

# Funções e valores da Biodiversidade

Conservação da Biodiversidade  
2017

# Sistemas complexos:



“O todo não é a soma das partes!”

Sistema complexo: suas propriedades não são totalmente explicadas pelas propriedades das partes que o compõem

## Simon A. Levin:

“Ecossistemas são exemplos de sistemas complexos e adaptativos, nos quais padrões em níveis mais elevados emergem de interações localizadas e processos de seleção que atuam em níveis inferiores.

Um aspecto essencial de tais sistemas é a não-linearidade, levando à dependência histórica e vários resultados são possíveis a partir dessa dinâmica.”

## Simon A. Levin:

“Ecosistemas são exemplos de sistemas complexos e adaptativos, nos quais padrões em níveis mais elevados emergem de interações localizadas e processos de seleção que atuam em níveis inferiores.

Um aspecto essencial de tais sistemas é a não-linearidade, levando à dependência histórica e vários resultados são possíveis a partir dessa dinâmica.”



partes  
(subsistemas) + relações = propriedades  
emergentes



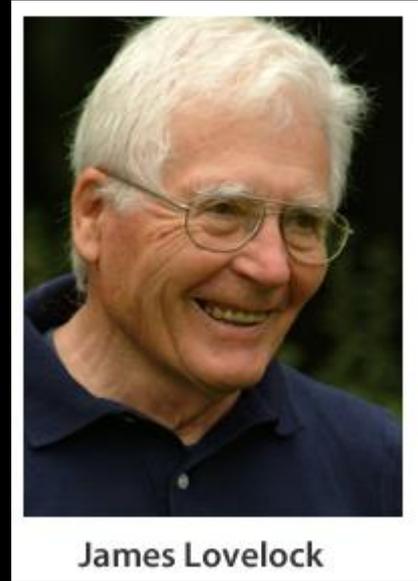
populações/ meio físico + interações = ciclos, equilíbrios, auto-regulação

# Teoria de Gaia

- Gaia ou Gea (mitologia grega) = deusa da Terra, ou Mãe-Terra, dotada de imenso potencial gerador. Gaia gera sozinha Urano (céu), Ponto (mar) e Oreas (montanhas).



# Teoria Gaia



- Gaia ou Gea (mitologia grega) = deusa da Terra, ou Mãe-Terra, dotada de imenso potencial gerador. Gaia gera sozinha Urano (céu), Ponto (mar) e Oreas (montanhas).

Teoria (ou Hipótese) de Gaia → (proposta a partir de estudos da composição química da atmosfera terrestre) afirma que o planeta Terra é um **ser vivo** e possui capacidade de **auto-sustentação**, ou seja é capaz de gerar, manter e alterar suas condições ambientais.



seres vivos X  
meio físico



auto-sustentação  
retro-alimentação  
auto-regulação

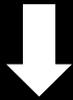
# Gaia (Terra)

- Partes em diferentes escalas??
- Relações não-lineares??
- Propriedades emergentes??

# Gaia (Terra)

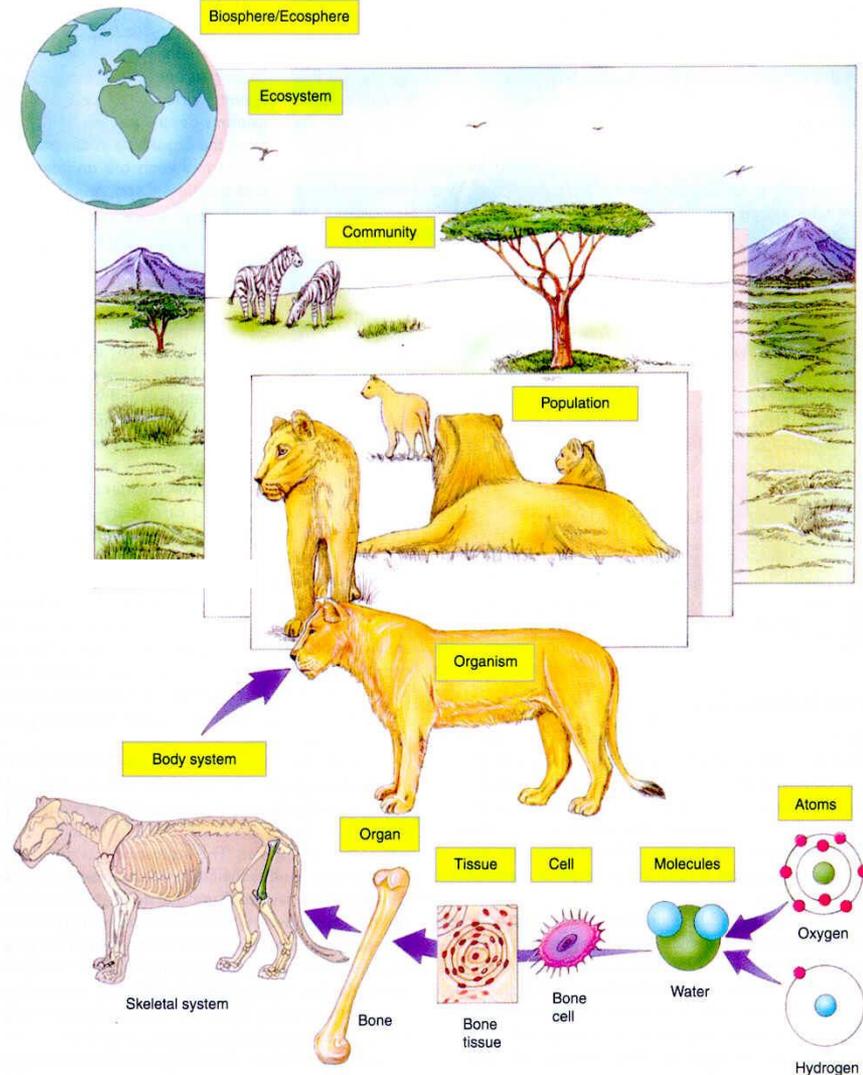
- Partes em diferentes escalas??
- Relações não-lineares??
- Propriedades emergentes??

Hierarquia de níveis de organização inter-relacionados



diversidade

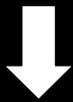
partes em  $\neq$ s escalas



# Gaia (Terra)

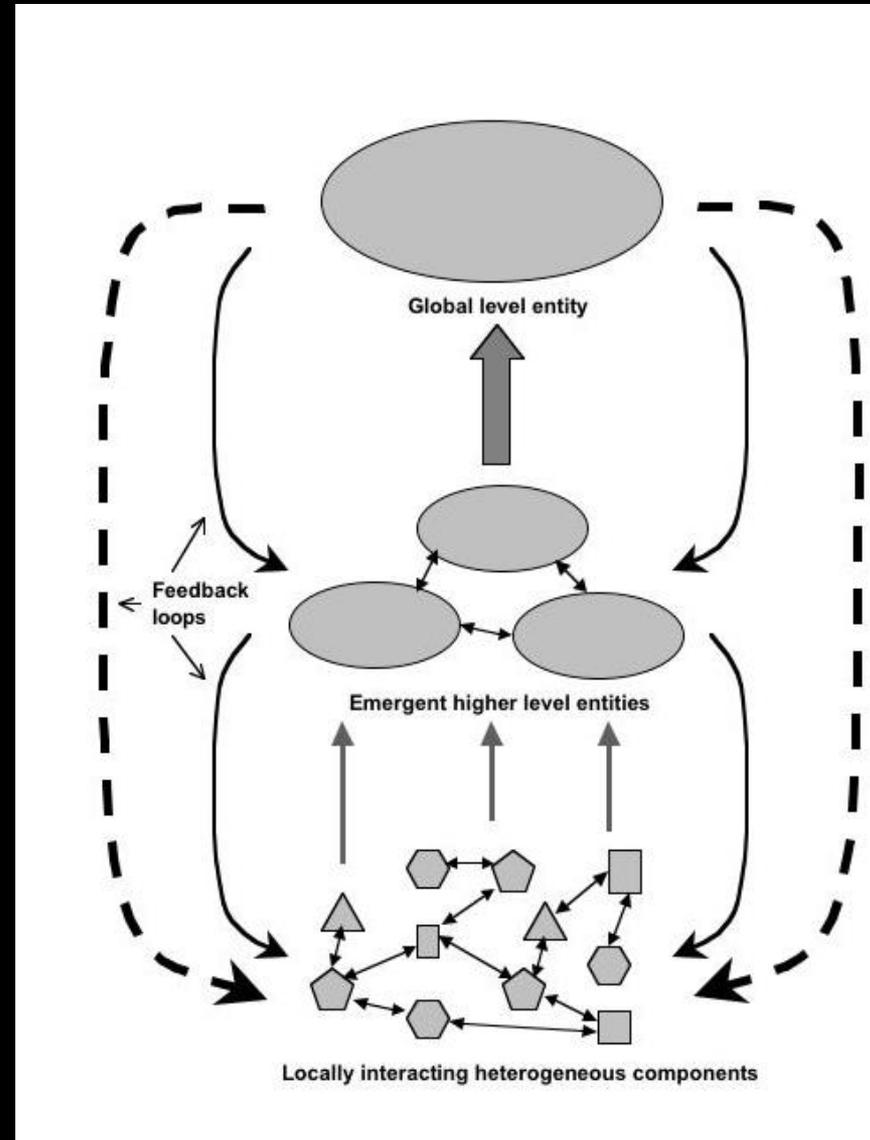
- Partes em diferentes escalas??
- Relações não-lineares??
- Propriedades emergentes??

