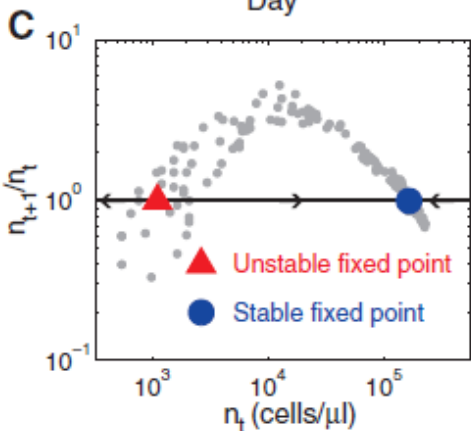
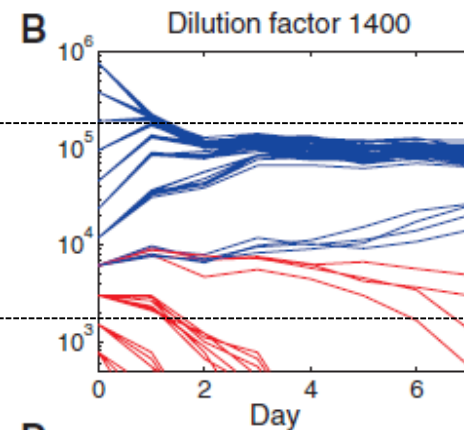
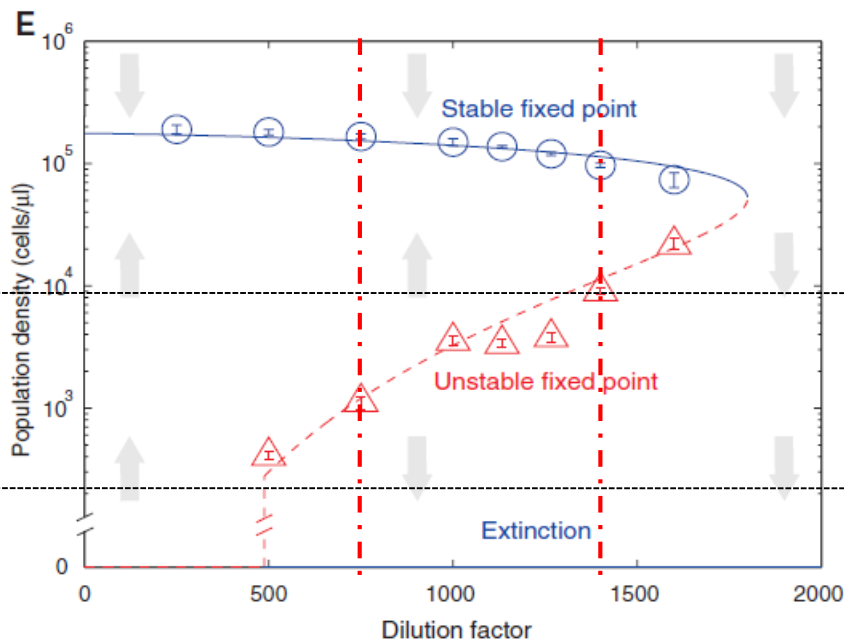
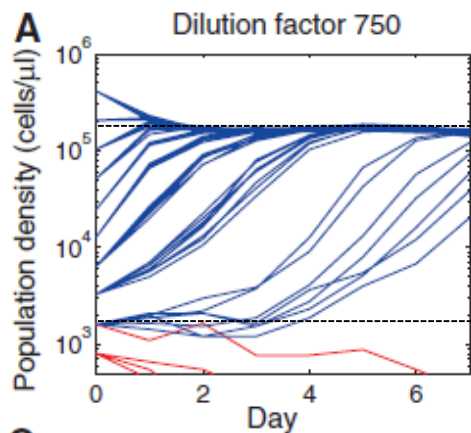
✓ retorno do sistema a outro estado requer mais mudança nas condições ambientais do que foi necessário para levá-lo ao estado atual – TRANSIÇÕES CRÍTICAS não são fáceis de reverter





Efeito Allee – quebra “cooperativa” da sacarose

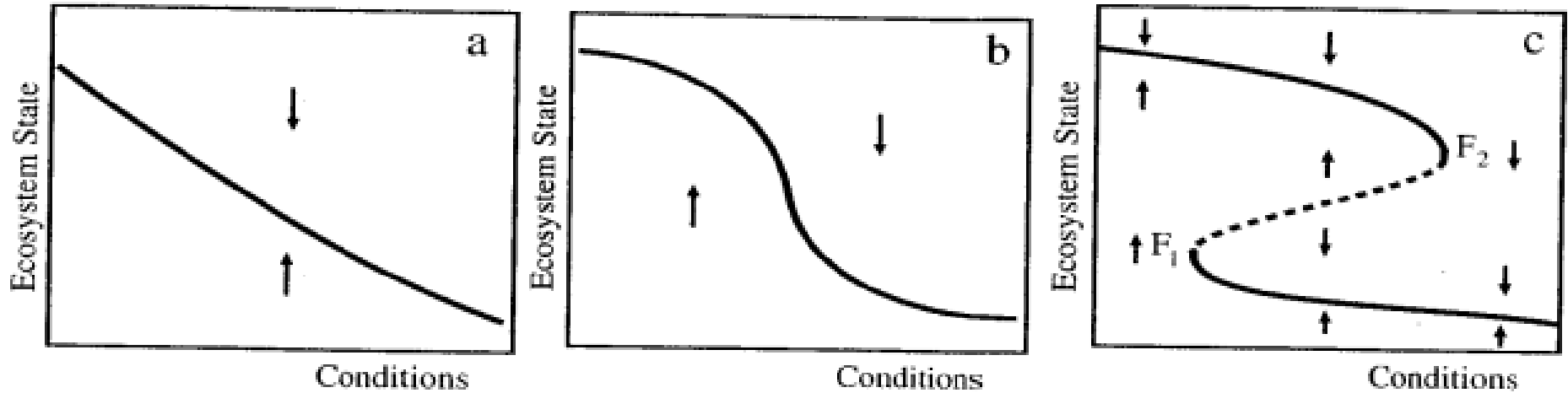
Condições ambientais - diluição da população (simulando algum fator ambiental que condiciona as taxas de mortalidade)



Sob certas condições ambientais (diluição de 500 a 1600) - dois estados estáveis

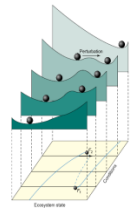
Mudança ambiental que aumenta a mortalidade aproxima o equilíbrio instável do estável – PERDA DE RESILIÊNCIA

ESSAS TRÊS RELAÇÕES DO ESTADO DE EQUILÍBRIO COM AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS SÃO PARTE DE UM GRADIENTE DE RESPOSTAS...



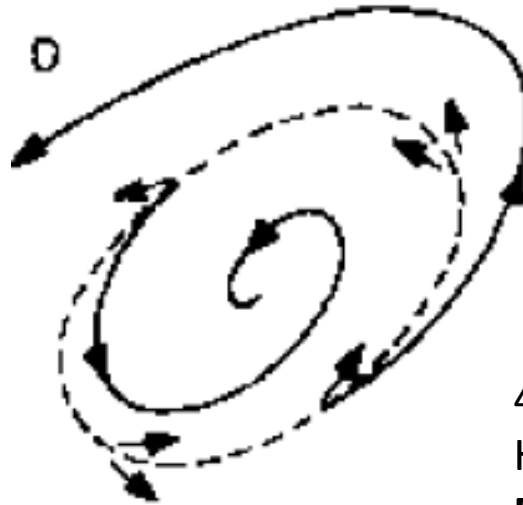
A DEPENDER DA FORÇA DO MECANISMO BIOLÓGICO, HETEROGENEIDADE E MODULARIDADE

RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS



1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS
Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais



3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?

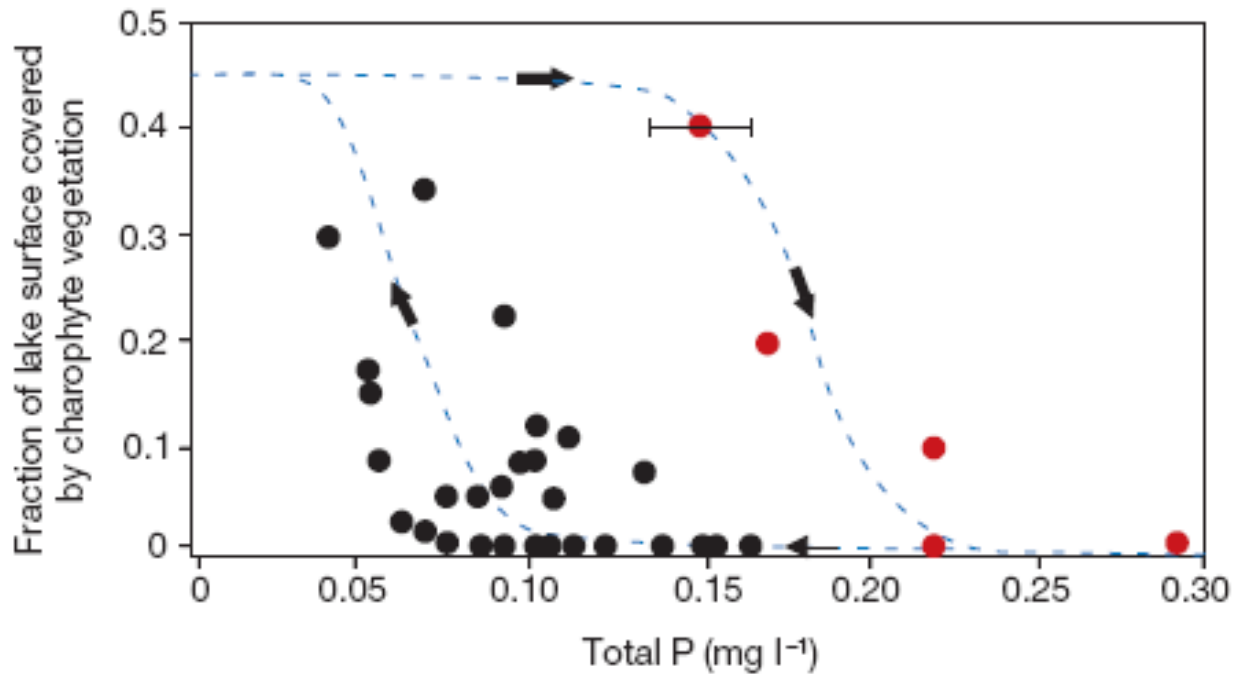
MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ LAGOS CLAROS E TURVOS

Águas claras com vegetação submersa

Águas turvas sem vegetação submersa

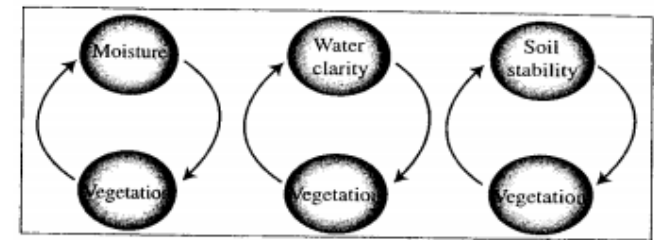
eutrofização



Scheffer et al. 1993

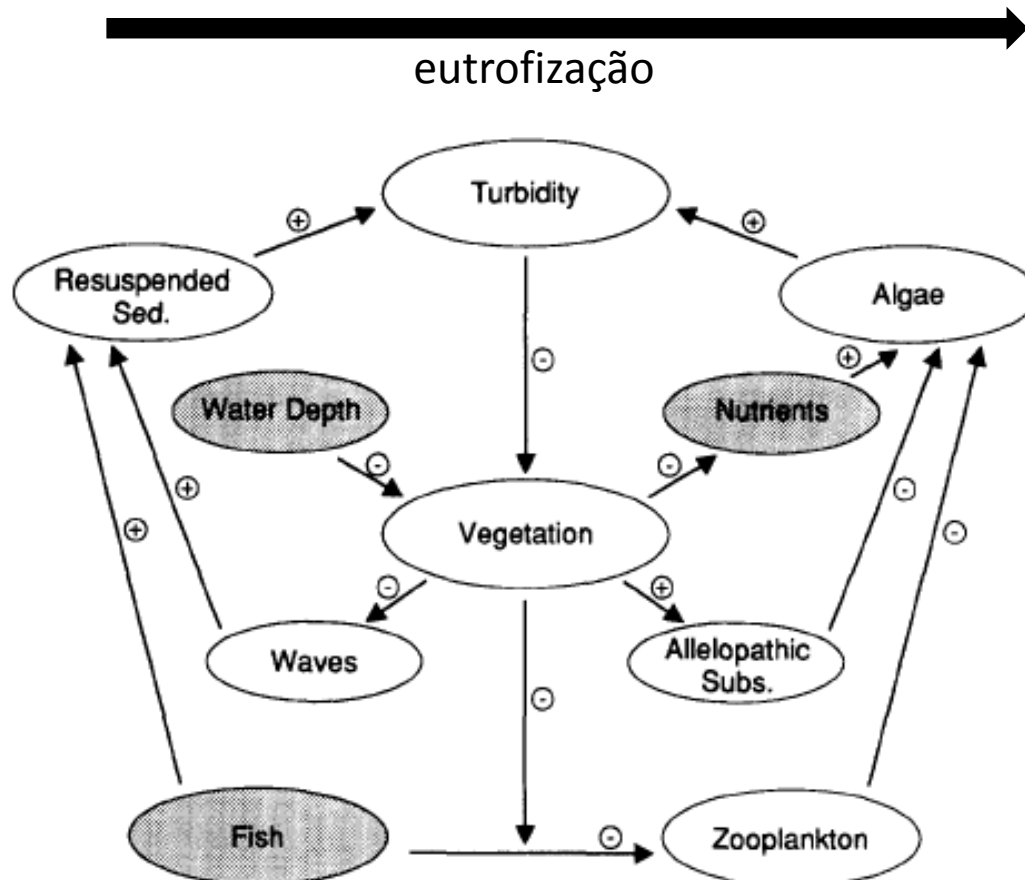
MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ LAGOS CLAROS E TURVOS



