

Sistemas Complexos – GAIA Extinção

Conservação da Biodiversidade
2019

Sistemas complexos:

Sistema complexo: é composto de várias partes que interagem e se auto organizam, gerando novas qualidades no todo.



Sistemas complexos:

partes
(subsistemas)

+ relações =

propriedades
emergentes



mtos fatores
≠s escalas



não lineares
alta sensibilidade



não são consequência
das partes isoladamente

“O todo não é = soma das partes!”



Suas propriedades não são decorrência direta dos elementos constituintes isoladamente, portanto, não são totalmente explicadas pelas propriedades das partes que o compõem.

Para entender um sistema complexo é necessário conhecer suas partes e as relações entre elas, pois são essas relações que geram consequências não-diretas e propriedades emergentes.

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:

“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.”



partes
(subsistemas) + relações = propriedades
emergentes



populações/ meio físico + interações =
ciclagem, equilíbrio,
auto regulação

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.

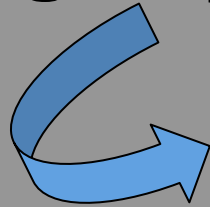
Um aspecto essencial de tais sistemas é a não-linearidade, levando à dependência histórica e vários resultados são possíveis a partir dessa dinâmica.”



Outros exemplos?

Clima, fisiologia orgânica,
inteligência artificial,
evolução biológica

Auto regulação

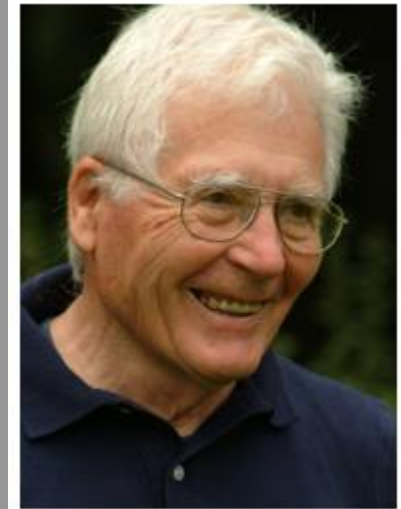


Teoria de Gaia

- 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

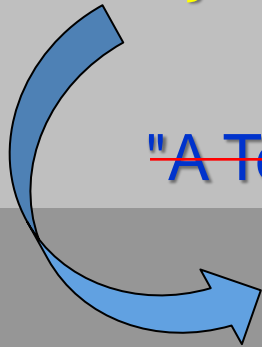


James Lovelock

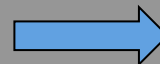
- Teoria (ou Hipótese) de Gaia - proposta a partir de estudos da composição química da atmosfera terrestre

“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.