Hierarquia de níveis de organização inter-relacionados



- interações entre componentes
- mecanismos de *feedback* em  $\neq$  escalas
- processos de seleção e auto-sustentação

relações  
não lineares



# Gaia

- Partes ou elementos
    - diversidade sustentada c/ individualidade dos componentes
    - mecanismos de *feedback* em  $\neq$ s escalas
  - Relações não-lineares
    - interações entre componentes
    - processos autônomos de seleção e crescimento
  - Propriedades emergentes
    - auto-organização hierárquica
    - adaptação contínua
    - ausência de um controlador global
    - geração perpétua de inovações
- 

GAIA é um sistema complexo adaptativo

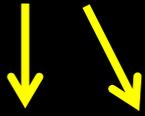
# Daisyworld = modelo



# Daisyworld



$T < 22^{\circ}\text{C}$

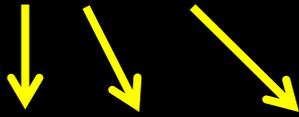


absorve energia



aquece

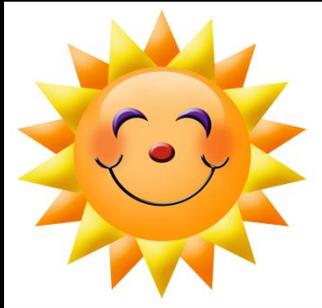
# Daisyworld



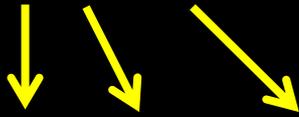
aquece



# Daisyworld



equilíbrio



absorve energia



aquece



reflete energia

resfria



# Filme Daisyworld

<https://www.youtube.com/watch?v=vvUpwIOGJ1M>

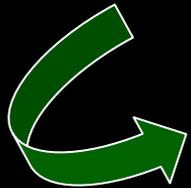
(traduzido – parte)

<https://www.youtube.com/watch?v=XVB2VNxRuHM>

(não traduzido – completo – ver a partir de 4:15 min)

# Pergunta:

Qual é o conceito fundamental que rege a Teoria Gaia?

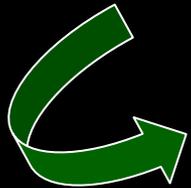


auto-sustentação  
retro-alimentação  
auto-regulação

seres vivos X  
meio físico

# Pergunta:

Qual é o conceito fundamental que rege a Teoria Gaia?

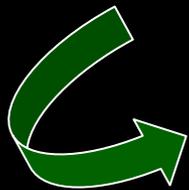


auto-sustentação  
retro-alimentação  
auto-regulação

seres vivos X  
meio físico

# Pergunta:

Qual é o conceito fundamental que rege a Teoria Gaia?



auto-sustentação  
retro-alimentação  
auto-regulação

seres vivos X  
meio físico

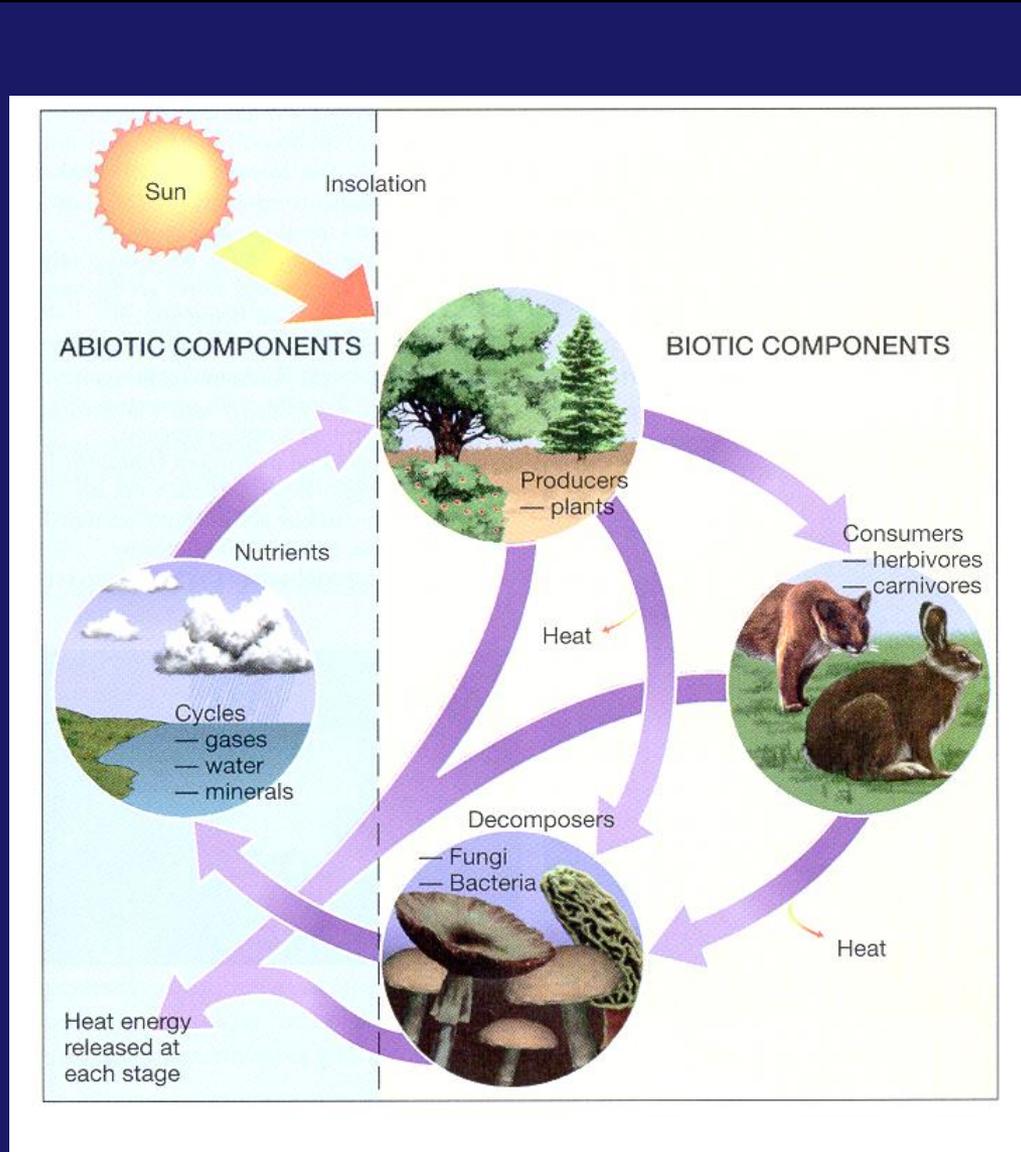
Cite uma contribuição efetiva dessa teoria.

EQUILÍBRIO/ HOMEOSTASE

ciclagem de nutrientes  
mudanças climáticas  
ecologia de comunidades  
manejo de ecossistemas

ETC.

# Funcionamento da natureza:



B  
I  
O  
D  
I  
V  
E  
R  
S  
I  
D  
A  
D  
E

M  
E  
I  
O  
A  
B  
I  
Ó  
T  
I  
C  
O

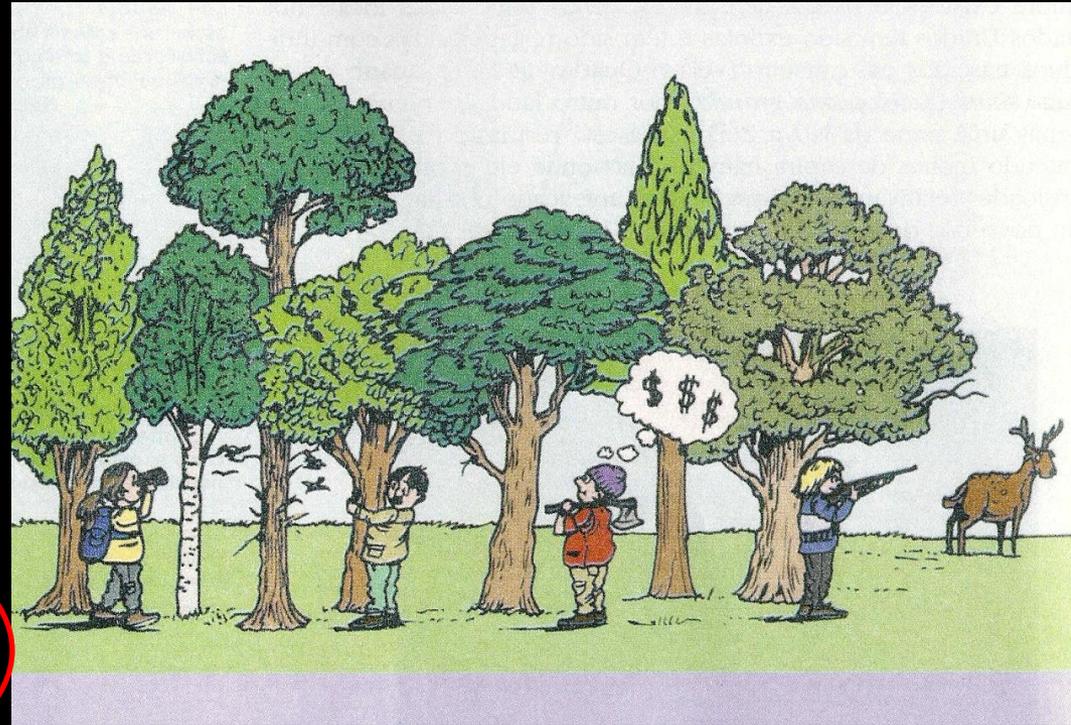
P  
R  
O  
C  
E  
S  
O  
S

# Biodiversidade → valor

- utilitária (ao homem):  
alimento, materiais,  
fármacos, etc



- funcional: processos ecológicos naturais: ciclos, equilíbrios, auto-regulação



# Como medir a biodiversidade?

- Índices: baseados em n° de espécies (riqueza) e densidade (abundância). Mais usados em ecologia:

## - Índice de Shannon-Weaver (H')

$n_i$  = n° de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie  
 $N$  = n° total de indivíduos amostrados.  
 $\ln$  = logaritmo de base neperiana.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N} \right)$$