Águas claras com vegetação submersa

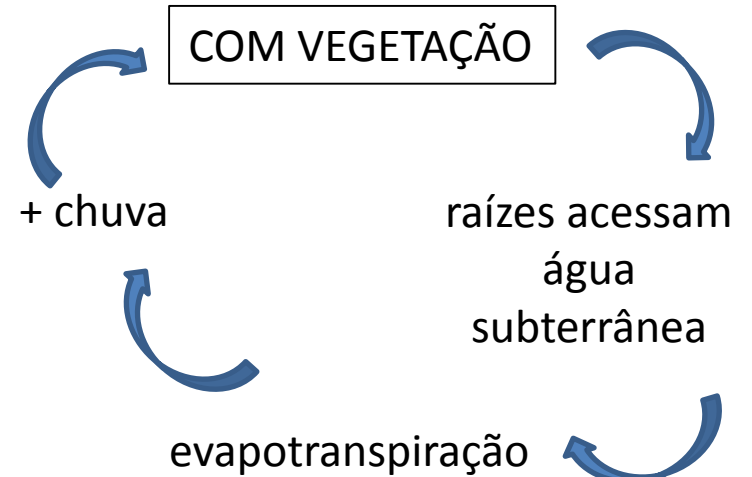
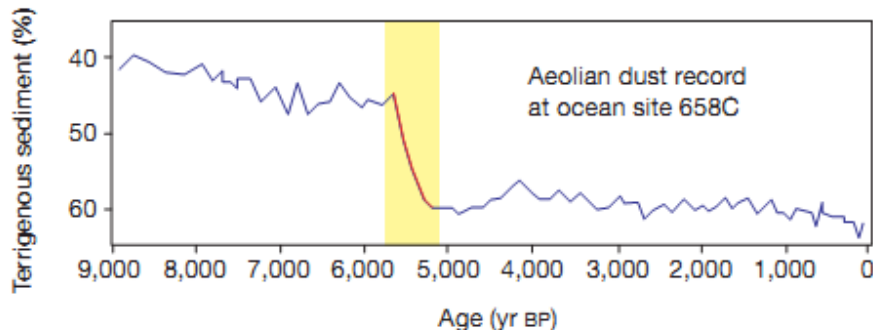
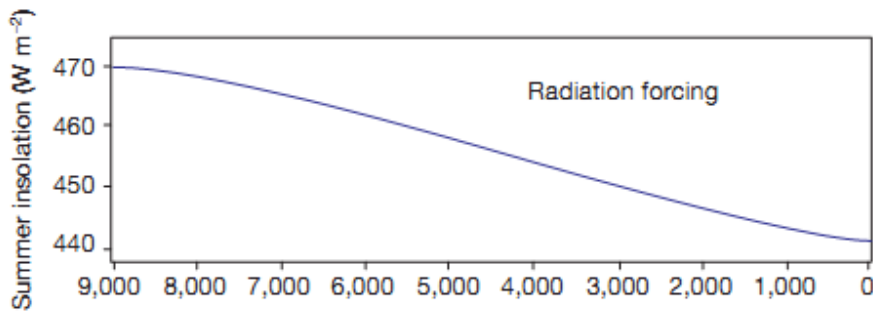
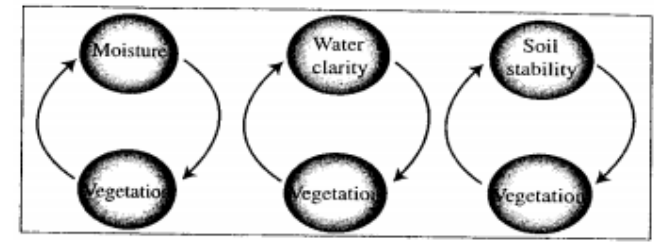
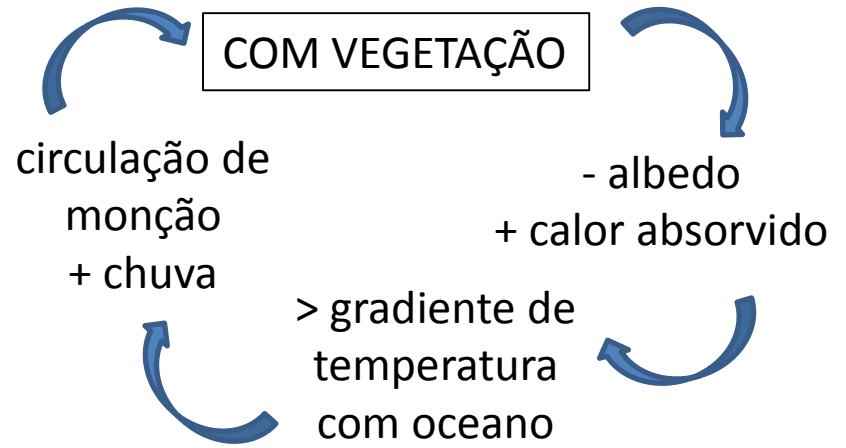
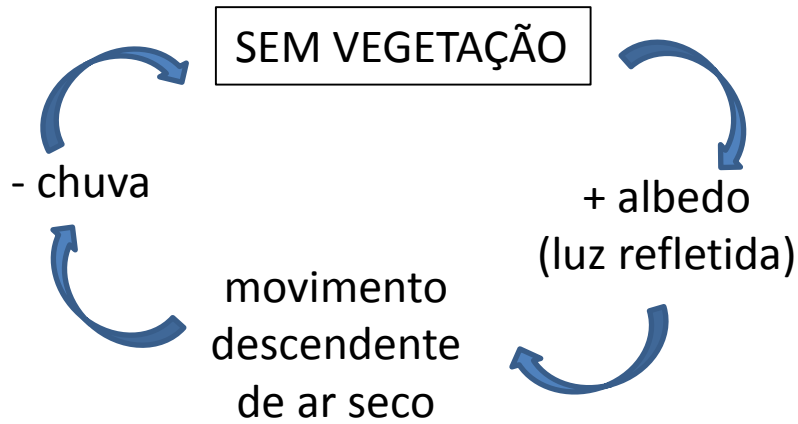
Águas turvas sem vegetação submersa



Scheffer et al. 1993

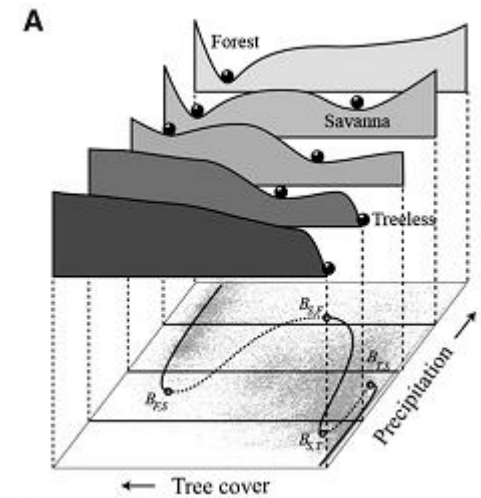
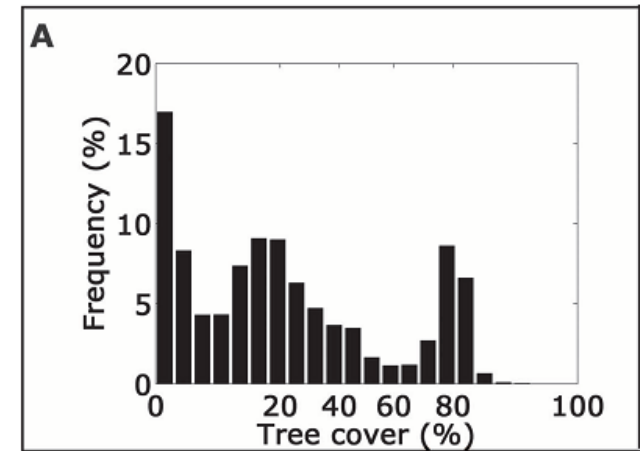
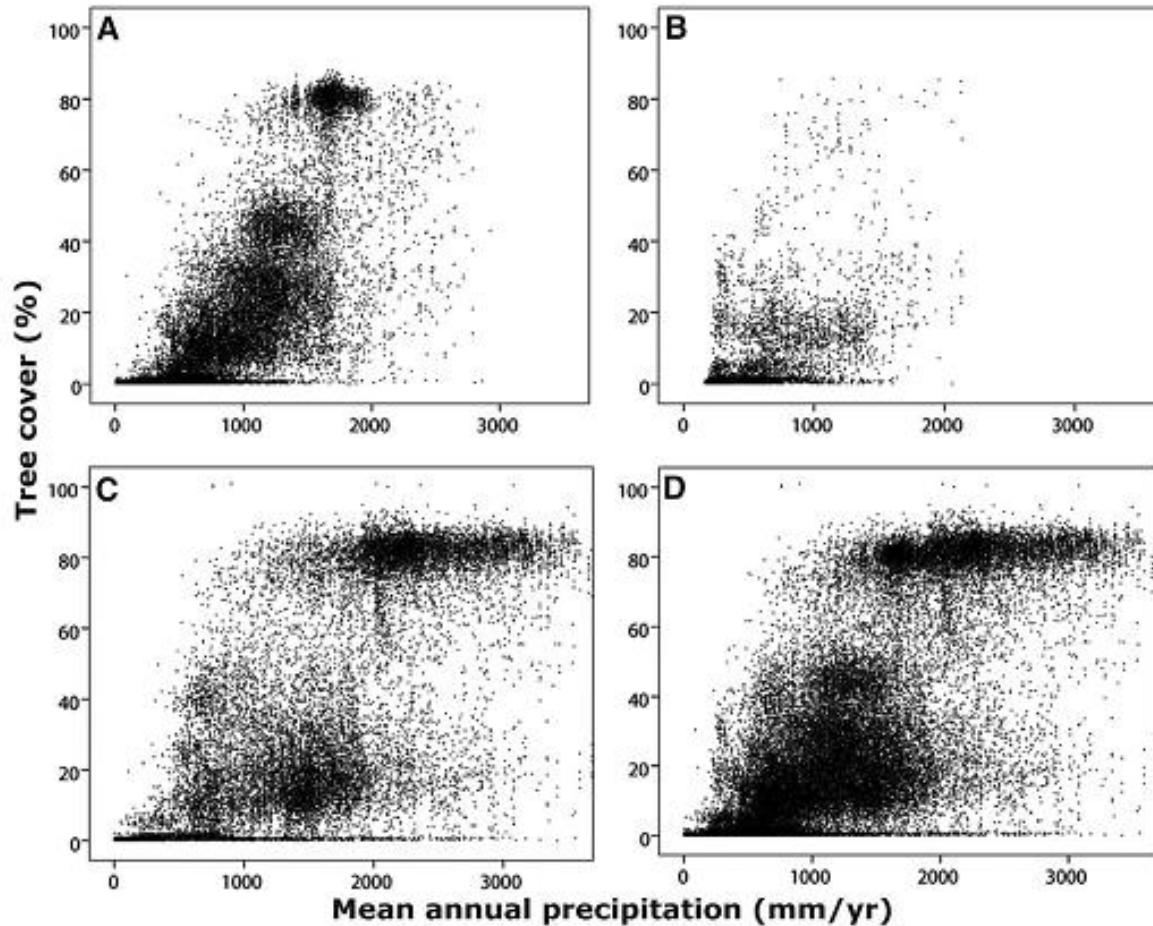
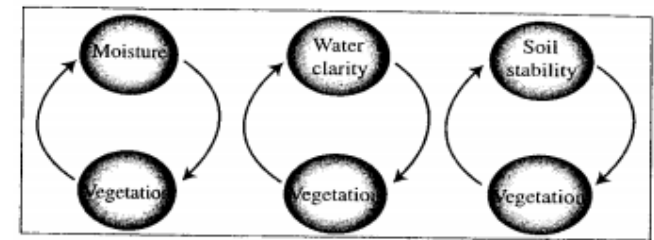
MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ DESERTOS