~~"A Terra é viva" / "Gaia é um superorganismo"~~



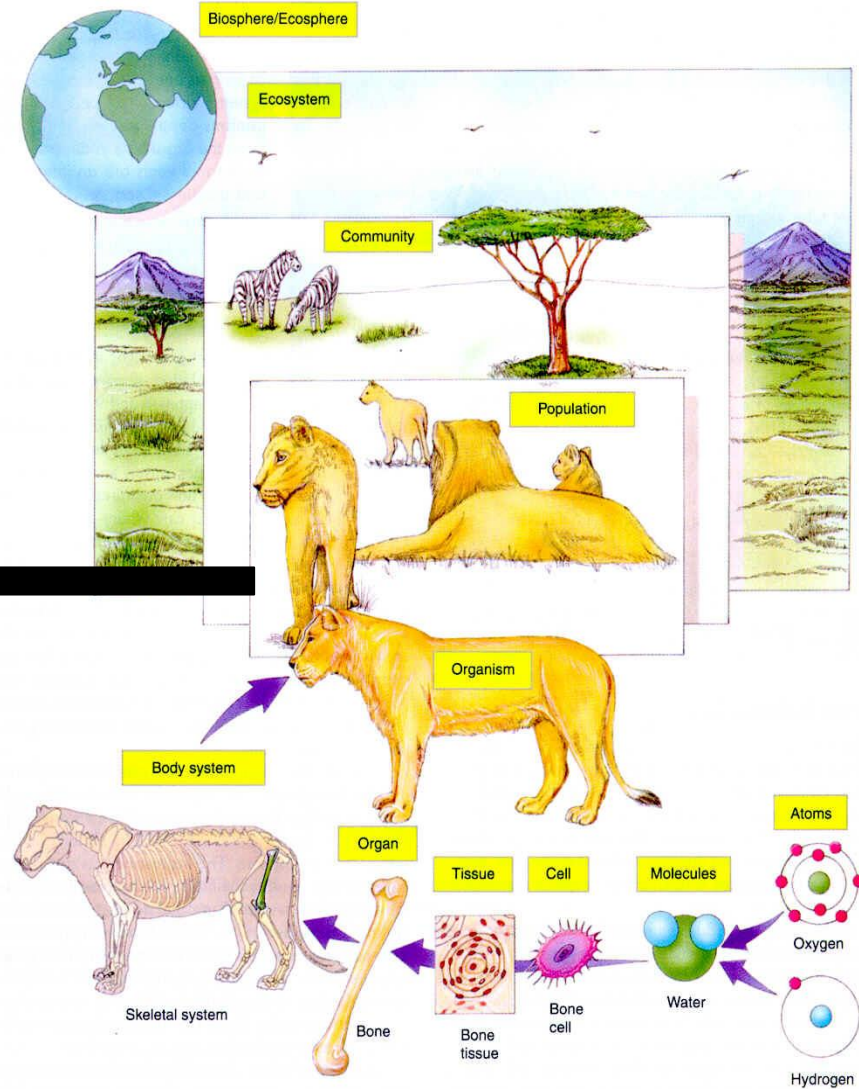
seres vivos X
meio físico



auto-sustentação
retro-alimentação
auto-regulação

Gaia (Terra)

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



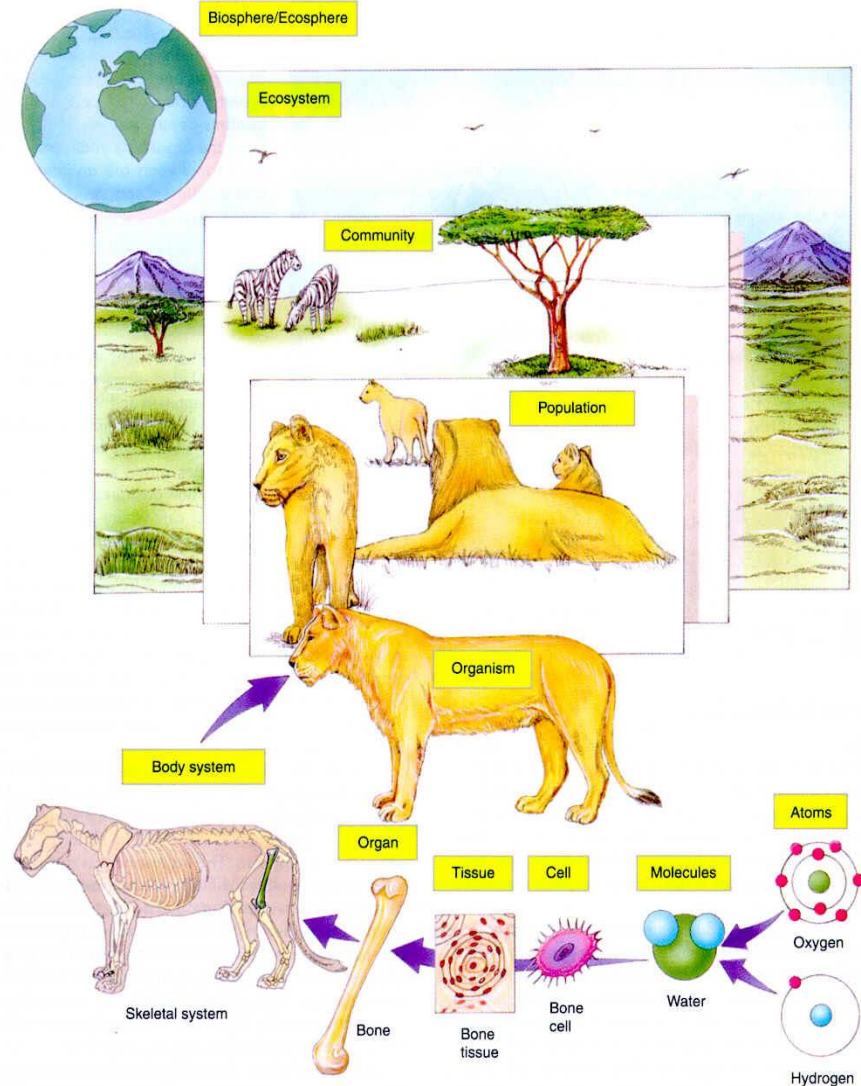
Gaia (Terra)

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

Hierarquia de níveis de organização inter-relacionados



partes em \neq s escalas



Gaia (Terra)