$p_i$

Quanto maior o valor de  $H'$ , maior será diversidade  $\rightarrow$  considera riqueza e a proporção relativa (uniformidade). Dá igual peso entre as espécies raras e abundantes

# Como medir a biodiversidade?

- Índices: baseados em n° de espécies (riqueza) e densidade (abundância). Mais usados em ecologia:

## - Índice de Shannon-Weaver (H')

$n_i$  = n° de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie  
 $N$  = n° total de indivíduos amostrados.  
 $\ln$  = logaritmo de base neperiana.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N} \right)$$

Quanto maior o valor de  $H'$ , maior será diversidade → considera riqueza e a proporção relativa (uniformidade). Dá igual peso entre as espécies raras e abundantes

## - Índice de Simpson:

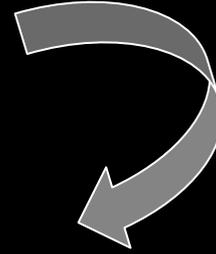
- mede dominância → subtrair de 1 p/ ter diversidade

$$D = 1 - \sum_{p=i}^N p_i^2$$

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie  
 $N$  = número total de indivíduos amostrados

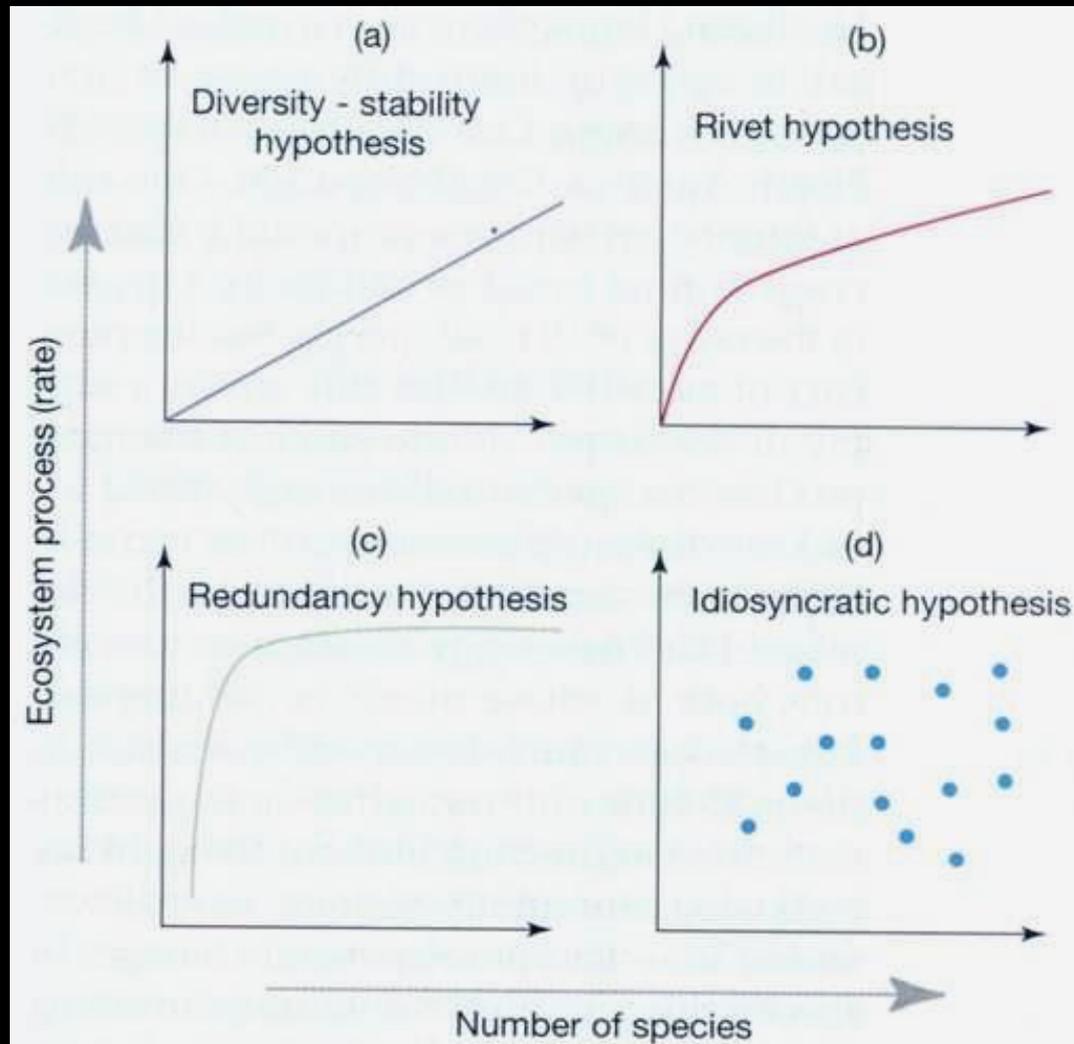
- Varia de 0 a 1 → valores próximos de 1 = maior diversidade

- Índices baseados em  $n^0$  de espécies (riqueza) e densidade (abundância)



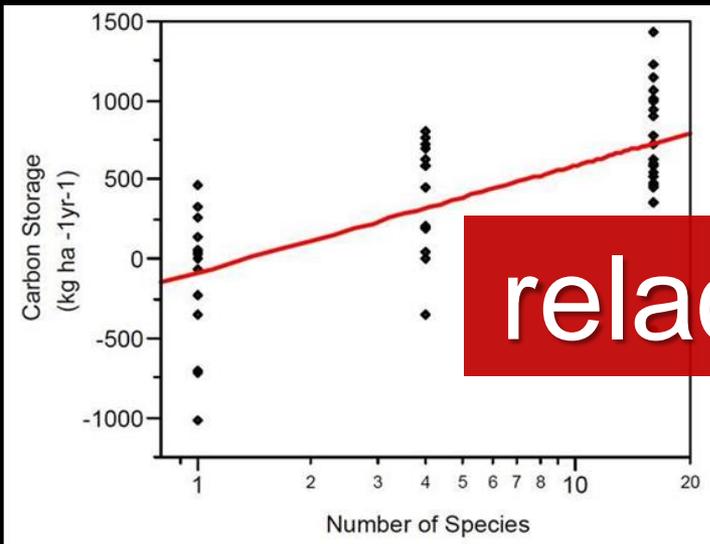
pressupõem que todas as espécies têm a mesma função!

# Será que todas as espécies são igualmente importantes na natureza?

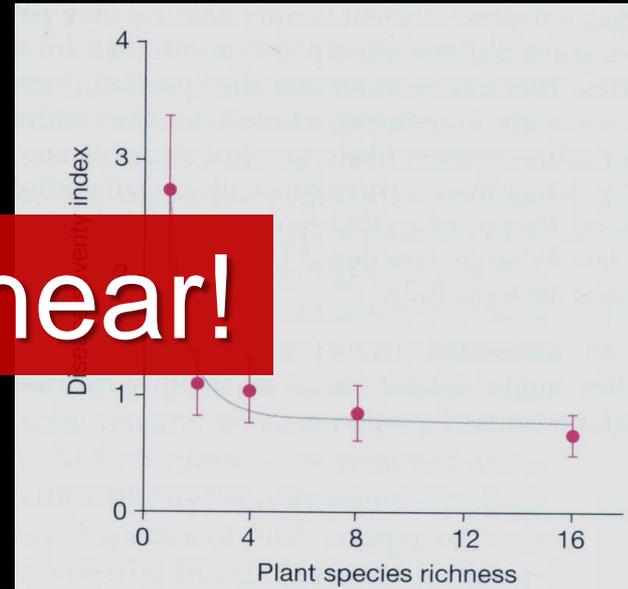


**Figure 1.6** Four hypotheses (a–d) for the functional role of species diversity in ecosystems. (After Johnson et al., 1996.)

# Exemplos de regulação dada pela biodiversidade/ riqueza:

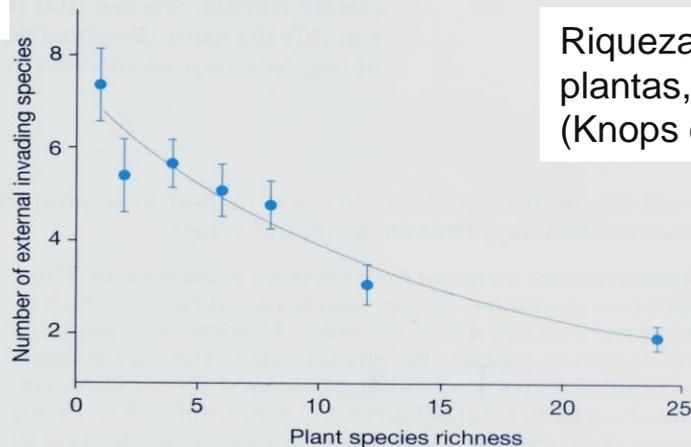


relação não linear!