MECANISMOS BIOLÓGICOS

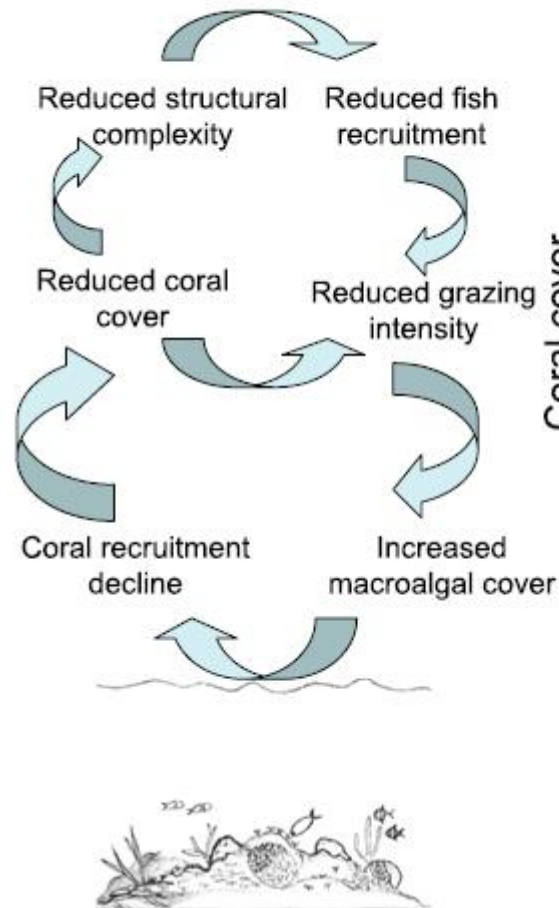
✓ FLORESTAS E SAVANAS TROPICAIS



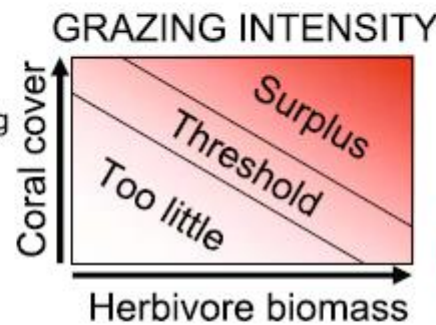
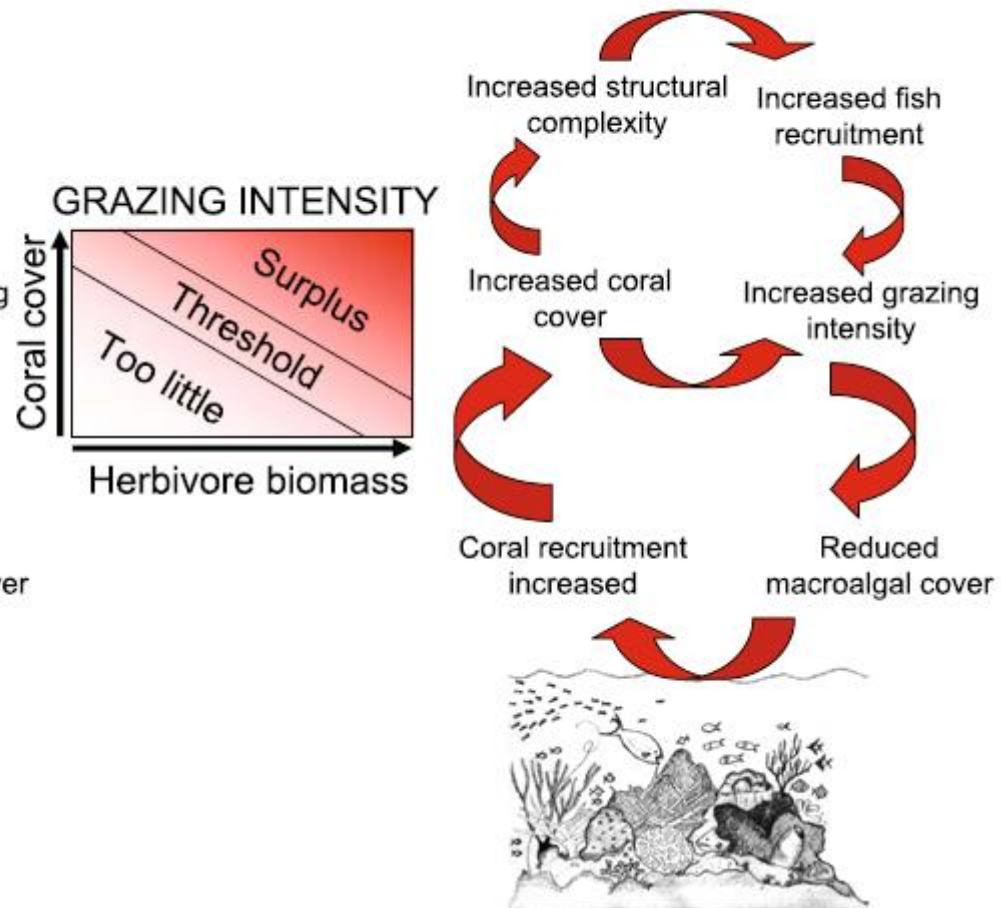
MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ RECIFES DE CORAL E DE ALGAS

(too little grazing intensity)



(surplus grazing intensity)



MECANISMOS BIOLÓGICOS

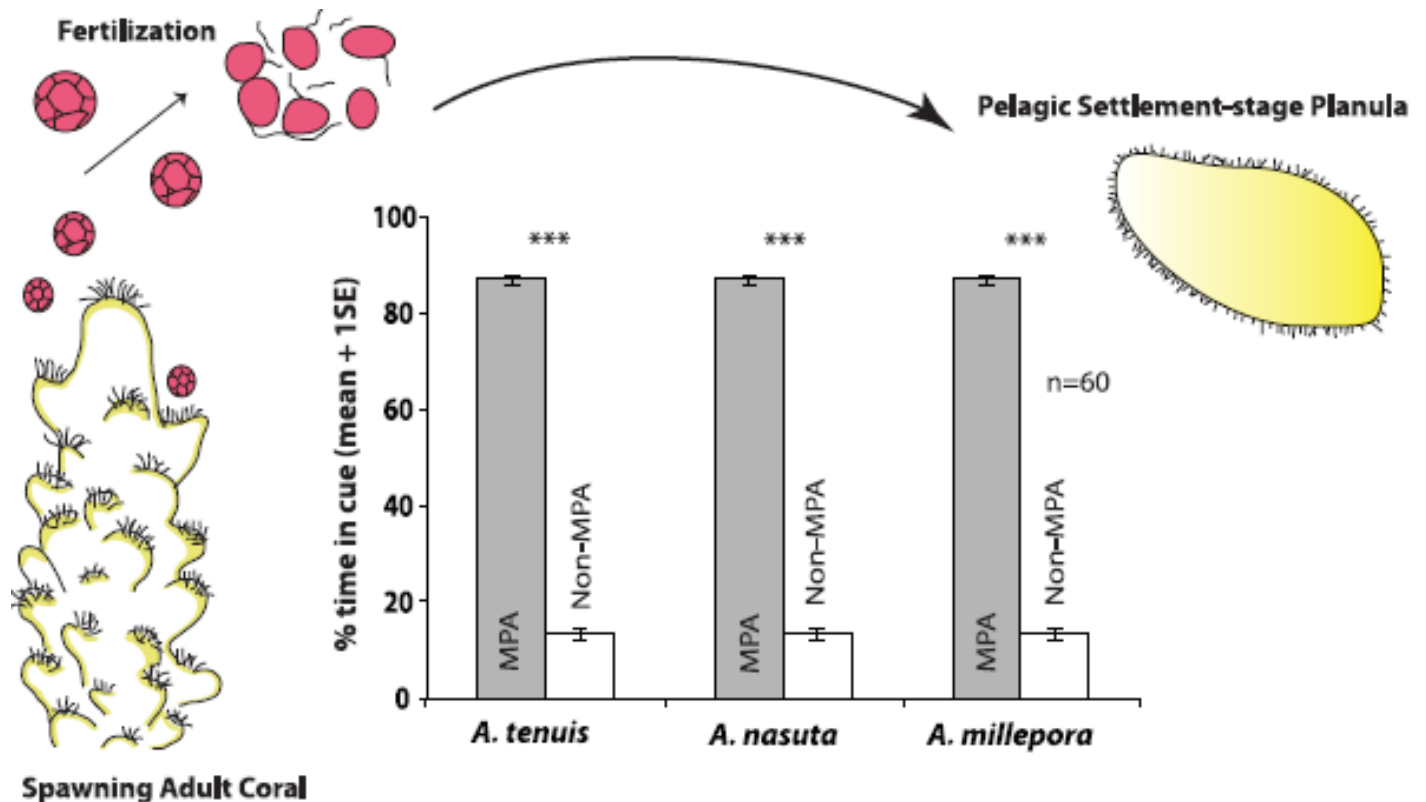
✓ RECIFES DE CORAL E DE ALGAS

Chemically mediated behavior of recruiting corals and fishes: A tipping point that may limit reef recovery

Danielle L. Dixon,¹ David Abrego,² Mark E. Hay^{3*}

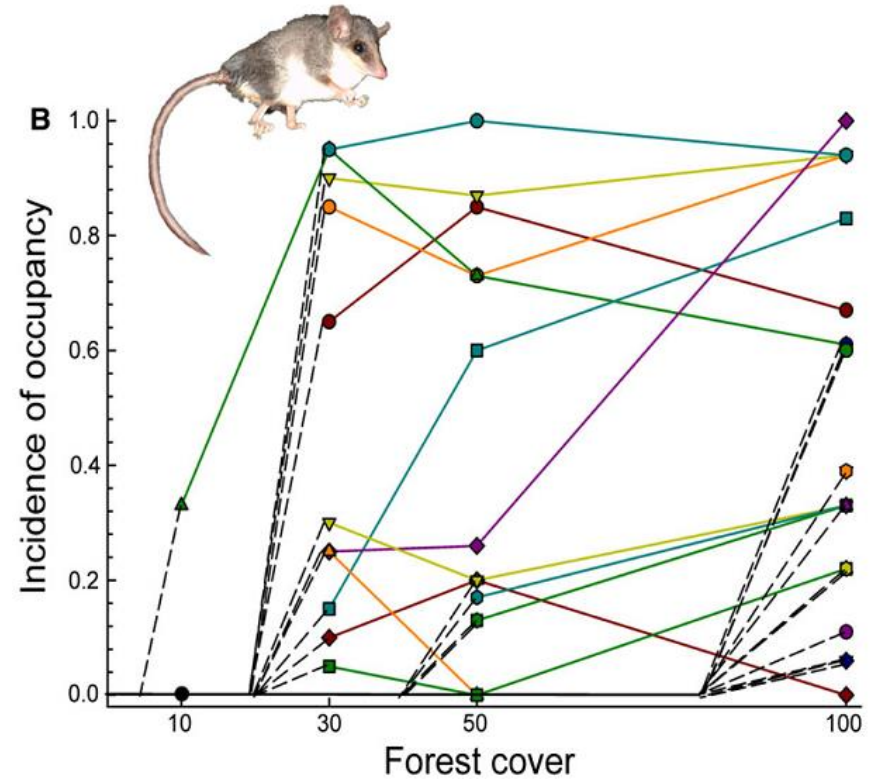
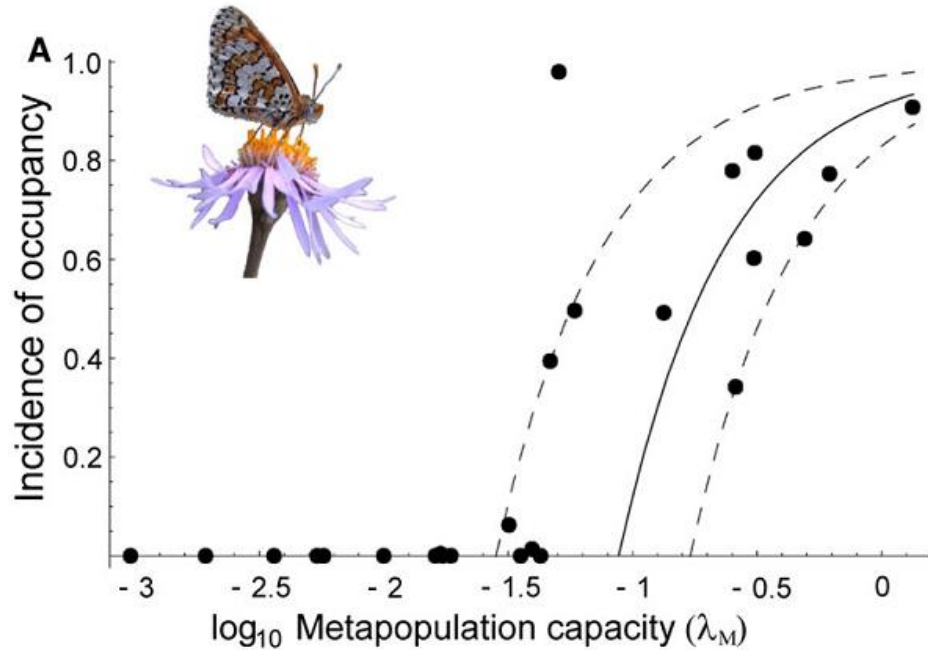


22 AUGUST 2014



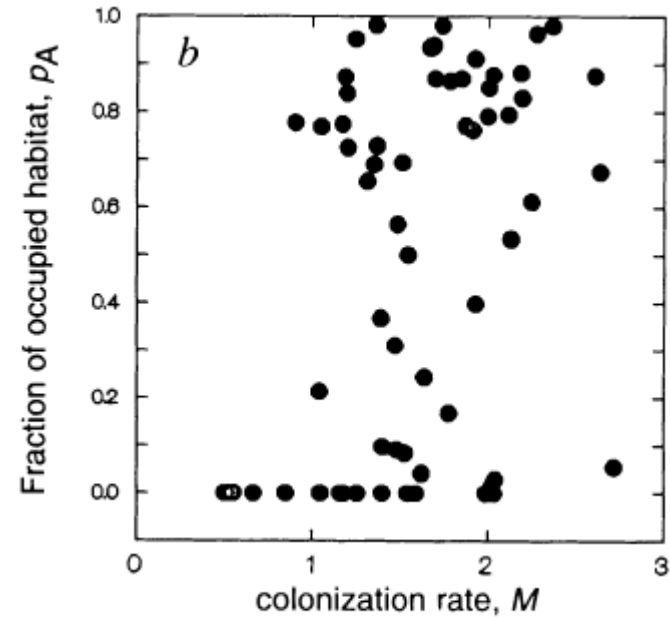
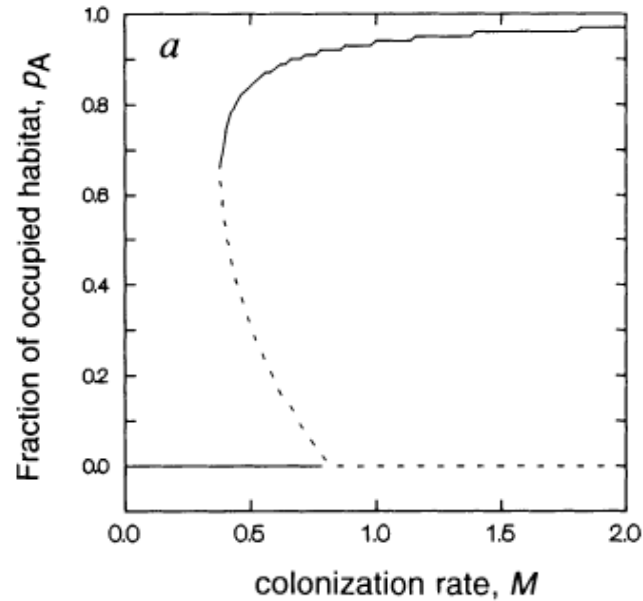
MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ ESPÉCIES EM PAISAGENS FRAGMENTADAS

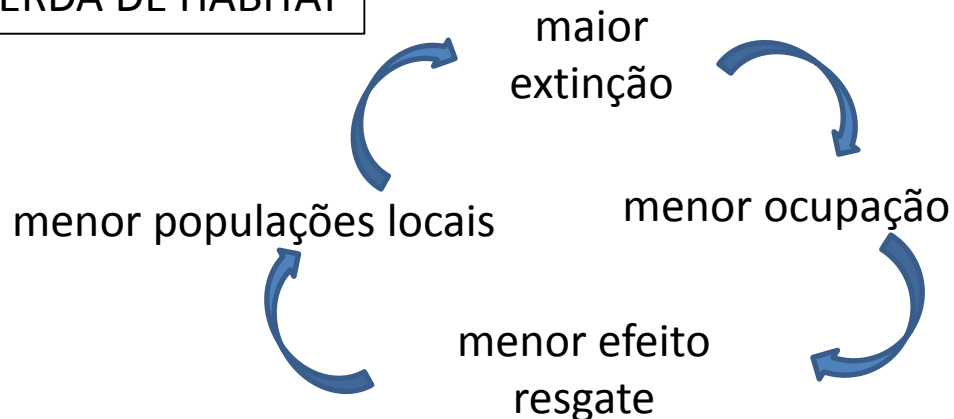


MECANISMOS BIOLÓGICOS

✓ ESPÉCIES EM PAISAGENS FRAGMENTADAS



PERDA DE HABITAT

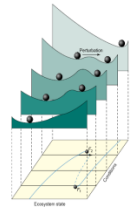


Multiple equilibria in metapopulation dynamics

NATURE · VOL 377 · 19 OCTOBER 1995

Ilkka Hanski, Juha Pöyry, Timo Pakkala & Mikko Kuussaari

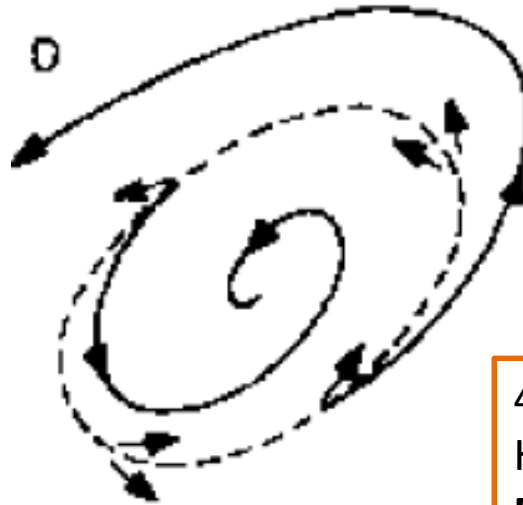
RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS



1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS

Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais



6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

Modelos de múltiplos estados lidam com a **parte fácil da dinâmica de sistemas complexos**:

- ✓ modelos mínimos
- ✓ redução aos componentes essenciais que dirigem a dinâmica
- ✓ ambiente homogêneo e constante

FLUTUAÇÕES

HETEROGENEIDADE

DIVERSIDADE

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

FLUTUAÇÕES

- ✓ Modelos - **ambiente constante** ou no máximo **oscilando periodicamente**
- ✓ Resultados **analíticos, limpos e gerais, são muito mais difíceis de obter** em modelos que incluem estocasticidade (**noisy models**)

MUITOS SISTEMAS PODEM ESTAR EM ESTADOS
TRANSIENTES E POSSIVELMENTE LONGE DOS SEUS
ATRADORES TEÓRICOS A MAIOR PARTE DO TEMPO

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

HETEROGENEIDADE E MODULARIDADE

- ✓ **Muitos dos modelos clássicos** usados para estudar a dinâmica e estabilidade de sistemas **desconsidera heterogeneidade espacial**
- ✓ A maioria dos ecossistemas é composta por **manchas de habitat, conectadas em diferentes graus** por meios passivos e ativos

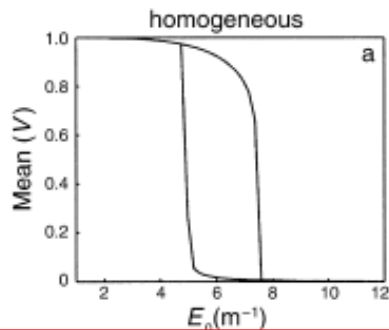
HETEROGENEIDADE ESPACIAL É TIDA COMO UMA FORÇA
IMPORTANTE PARA CO-EXISTÊNCIA DE ESPÉCIES E
ESTABILIZAÇÃO DE COMUNIDADES

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

HETEROGENEIDADE E MODULARIDADE

- ✓ 3 modelos – consumidor/ recurso, ciclo do fósforo em lagos, **macrófitas e turbidez em lagos rasos**
- ✓ 2 tipos de heterogeneidade – **profundidade** variando em gradiente ou aleatoriamente
- ✓ 3 tipos de conexão/ modularidade – **mistura da água** - sem, moderada e forte

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

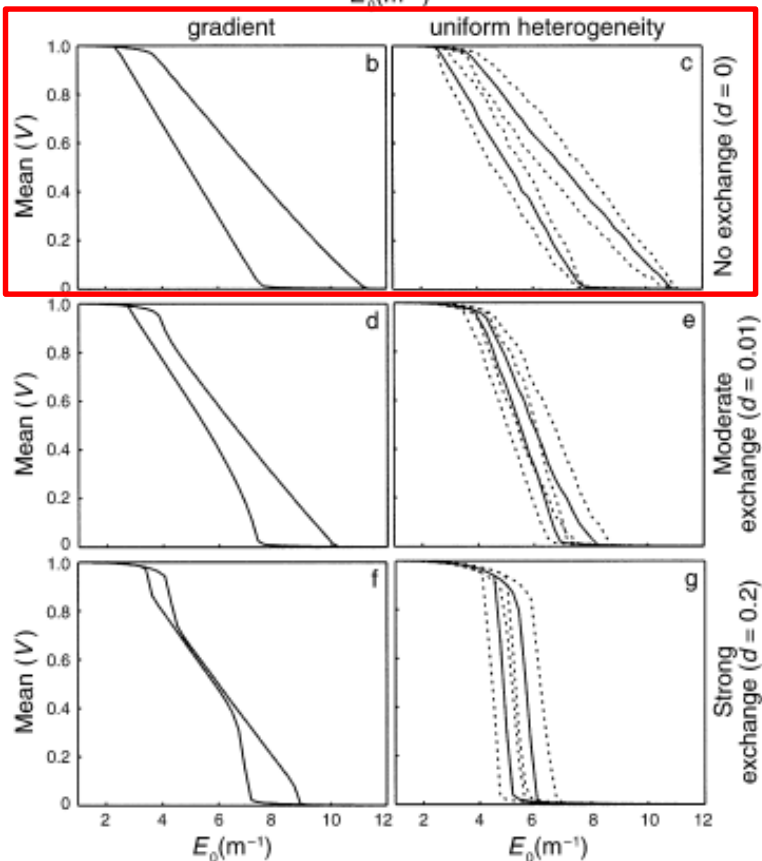


SEM CONEXÃO

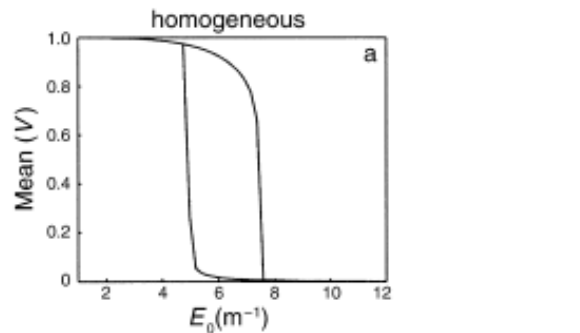
✓ resposta INDEPENDENTE do tipo de heterogeneidade (igual entre gradiente e aleatório)

✓ resposta MAIS GRADUAL, MENOS CATASTRÓFICA (por causa da heterogeneidade, cada ponto muda para o estado alternativo em valores diferentes da variável controle)

✓ histerese se mantém (cada ponto mantém a sua)



IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE



COM CONEXÃO

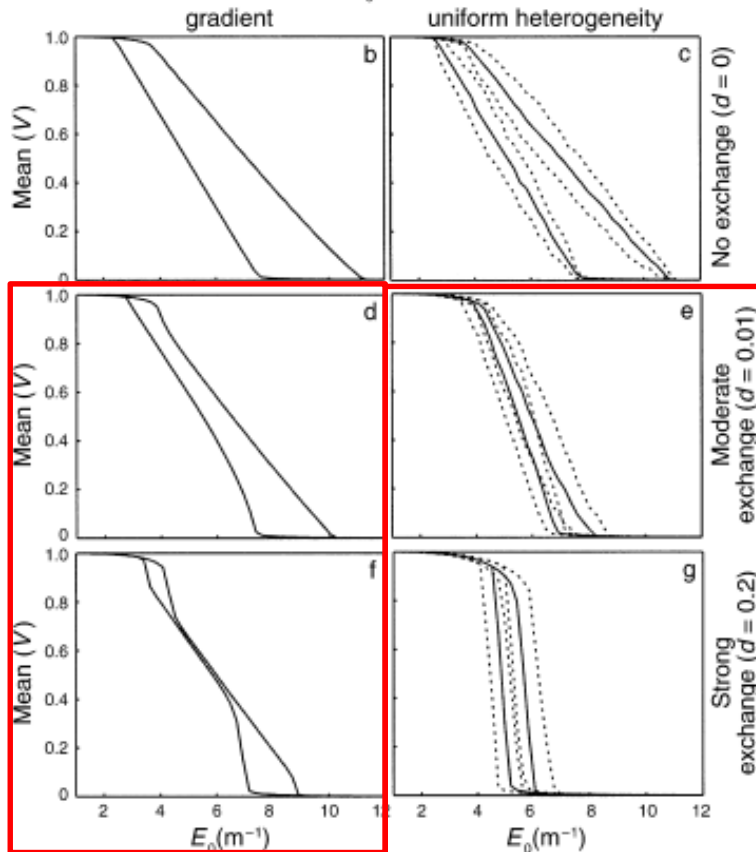
resposta DEPENDE do tipo de heterogeneidade