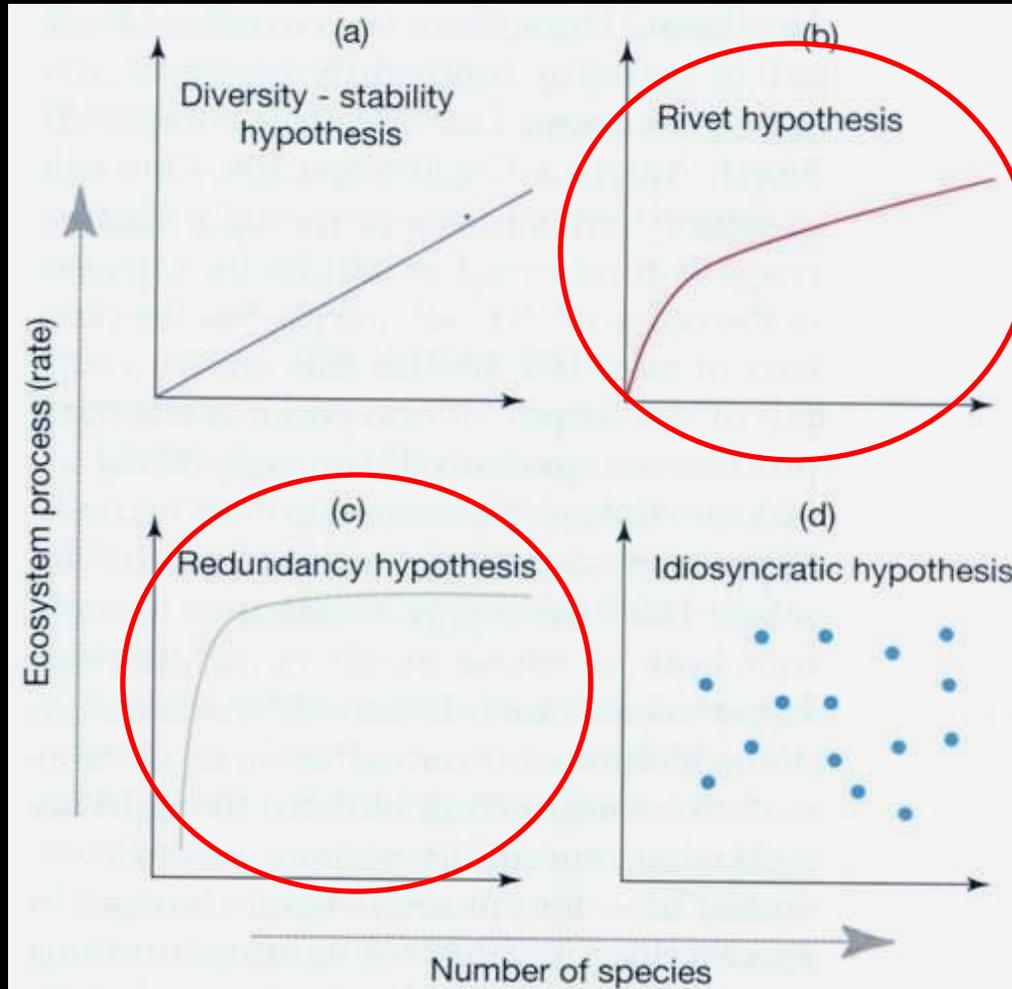
Riqueza X estoque de carbono no solo (Tilman et al.).

Riqueza X severidade de doenças em plantas, em campos temperados (Knops et al. 1999).



Riqueza X suscetibilidade à invasão biológica, em campos temperados (Knops et al. 1999).

# Experimentos (ex.: David Tilman - Cedar Creek, John Lawton - ECOTRON)



**Figure 1.6** Four hypotheses (a–d) for the functional role of species diversity in ecosystems. (After Johnson et al., 1996.)

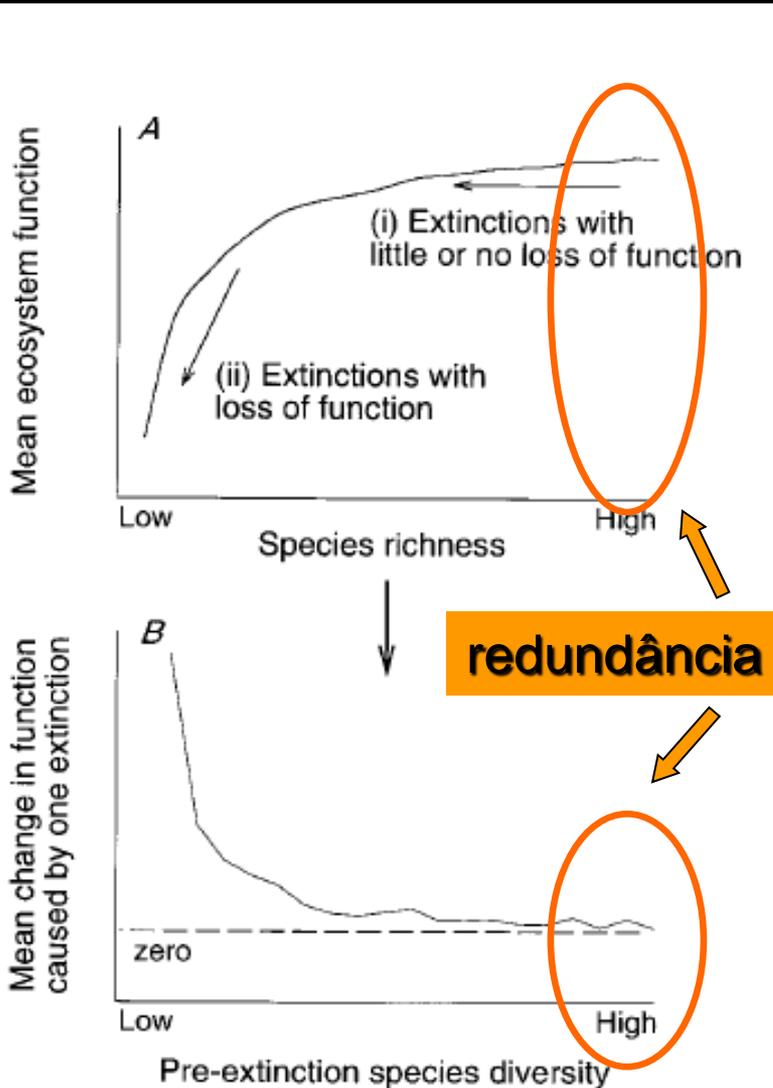
Então, o que acontece se perder espécies?