Aleatória - existe histerese e a resposta volta a ser brusca e sincronizada

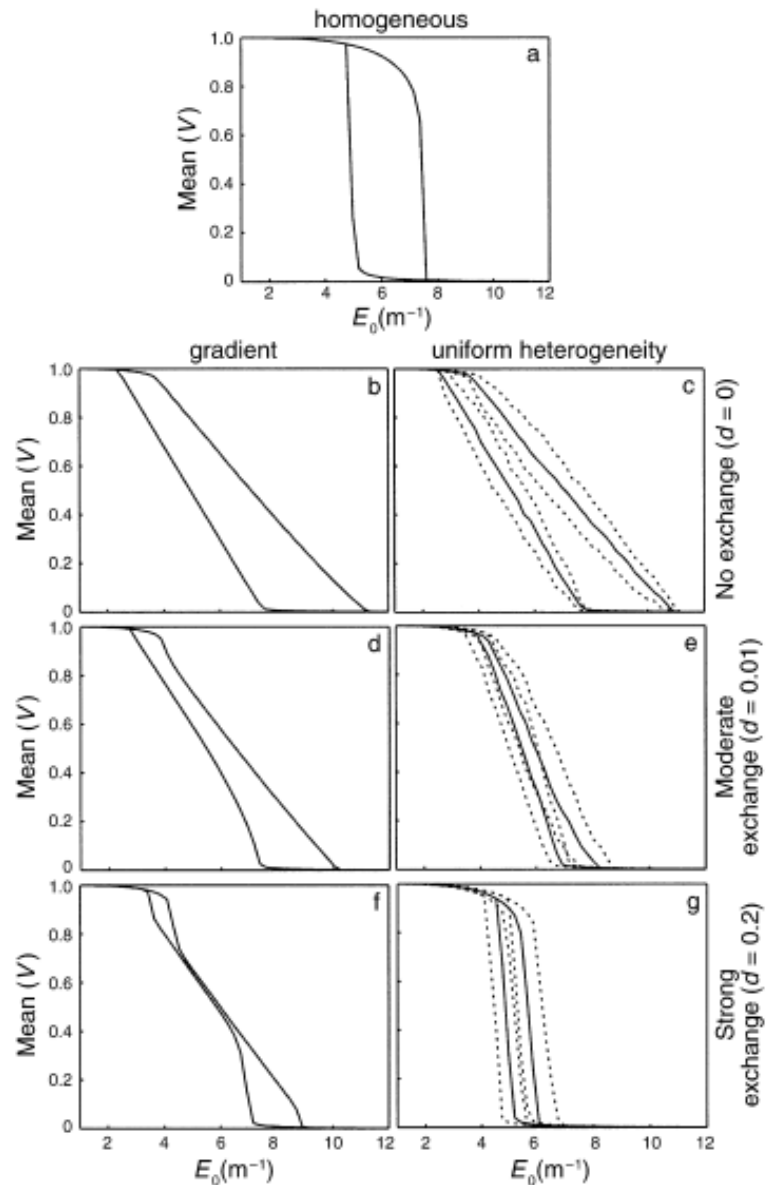
Gradiente - resposta é gradual e a histerese é reduzida quando a conexão é forte

- reduzida às fases iniciais, quando nenhuma das manchas mudou para o estado alternativo

- assim que uma muda - efeito dominó dado pelo gradiente ambiental e conexão que empurra as manchas vizinhas para a mudança de estado



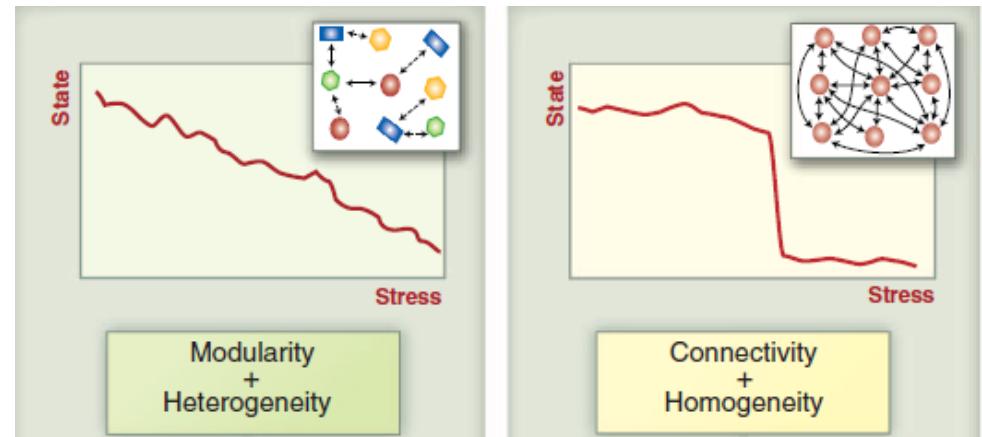
IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE



CONCLUSÃO

heterogeneidade espacial pode enfraquecer a tendência de mudanças bruscas em escalas espaciais grandes quando:

- ✓ não há conexão forte (resposta mais gradual)
- ✓ a heterogeneidade forma um gradiente espacial



IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

- ✓ **sistemas complexos** (ecossistemas e sociedades) – componentes **diversos**
- ✓ **modelos** - deixam de fora muitos destes componentes, **se concentrando** naqueles que se pensa “**dirigem**” a **dinâmica dos sistemas**

O QUE SE PERDE DEIXANDO DE FORA A GRANDE VARIEDADE DE COMPONENTES DE SISTEMAS COMPLEXOS?

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

- ✓ A **diversidade** aumenta a **estabilidade**?
- ✓ Esta não é uma pergunta bem colocada...
- ✓ Os dois termos são definidos de muitas maneiras... **a resposta pode ser sim ou não dependendo das definições...**

Oecologia (1997) 109:323–334

© Springer-Verlag 1997

Volker Grimm · Christian Wissel

Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

✓ A **diversidade** aumenta a **resiliência**?

DUAS HIPÓTESES - DIVERSIDADE E **FUNCIONAMENTO DE ECOSISTEMAS**

Hipótese do seguro

✓ mais diversidade mais o funcionamento ficará estável frente a perturbações

✓ mais espécies com o mesmo papel tornam o sistema menos frágil à perda de uma espécie

ESPÉCIES EM UM **GRUPO FUNCIONAL** APRESENTAM **DIVERSIDADE DE RESPOSTA A DISTÚRBIOS**

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

✓ A **diversidade** aumenta a **resiliência**?

DUAS HIPÓTESES - DIVERSIDADE E **FUNCIONAMENTO DE ECOSISTEMAS**

Hipótese da complementaridade + questões de amostragem

✓ mais espécies (que diferem na performance da função) fazem a função melhor em conjunto (COMPLEMENTARIDADE)

✓ mais espécies maior a chance de que uma espécie com melhor performance esteja presente

ESPÉCIES EM UM **GRUPO FUNCIONAL** APRESENTAM **DIVERSIDADE DE PERFORMANCE** DA FUNÇÃO

IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

✓ A **diversidade** aumenta a **resiliência**?

Correlação entre **atributos das espécies**:

✓ RESPOSTA A DISTÚRBIOS

✓ PERFORMANCE NA FUNÇÃO

✓ deve afetar a maneira como a resiliência do sistema muda com a perda de espécies

Paralelos da importância da diversidade – ecossistemas, economia e sociedade

✓ Há poucos testes formais sobre a relação entre resiliência e diversidade de espécies

✓ **Entretanto**, há evidências que sugerem que ecossistemas com menos espécies (e heterogeneidade) são menos resilientes

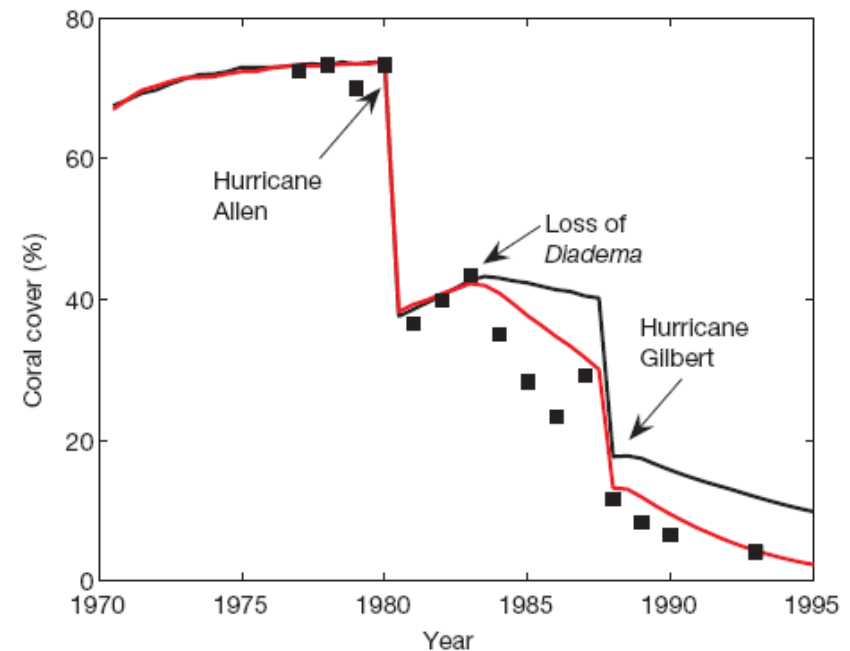
IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

✓ A **diversidade** aumenta a **resiliência**?

Hipótese do seguro

✓ Caso dos recifes de corais do Caribe – a epidemia que dizimou o ouriço não teria esse efeito se os peixes já não tivessem sido dizimados por pesca



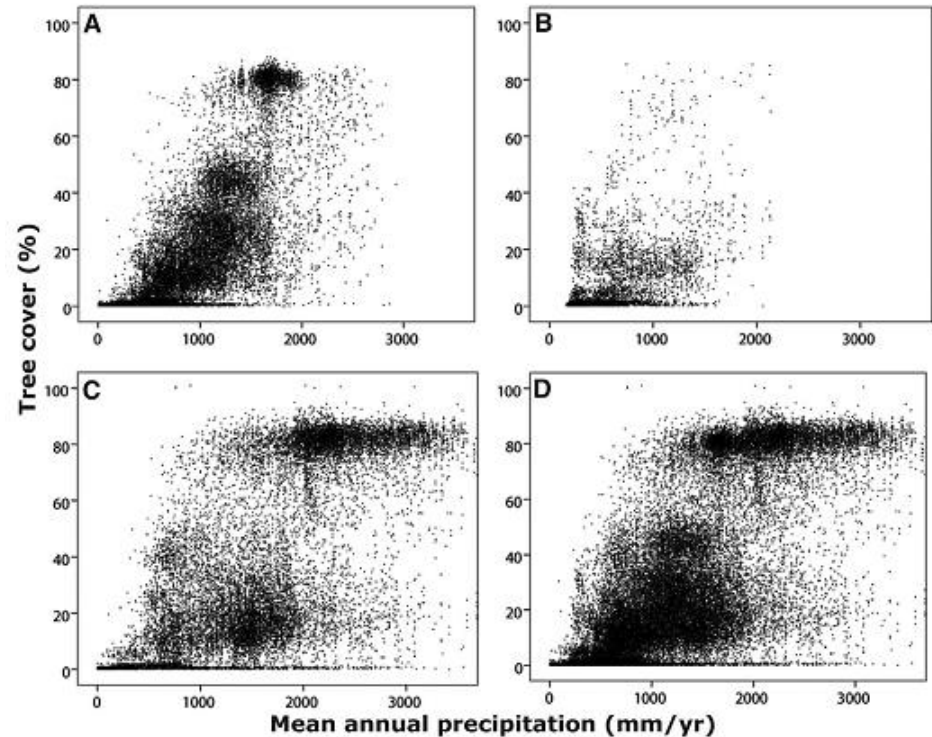
IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

DIVERSIDADE

✓ A **diversidade** aumenta a **resiliência**?

Hipótese da complementaridade

✓ Caso das florestas-savanas tropicais –
árvores com raízes profundas são mais importantes para manter o feedback
vegetação-clima - perda destas espécies
facilita a mudança para um estado de
savana



IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES, HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE

VISÕES CONFLITANTES ENTRE DIVERSIDADE, CONECTÂNCIA E ESTABILIDADE

✓ habilidade dos sistemas de absorver mudanças sem mudar de estado

✓ Elton e MacArthur – maior número de ligações maior estabilidade

✓ Muitas ligações permitem a manutenção do fluxo de energia e nutrientes através de ligações alternativas quando uma espécie se torna rara ou se extingue

RESILIÊNCIA

FUNCIONAMENTO DE ECOSISTEMAS

✓ habilidade dos sistemas de retornar ao equilíbrio depois de uma perturbação pequena

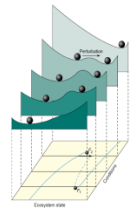
✓ May – maior número de ligações desestabilizam os sistemas

✓ Muitas ligações levam a maiores flutuações

ESTABILIDADE LOCAL

COMPOSIÇÃO DE COMUNIDADES

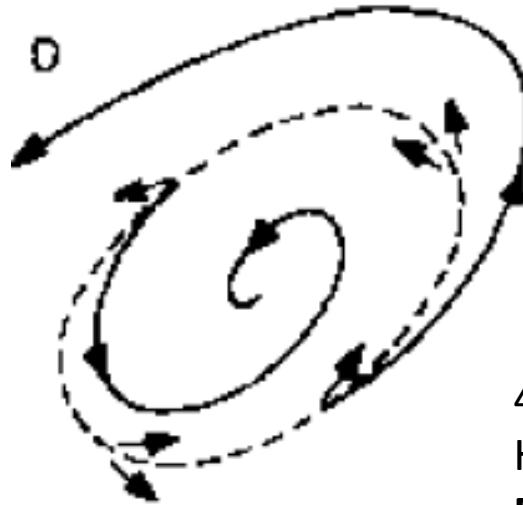
RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS



1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS

Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais



3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?

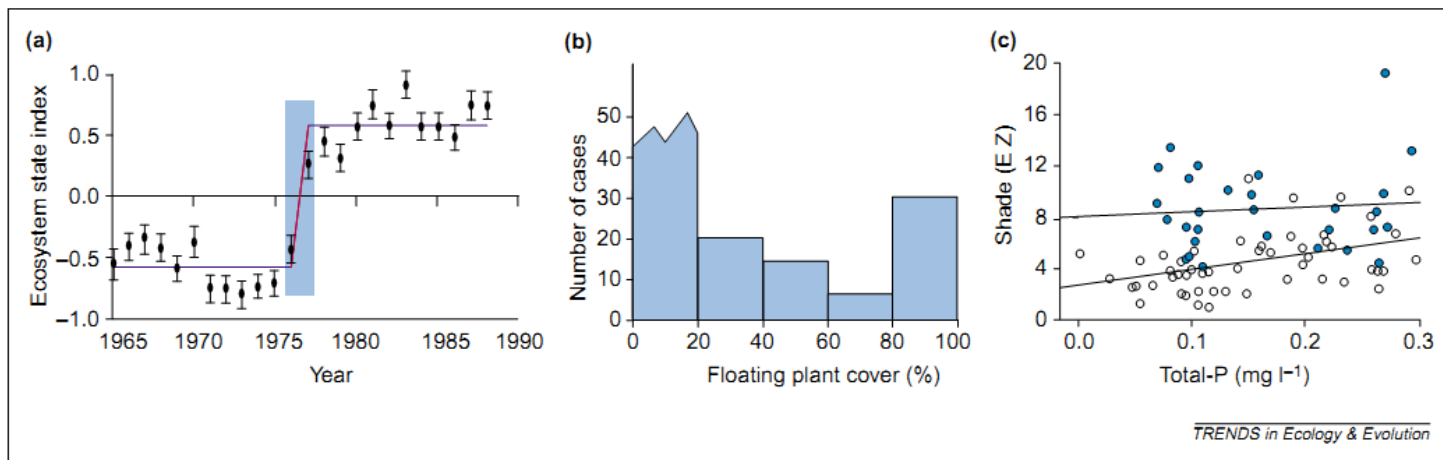
MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

- ✓ **Dados** observacionais – SUGERE MAS NÃO TESTA
- ✓ **Experimentos** – LIMITA MUITO A ESCALA ESPACIAL/ TEMPORAL
- ✓ **Modelos** – INSIGHTS SOBRE O MECANISMO, MAS NÃO TESTA

DADOS

1. Pulos em séries temporais
2. Multimodalidade em dados espaciais
3. Forma da dobra catastrófica

Scheffer & Carpenter TREE 2003

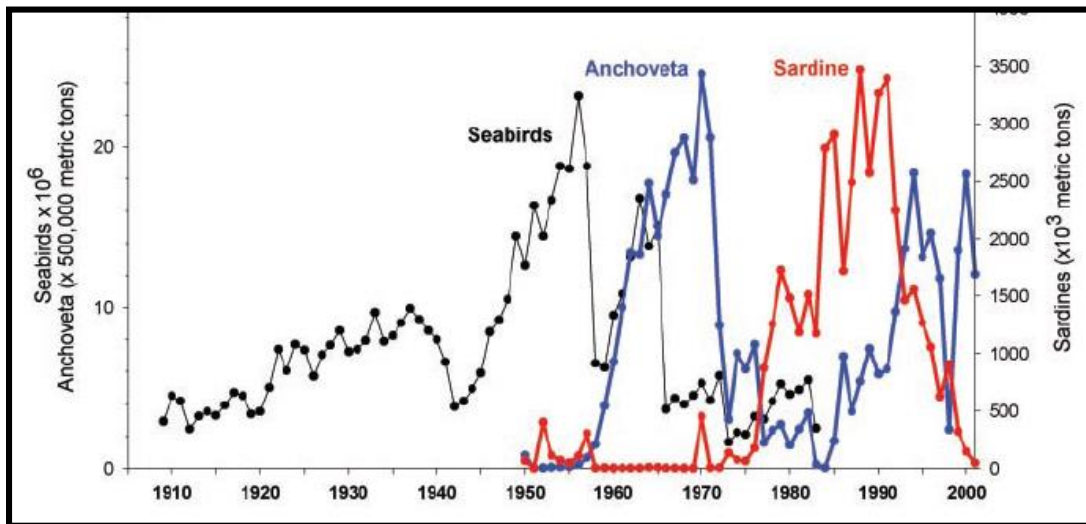


MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

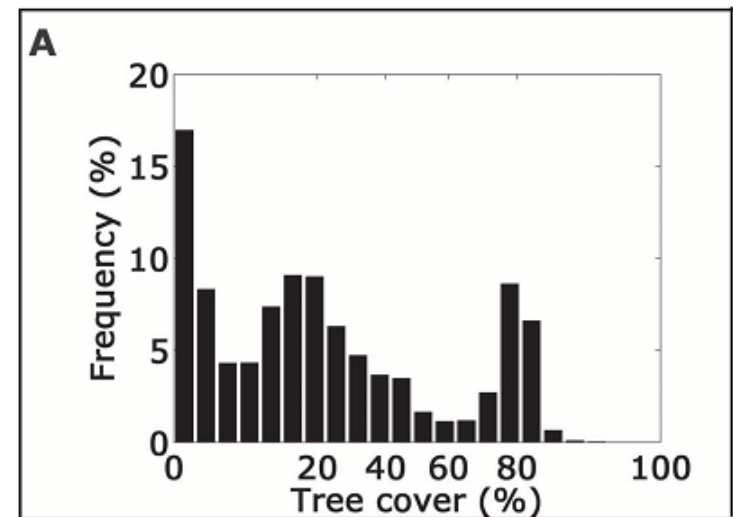
DADOS

1. Pulos em séries temporais
2. Multimodalidade em dados espaciais

POPULAÇÃO DE PEIXES NOS OCEANOS



COBERTURA DE ÁRVORES NOS TRÓPICOS

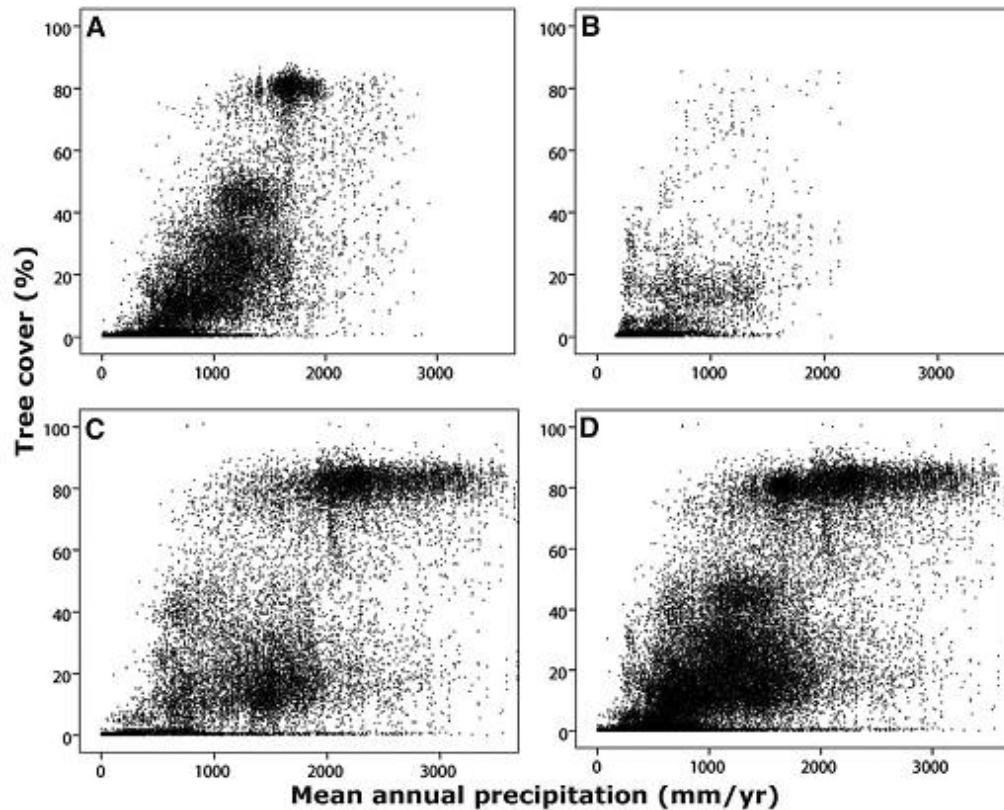


PODEM SE DEVER A MUDANÇAS BRUSCAS NAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

DADOS

3. Forma da dobra catastrófica



Se há dados sobre o fator determinante:

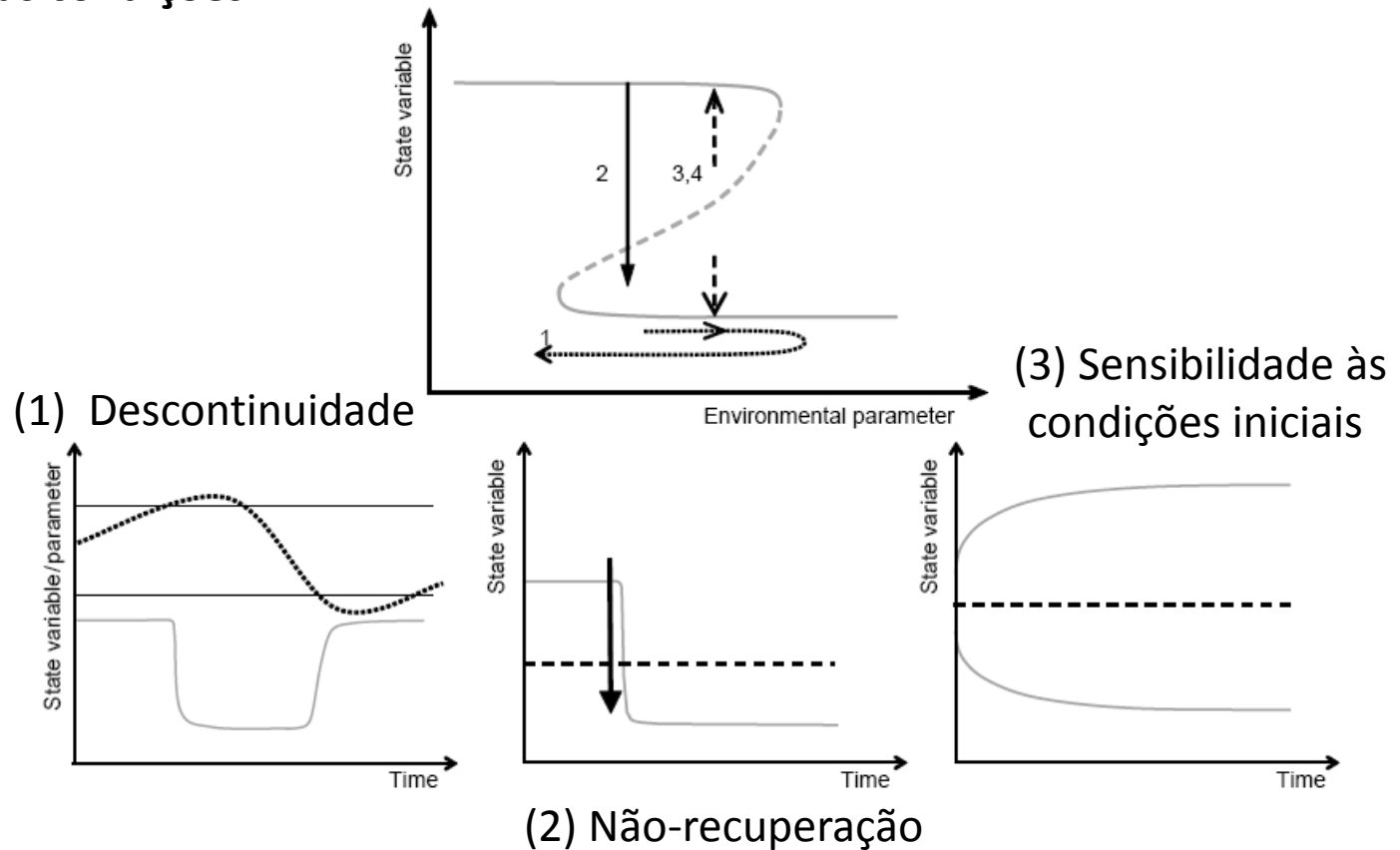
✓ plotar estado contra fator

✓ checar estatisticamente se a resposta é melhor explicada por funções diferentes

MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

EXPERIMENTOS

1. Descontinuidade
2. Não-recuperação
3. Sensibilidade às condições iniciais



MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

- ✓ Web-of-Science (1986/2004)
 - ✓ Biological Abstracts (1980/2004)
 - ✓ Resilience Alliance Online Database (Resilience and SFI 2004)
-
- ✓ 35 experimentos
 - ✓ 14 não apropriados pelo tempo curto ou inconsistências no desenho
 - ✓ 21 restantes, 13 (62%) encontraram suporte e 8 (38%) não para a existência de múltiplos estados alternativos

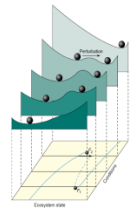
		Positive	Negative
System	laboratory	10 [1, 11, 20, 21, 22, 24, 27, 31, 34, 35]	2 [26, 33]
	field ^a	3 [14, 17, 32]	6 [3, 6, 10, 12, 16, 18]
Habitat	marine ^b	–	3 [3, 6, 18]
	freshwater ^c	8 [1, 11, 20, 21, 27, 32, 34, 35]	4 [10, 16, 26, 33]
	terrestrial	5 [14, 17, 22, 24, 31]	1 [12]
Organism group	plants + macrophytes	3 [14, 17, 34]	3 [6, 12, 16]
	unicellular organisms ^d	4 [1, 11, 27, 35]	1 [33]
	zooplankton	2 [20, 21]	1 [26]
	insects	4 [22, 24, 31, 32]	–
	sessile animals	–	2 [3, 18]
	vertebrates	–	1 [10]
	–	–	–
Theoretical framework	1-dim.	1 [14]	1 [12]
	competition	2 [24, 34]	3 [6, 16, 26]
	\geq 2-dim. ^{e,f}	7 [1, 11, 17, 20, 21, 22, 32]	1 [3]
	community assembly	3 [27, 31, 35]	2 [18, 33]
	whole ecosystem	–	1 [10]

MÚLTIPLOS ESTADOS - Como testar?