# Então, o que acontece se perder espécies?

Species Diversity, Species Extinction, and Ecosystem Function

Owen L. Petchey\*

VOL. 155, NO. 5 THE AMERICAN NATURALIST MAY 2000

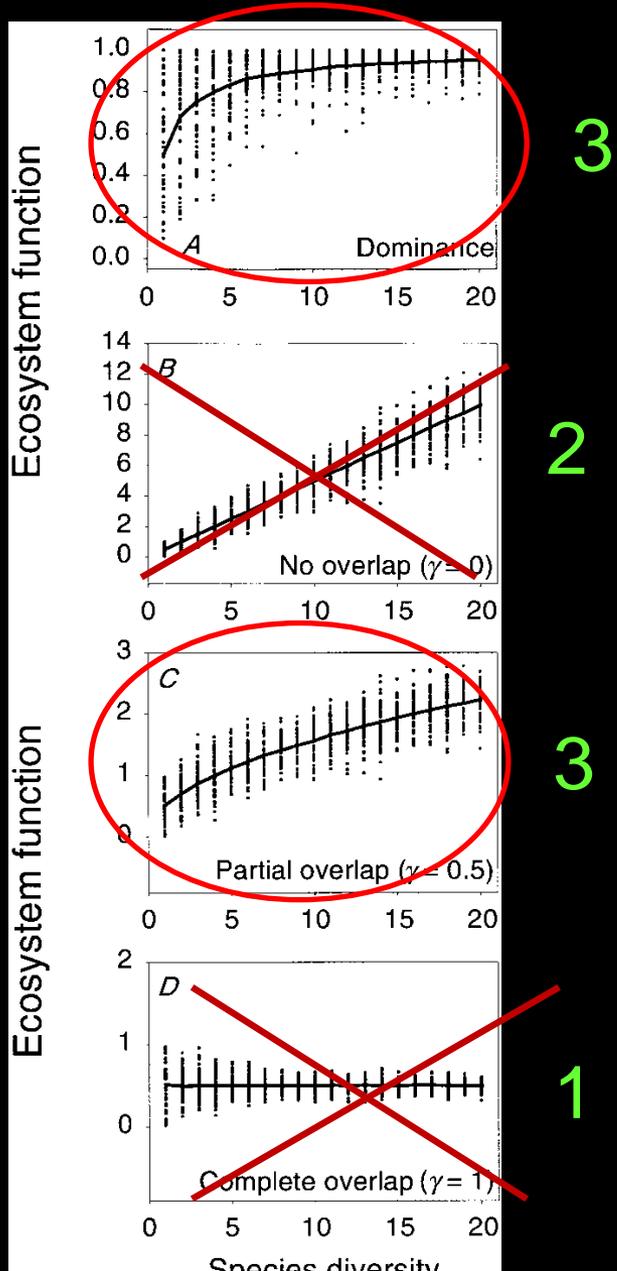


modelo

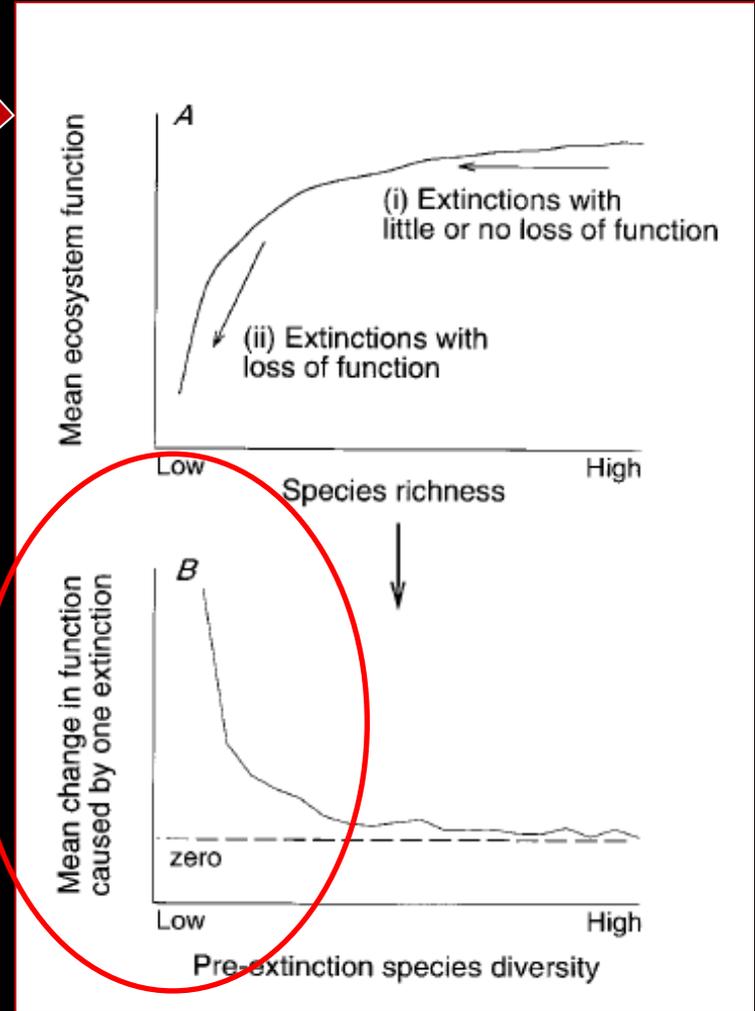
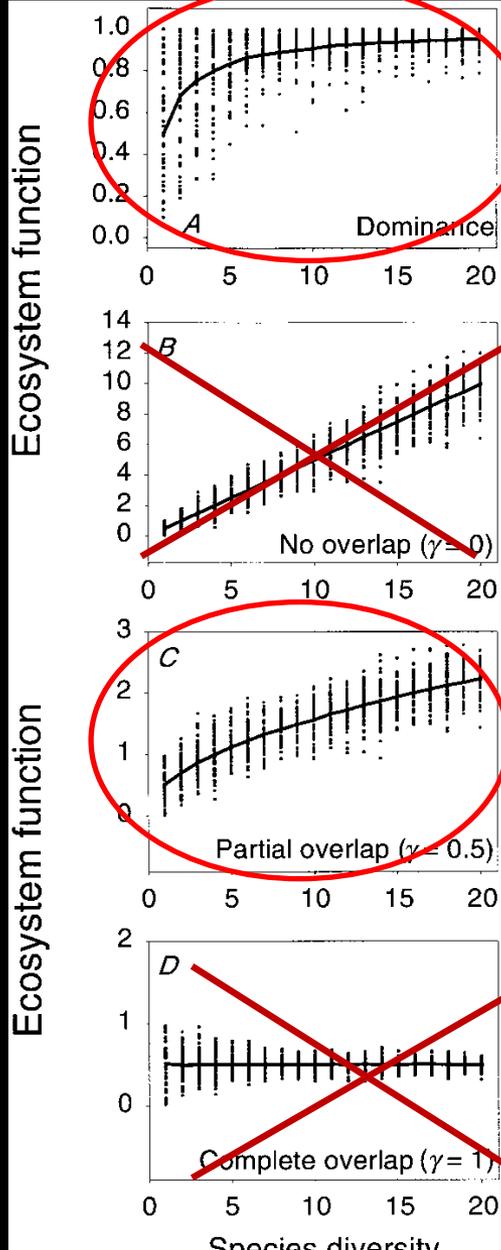
Mecanismos que contribuem para efeito positivo da diversidade nas funções dos ecossistemas:

- 1) Comunidades representadas por várias spp têm maior chance de conter spp com características importantes do que comunidades c/ baixa riqueza (efeito de amostragem)
- 2) Comunidades representadas por várias spp têm maior qtdd de características e podem usar mais completamente os recursos (complementariedade no uso de recursos)
- 3) A frequência de interações facilitativas entre spp tende a ser maior com maior diversidade

Efeito de extinções nos ecoss.  $\rightarrow$  depende da complementariedade no uso de recursos



Efeito de extinções nos ecoss. → depende da extensão da complementariedade no uso de recursos



**Ecossistemas c/ baixa riqueza: efeitos imprevisíveis após extinções!**

# Hodgson, Thompson, Wilson & Bogaard

**Does biodiversity determine ecosystem  
function? The Ecotron experiment reconsidered**

debate!

# Hodgson, Thompson, Wilson & Bogaard

Does biodiversity determine ecosystem function? The Ecotron experiment reconsidered

debate!

The first group will control the main ecosystem functions, such as productivity, decomposition and nutrient uptake and storage, while the second will normally have very little impact on these functions. The third group, however, may have more subtle impacts; for example, they may provide a pool of additional species that could increase in the event of habitat change (

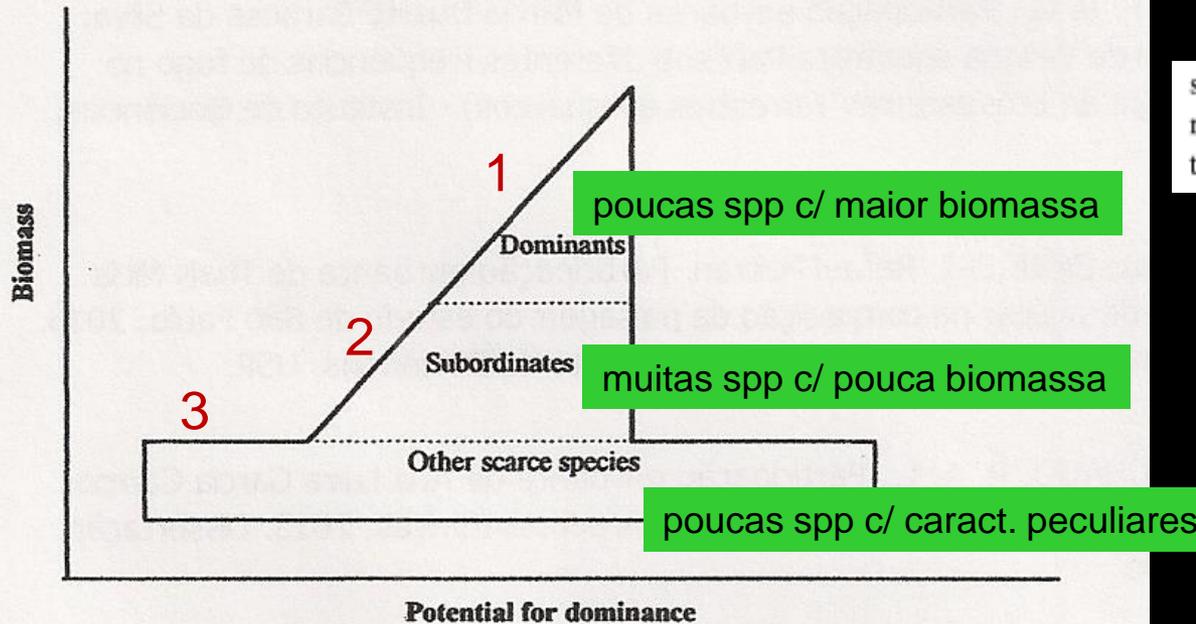


Fig. 4. A suggested classification of species in terms of potential dominance and achieved biomass within species-rich vegetation.

species have different functional attributes and do not play totally interchangeable roles in the ecosystem.

- **Diversidade funcional:**

- Incorpora **atributos** das espécies que as distinguem nas suas diferentes funções

tipos funcionais/ grupos funcionais



- **Diversidade funcional:**

- Incorpora **atributos** das espécies que as distinguem nas suas diferentes funções



tipos funcionais/ grupos funcionais



processos  
ecossistêmicos

# Espécies-chave

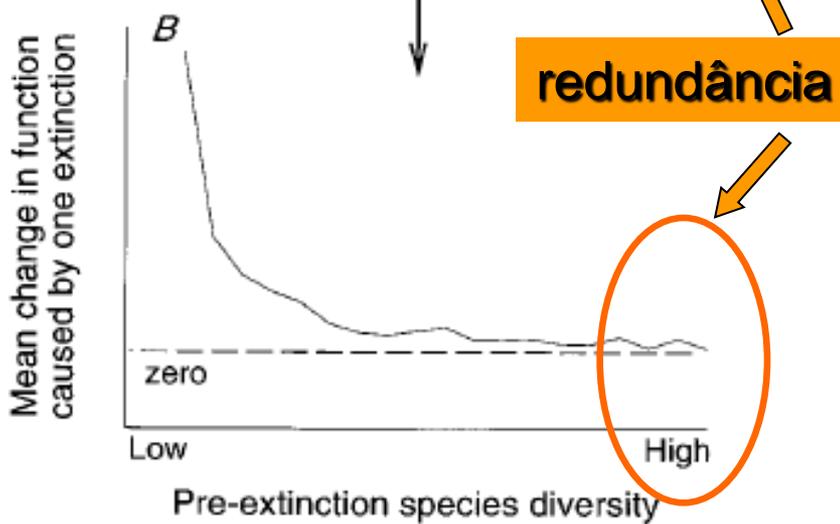
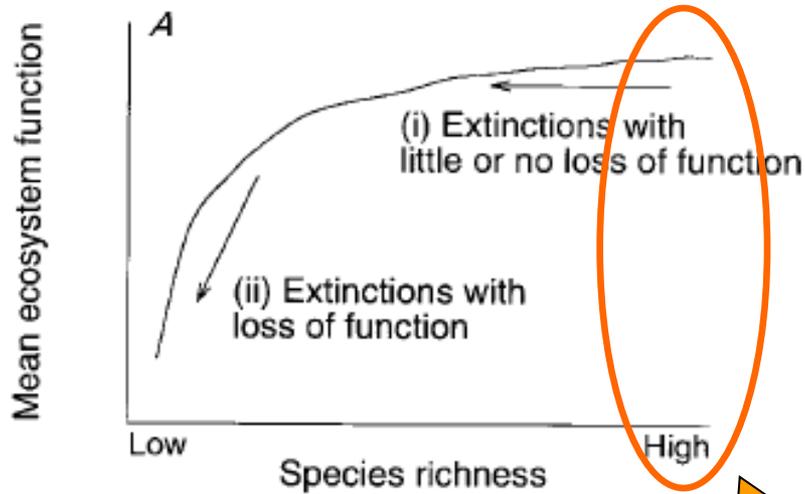
- Impacto X abundância → cadeias tróficas, estrutura do habitat
- ↪ funções