MODELOS

- ✓ Única saída para escalas grandes em que experimentação não é possível
- ✓ Permite insights sobre os mecanismos
- ✓ Podem provar que tal mecanismo reproduz o padrão observado, mas não permitem avaliar a importância deste mecanismo em relação a outros na natureza

RESILIÊNCIA E ESTADOS MÚLTIPLOS

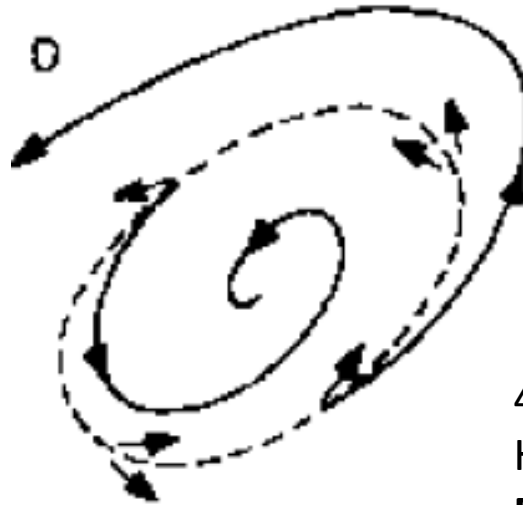


1. MUDANÇAS BRUSCAS OU
TRANSIÇÕES CRÍTICAS
Analogias e exemplos

6. IMPLICAÇÕES PARA O
MANEJO
**Resiliência e o manejo de
sistemas**

2. TEORIA DE MÚLTIPLOS ESTADOS

Noções de equilíbrio e estabilidade são centrais



3. MECANISMOS BIOLÓGICOS
Feedbacks positivos

4. IMPLICAÇÕES DE FLUTUAÇÕES,
HETEROGENEIDADE E DIVERSIDADE
**De novo, diversidade e
estabilidade**

5. MÚLTIPLOS ESTADOS
Como testar?

IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

VISÃO CENTRADA EM ESTABILIDADE LOCAL É ESSENCIALMENTE ESTÁTICA

NÃO PERMITE AVALIAR O COMPORTAMENTO DOS SISTEMAS QUE NÃO ESTÃO
PERTO DO EQUILÍBRIO

CASO DE MUITOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EM ESPECIAL DAQUELES QUE SOFREM
A INFLUÊNCIA DO HOMEM

MUDAR A ÊNFASE DE ESTADABILIDADE LOCAL PARA RESILIÊNCIA



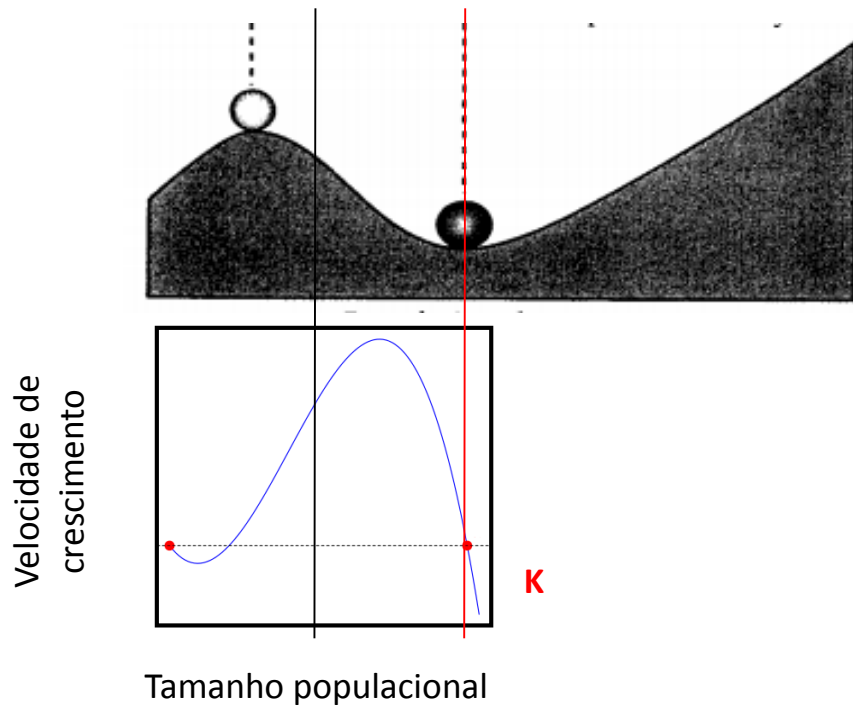
Crawford Holling



*research on resilience in social-ecological systems -
a basis for sustainability*

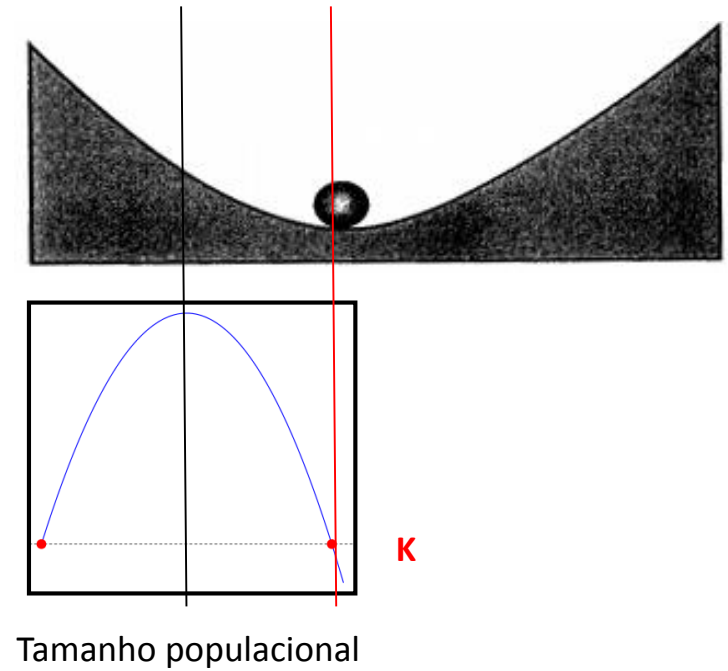
IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

MANEJO DE SISTEMAS ECOLÓGICOS



RESILIÊNCIA

✓ “Maximum sustainable yield”
reduz a resiliência



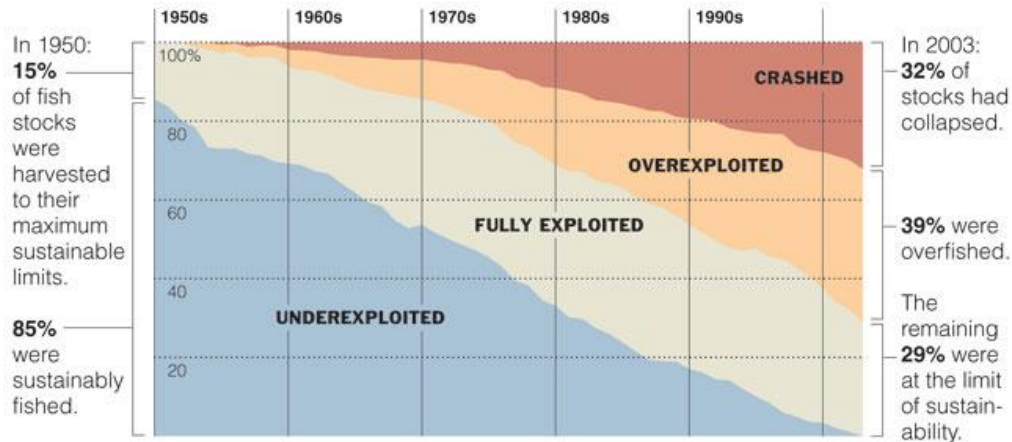
ESTABILIDADE LOCAL

IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

MANEJO DE SISTEMAS ECOLÓGICOS

At the Breaking Point

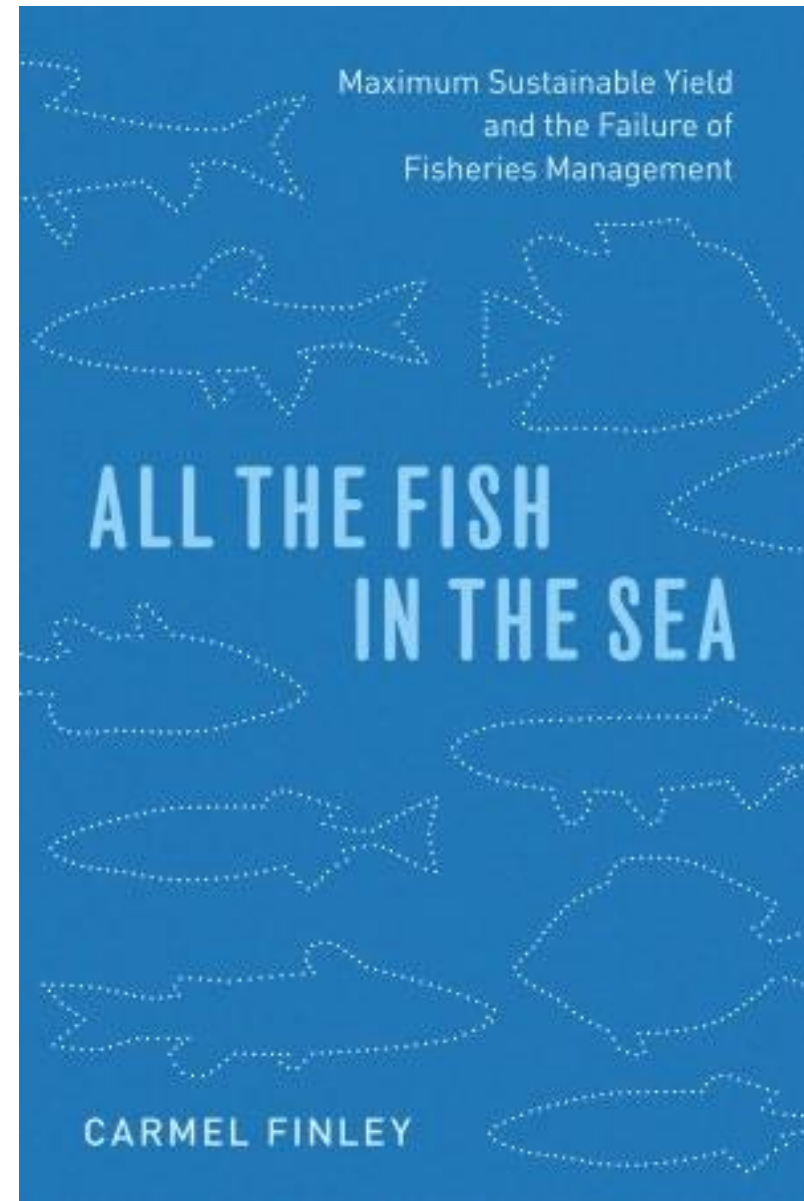
The condition of the world's fisheries has declined drastically because of overfishing.



Source: Sea Around Us Project (seararoundus.org)

BILL MARSH/THE NEW YORK TIMES

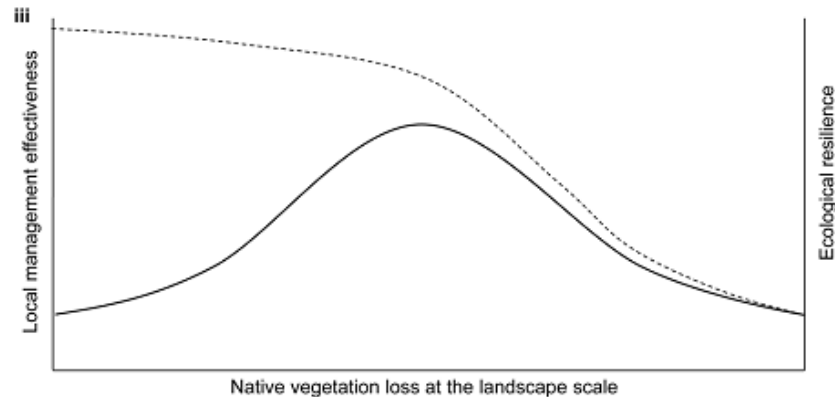
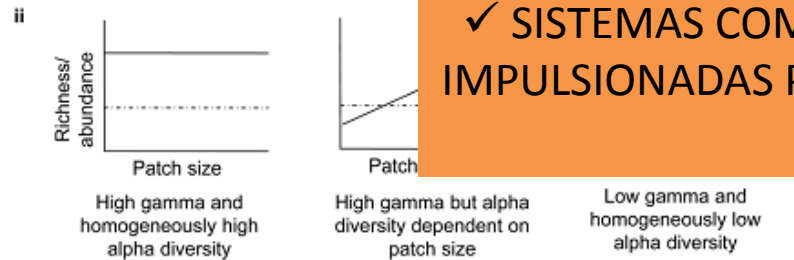
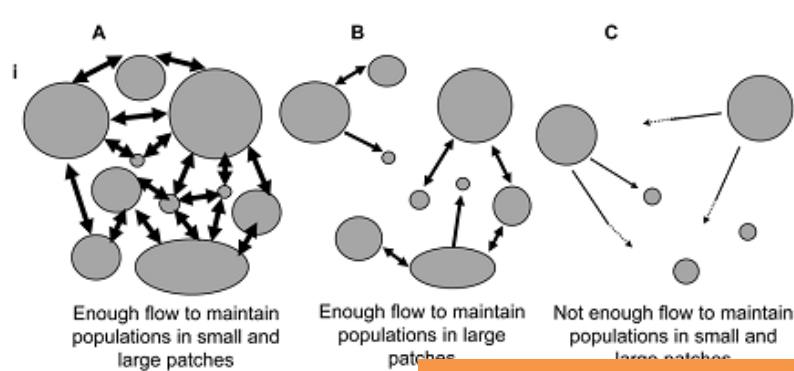
ESTABILIDADE LOCAL



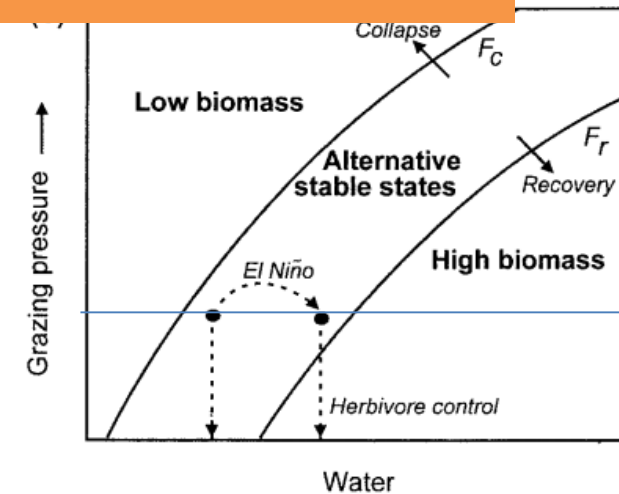
IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

RESILIÊNCIA

✓ Sintonizar o manejo com a variação na resiliência dos sistemas



✓ SISTEMAS COMPLEXOS – TRANSIÇÕES CRÍTICAS – IMPULSIONADAS POR MECANISMOS RELATIVAMENTE SIMPLES



IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

Navigating transformations in governance of Chilean marine coastal resources

PNAS | September 28, 2010

Stefan Gelcich^a, Terry P. Hughes^b, Per Olsson^c, Carl Folke^{c,d}, Omar Defeo^e, Miriam Fernández^{a,f}, Simon Foale^b, Lance H. Gunderson^g, Carlos Rodríguez-Sickert^h, Marten Schefferⁱ, Robert S. Steneck^j, and Juan C. Castilla^{a,f,1}



Less desirable social-ecological system

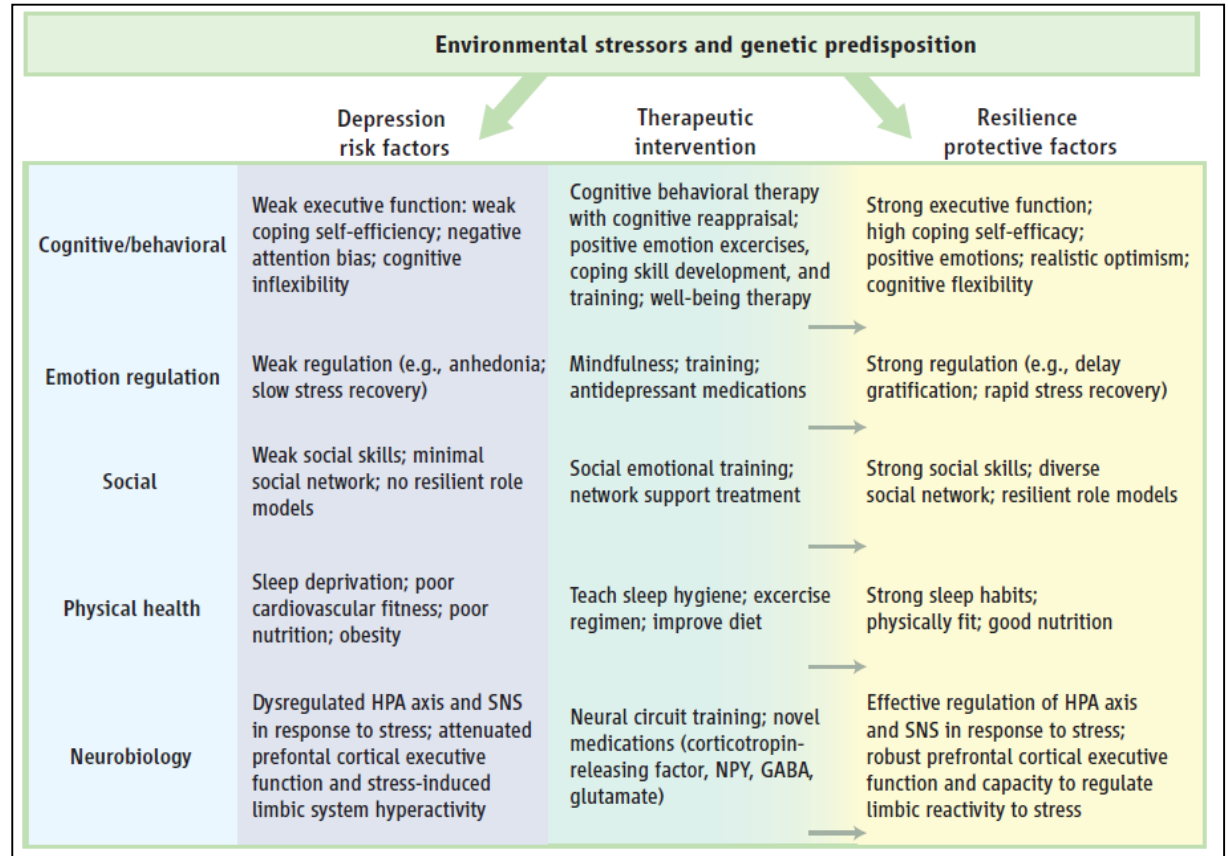
More desirable social-ecological system

IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

PERSPECTIVE SCIENCE VOL 338 5 OCTOBER 2012

The Science of Resilience: Implications for the Prevention and Treatment of Depression

Steven M. Southwick¹ and Dennis S. Charney^{2*}

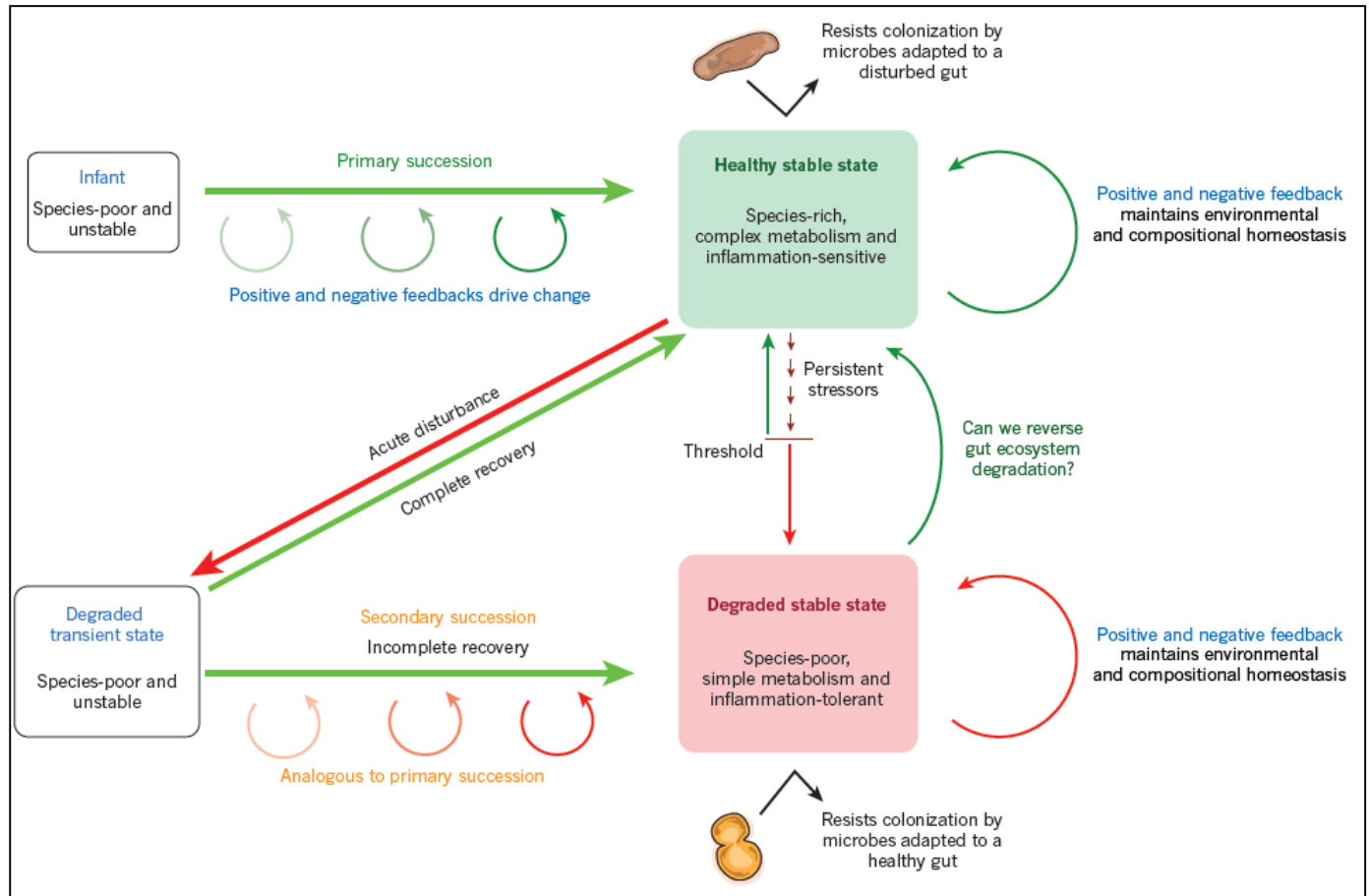


IMPLICAÇÕES PARA O MANEJO

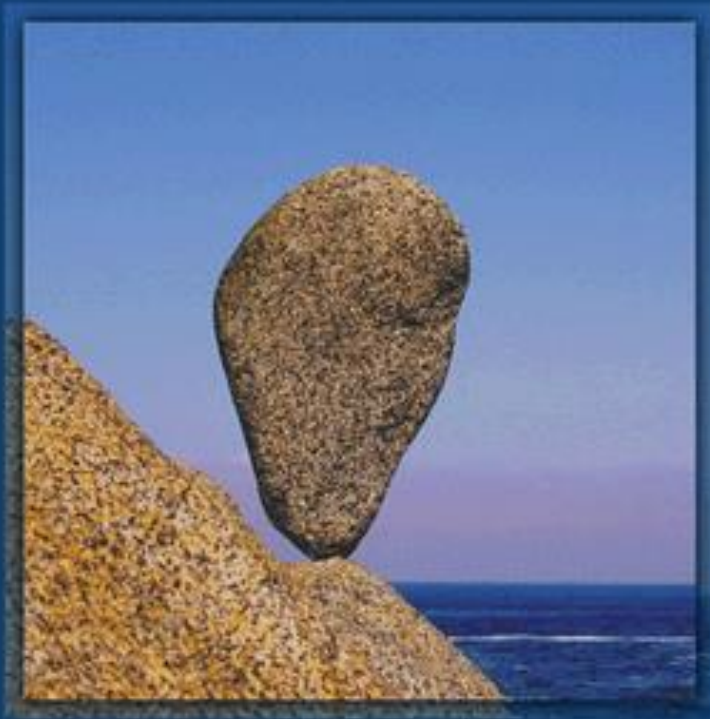
REVIEW NATURE | VOL 489 | 13 SEPTEMBER 2012

Diversity, stability and resilience of the human gut microbiota

Catherine A. Lozupone¹, Jesse I. Stombaugh¹, Jeffrey I. Gordon², Janet K. Jansson^{3,4} & Rob Knight^{1,5,6}



Critical Transitions in Nature and Society



Marten Scheffer

PRINCETON STUDIES IN COMPLEXITY