# Species Diversity, Species Extinction, and Ecosystem Function

Owen L. Petchey\*

VOL. 155, NO. 5 THE AMERICAN NATURALIST MAY 2000



**“Biodiversity makes ecosystems more productive, stable and resilient”**

**resiliência**



# Perturbação num sistema complexo:

~~partes~~  
(subsistemas) + relações = ~~propriedades~~  
emergentes

# Perturbação num sistema complexo:

~~partes (subsistemas) + relações = propriedades emergentes~~

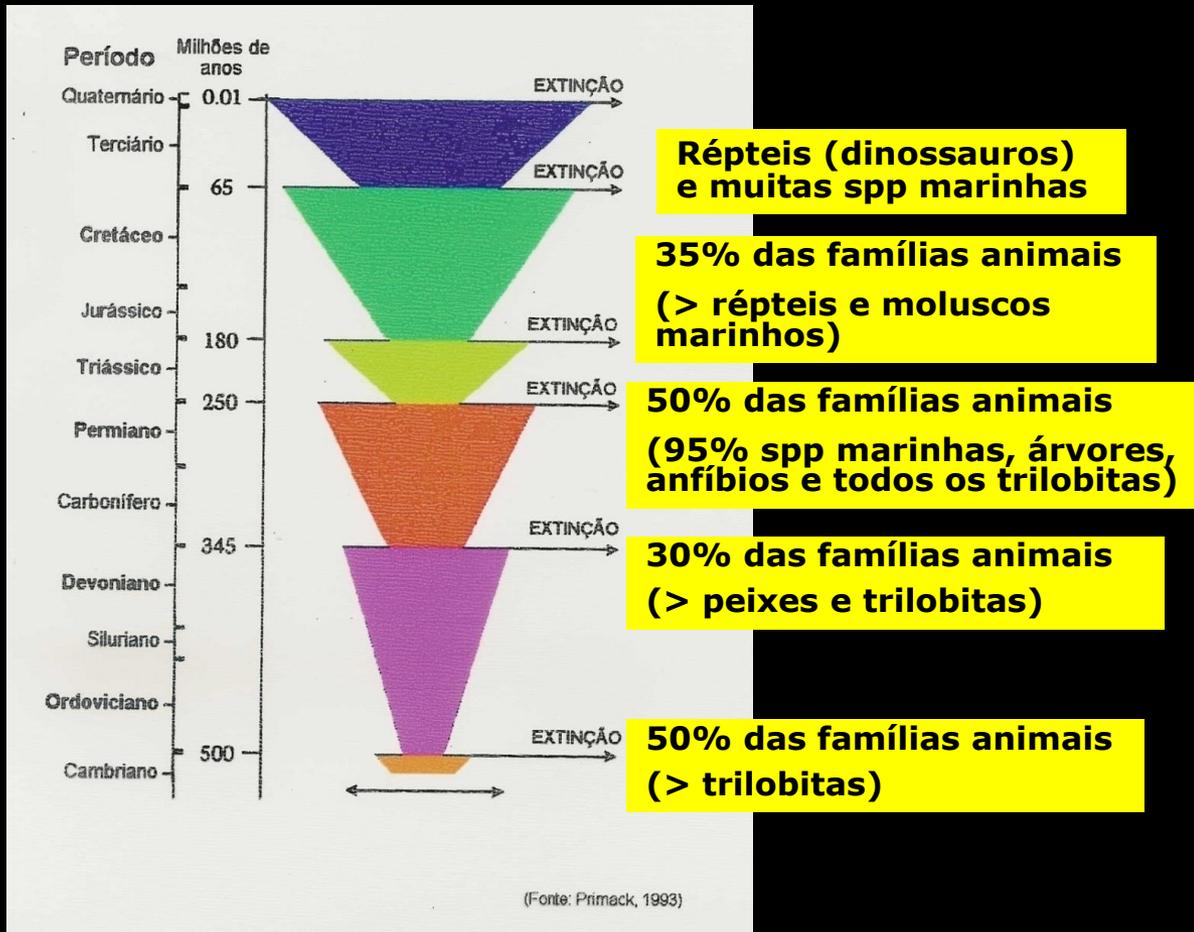


Num ecossistema:

~~populações/ espécies + relações = processos ecológicos naturais: ciclos, equilíbrios, auto-regulação~~

**Extinção = processo natural** → cada espécie tem um tempo de vida finito (em média 2-5 milhões de anos)

# Ocorreram 5 extinções em massa na história da Terra:



96-98% de todas as espécies que já existiram estão hoje extintas!

# Provavelmente estamos entrando num 6º evento de extinções em massa

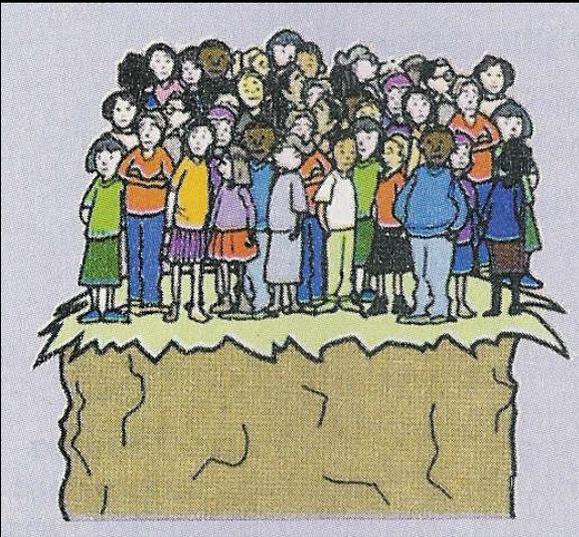
52 | NATURE | VOL 471 | 3 MARCH 2011

## Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?

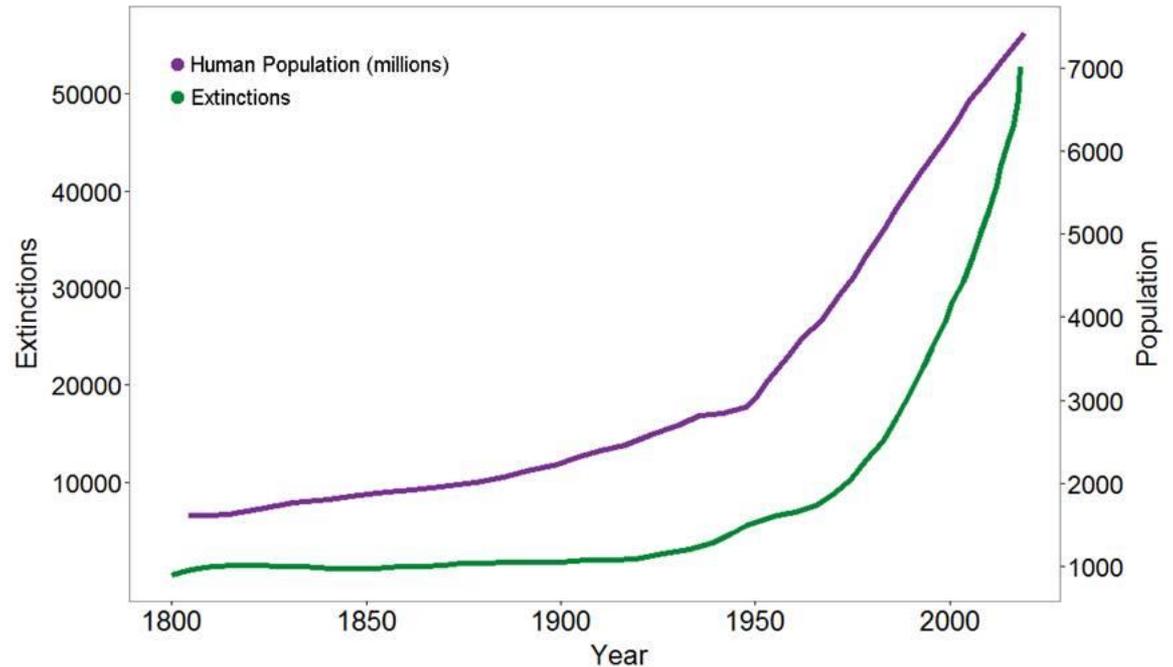
Anthony D. Barnosky<sup>1,2,3</sup>, Nicholas Matzke<sup>1</sup>, Susumu Tomiya<sup>1,2,3</sup>, Guinevere O. U. Wogan<sup>1,3</sup>, Brian Swartz<sup>1,2</sup>, Tiago B. Quental<sup>1,2,†</sup>, Charles Marshall<sup>1,2</sup>, Jenny L. McGuire<sup>1,2,3,†</sup>, Emily L. Lindsey<sup>1,2</sup>, Kaitlin C. Maguire<sup>1,2</sup>, Ben Mersey<sup>1,4</sup> & Elizabeth A. Ferrer<sup>1,2</sup>

Palaeontologists characterize mass extinctions as times when the Earth loses more than three-quarters of its species in a geologically short interval, as has happened only five times in the past 540 million years or so. Biologists now suggest that a sixth mass extinction may be under way, given the known species losses over the past few centuries and millennia. Here we review how differences between fossil and modern data and the addition of recently available palaeontological information influence our understanding of the current extinction crisis. Our results confirm that current extinction rates are higher than would be expected from the fossil record, highlighting the need for effective conservation measures.

# Crescimento humano X extinção de espécies:



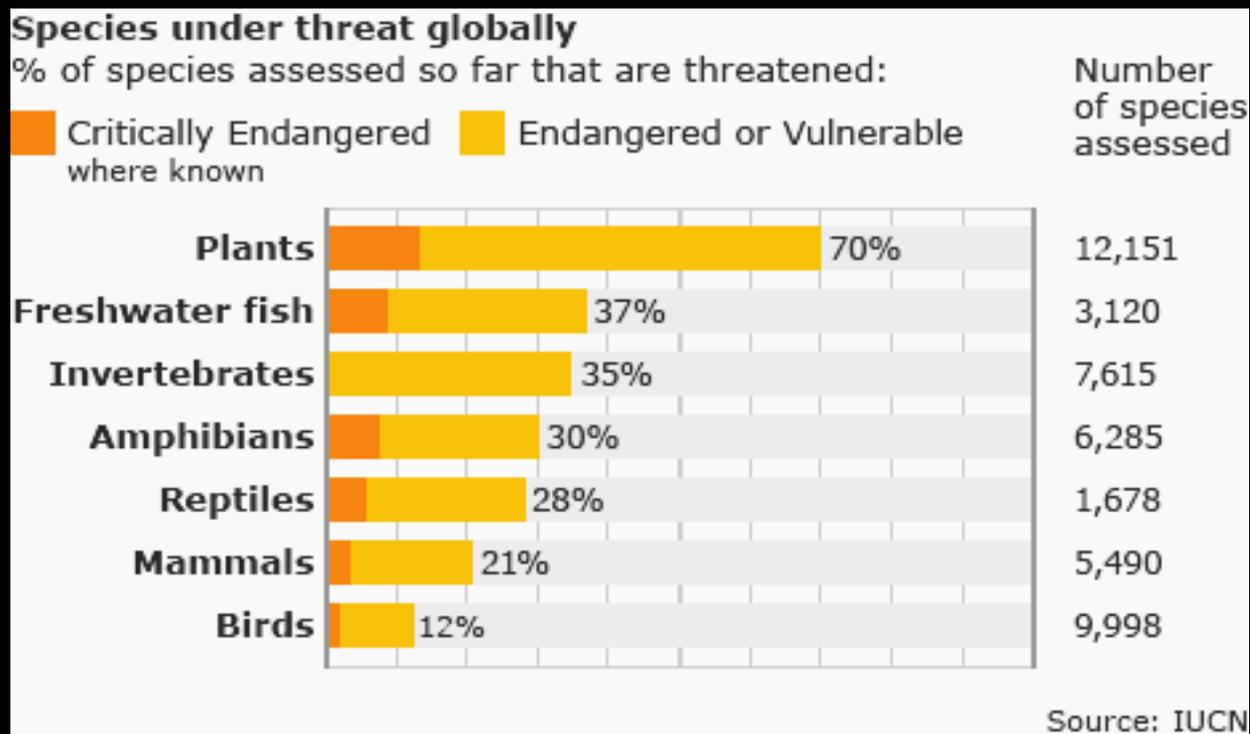
## Humans & The Extinction Crisis



Data source: Scott, J.M. 2008. *Threats to Biological Diversity: Global, Continental, Local*. U.S. Geological Survey, Idaho Cooperative Fish and Wildlife, Research Unit, University Of Idaho.

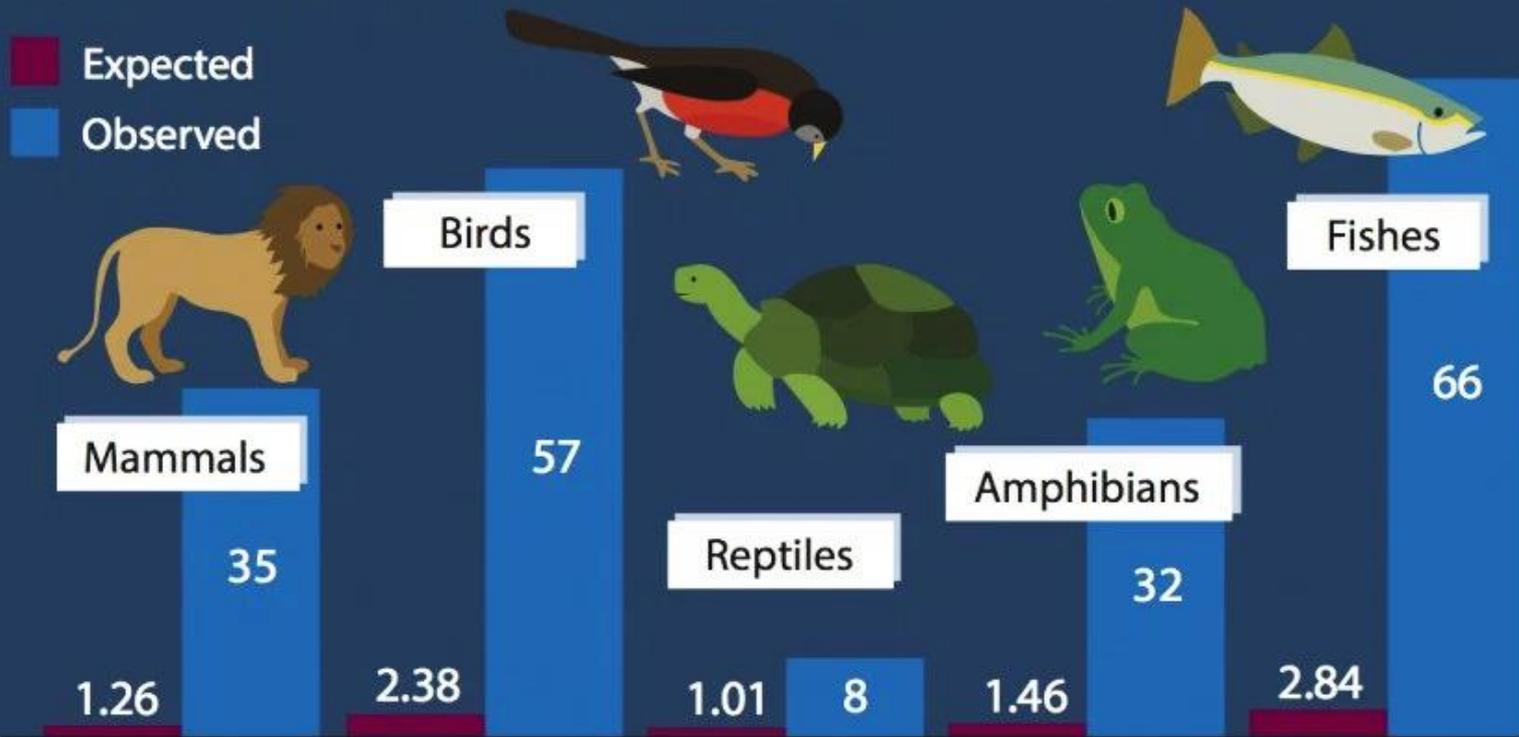
# Extinções hoje

- degradação e perda de habitat
- competição com espécies invasoras
- super-exploração
- poluição



Dados mundiais c/ base nas espécies conhecidas (IUCN).

# Expected vs. observed numbers of extinctions since 1900



SOURCE: ACCELERATED MODERN HUMAN-INDUCED SPECIES LOSSES: ENTERING THE SIXTH MASS EXTINCTION

HELEN CHEN / DAILY CAL STAFF

# Collapse of an ecological network in ancient Egypt. Yeaket et al. 2014. PNAS.

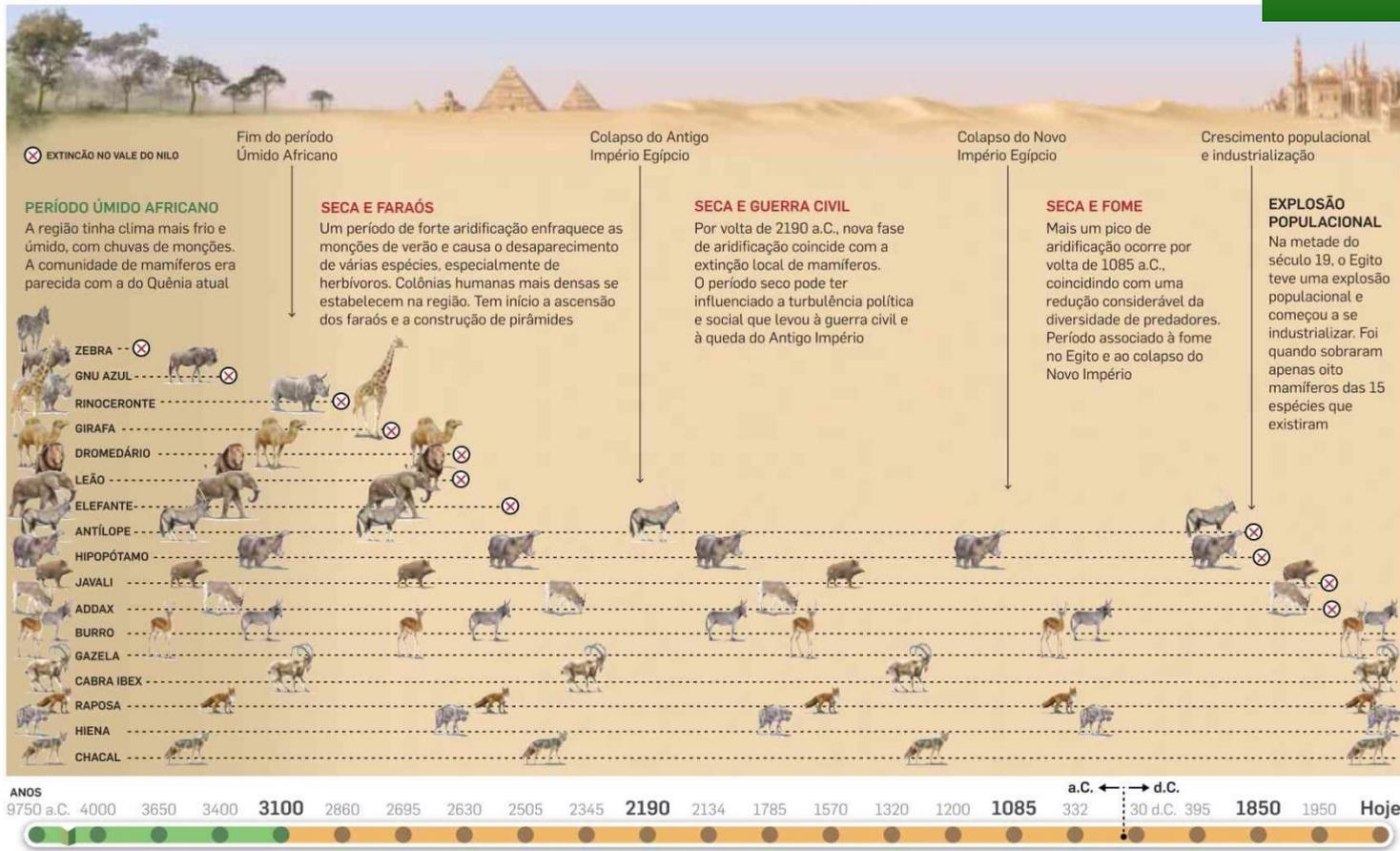
## Egito já teve leão, girafa e hipopótamo

Em estudo, cientistas reconstruíram interações ecológicas dos mamíferos ao longo de 6 mil anos: de 37 espécies originais

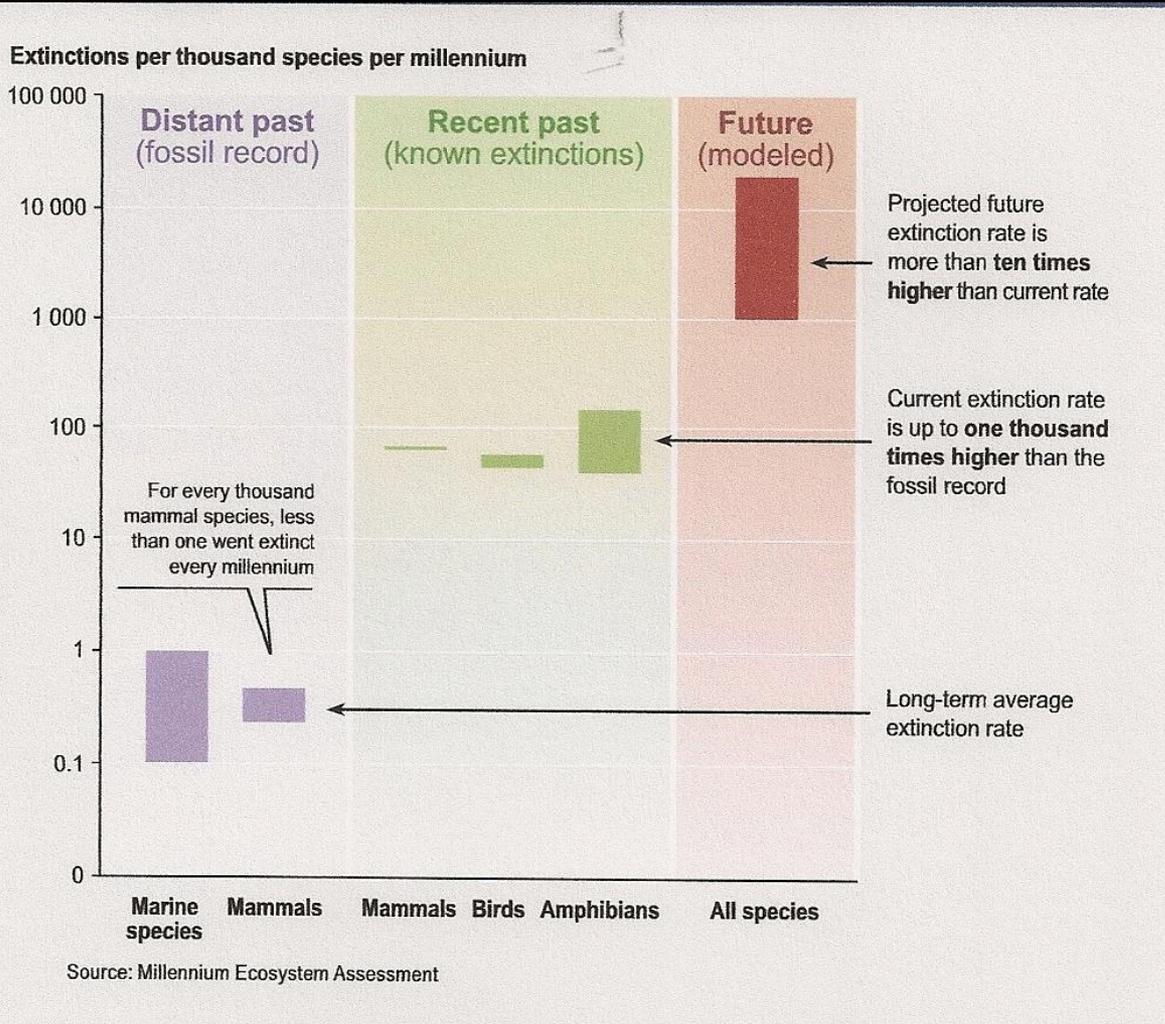
mudanças  
climáticas +  
homem

### DESAPARECIMENTO

• Cientistas reconstruíram a dinâmica das comunidades de mamíferos no Vale do Nilo nos últimos 6 mil anos ao integrar registros arqueológicos e paleontológicos, modelos computacionais e representações artísticas de animais do Egito Antigo. Nesse período, o número de mamíferos caiu de 37 para oito. Veja alguns exemplos



# Taxas de extinção / tempo



- perda/ fragmentação de habitats
- super exploração (caça, pesca, etc)
- poluição/ degradação/ aquecimento global
- invasões biológicas

Hoje: taxas aceleradas de extinção devido às ações humanas

perda e degradação de habitats  
e ecossistemas

perda/alteração  
de estrutura

perda/alteração de  
serviços ecossistêmicos

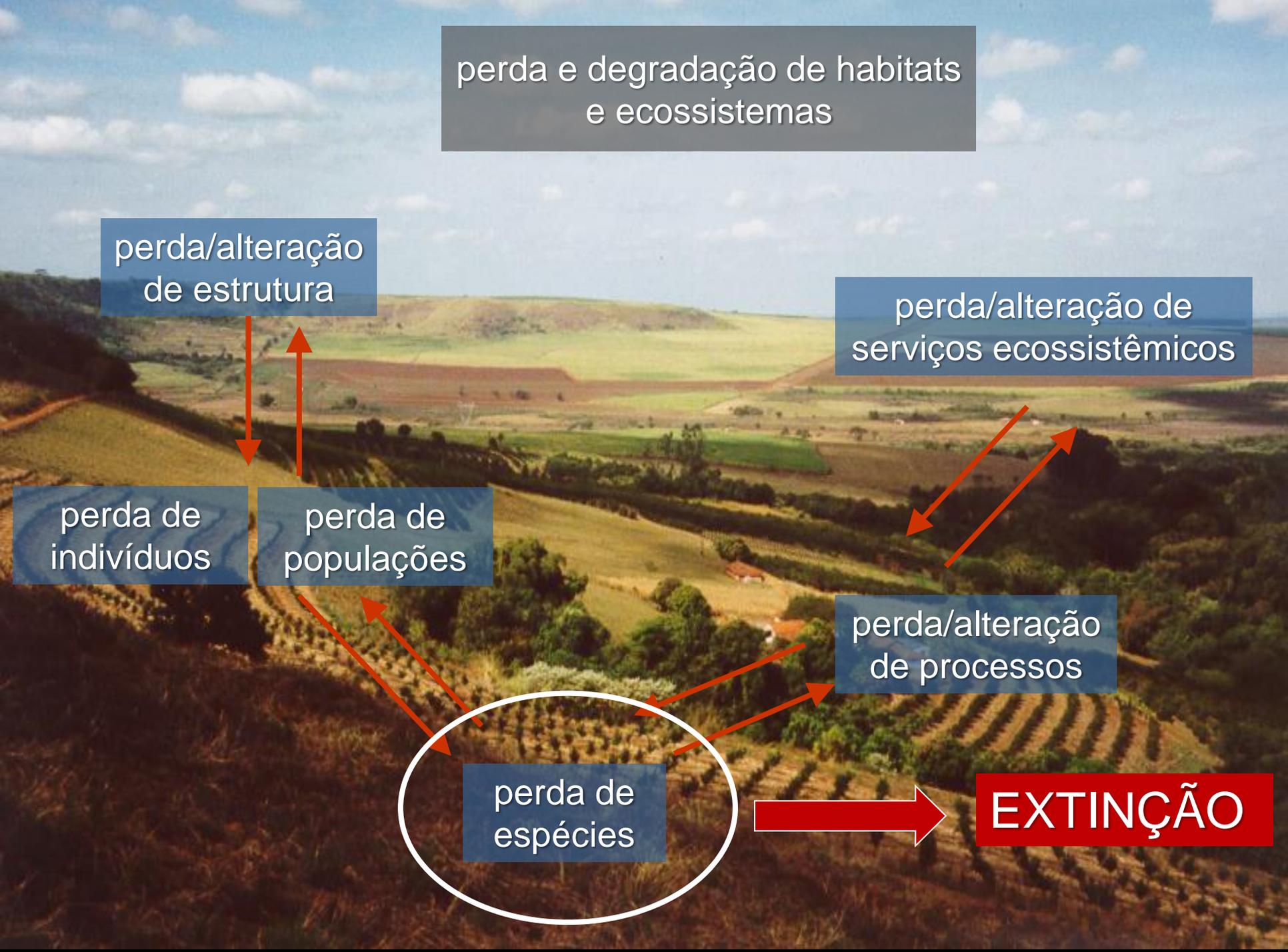
perda de  
indivíduos

perda de  
populações

perda/alteração  
de processos

perda de  
espécies

**EXTINÇÃO**



filme:

[http://www.ted.com/talks/stewart\\_brand\\_the\\_dawn\\_of\\_de\\_extinction\\_are\\_you\\_ready.html](http://www.ted.com/talks/stewart_brand_the_dawn_of_de_extinction_are_you_ready.html)