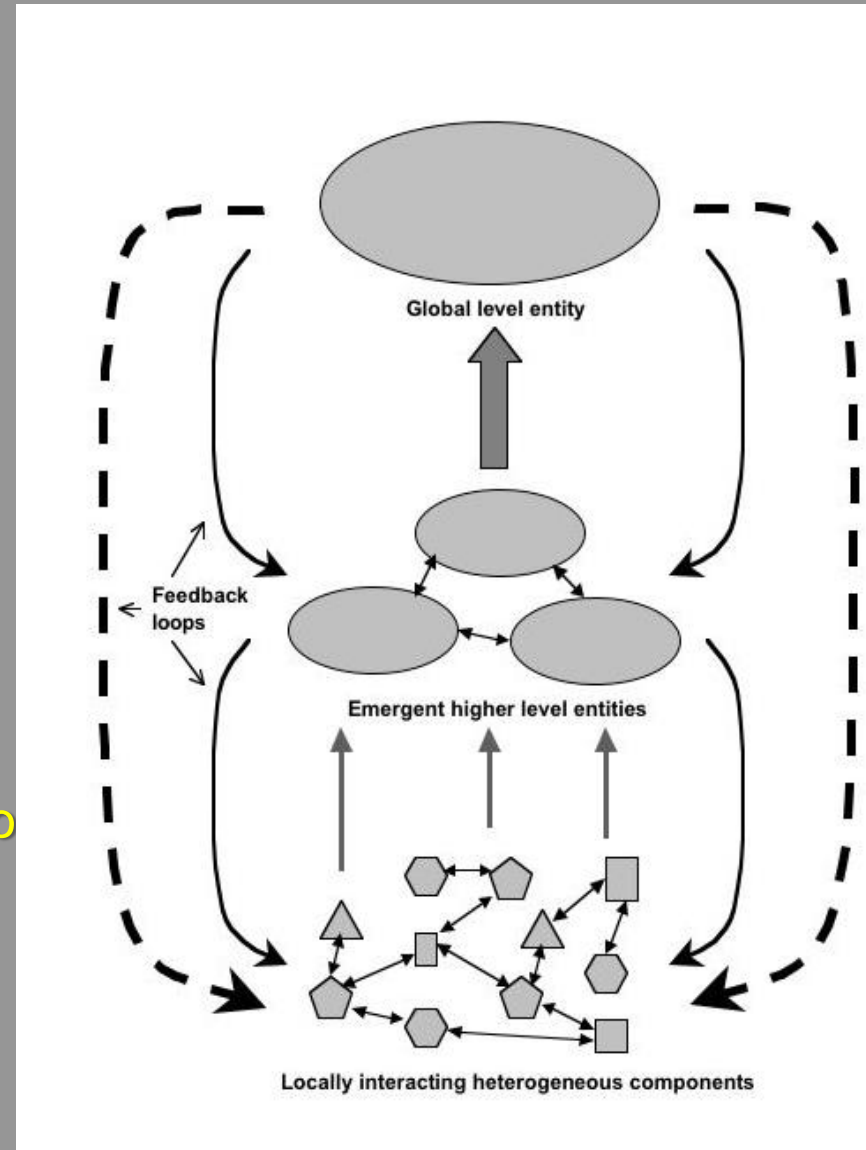
- Partes em diferentes escalas??
- Relações não-lineares??
- Propriedades emergentes??

Hierarquia de níveis de organização inter-relacionados



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

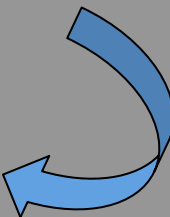
relações não lineares



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 em cada nível
 - adaptação contínua
 - ausência de um controlador global
 - geração perpétua de inovações

GAIA é um sistema complexo adaptativo



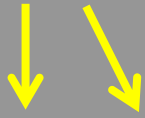
Daisyworld = modelo



Daisyworld



T ~ 22°C



absorve energia

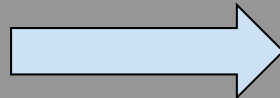


aquece

Daisyworld



aquece



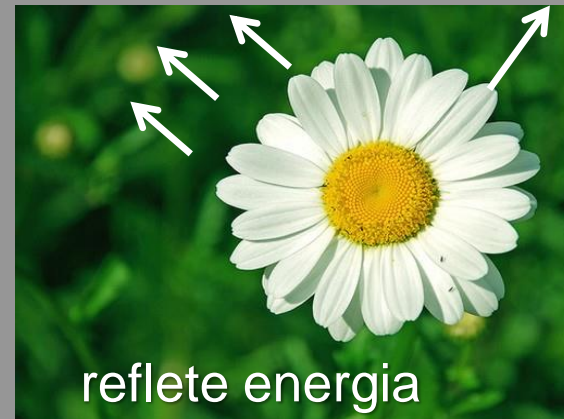
Daisyworld



absorve energia

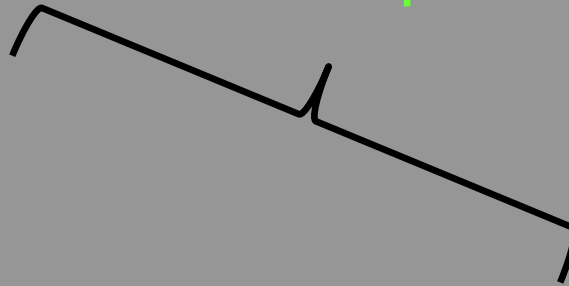


aquece



reflete energia

equilíbrio



resfria



Filme Daisyworld

<https://www.youtube.com/watch?v=vvUpwILOGJ1M>

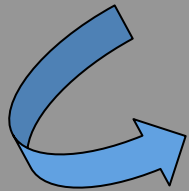
(traduzido – parte)

<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?



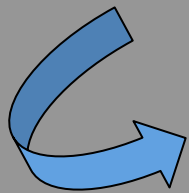
auto-sustentação
retro-alimentação
auto-regulação



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

Cite uma contribuição efetiva dessa teoria.

EQUILÍBRIO/ HOMEOSTASE

ciclagem de nutrientes

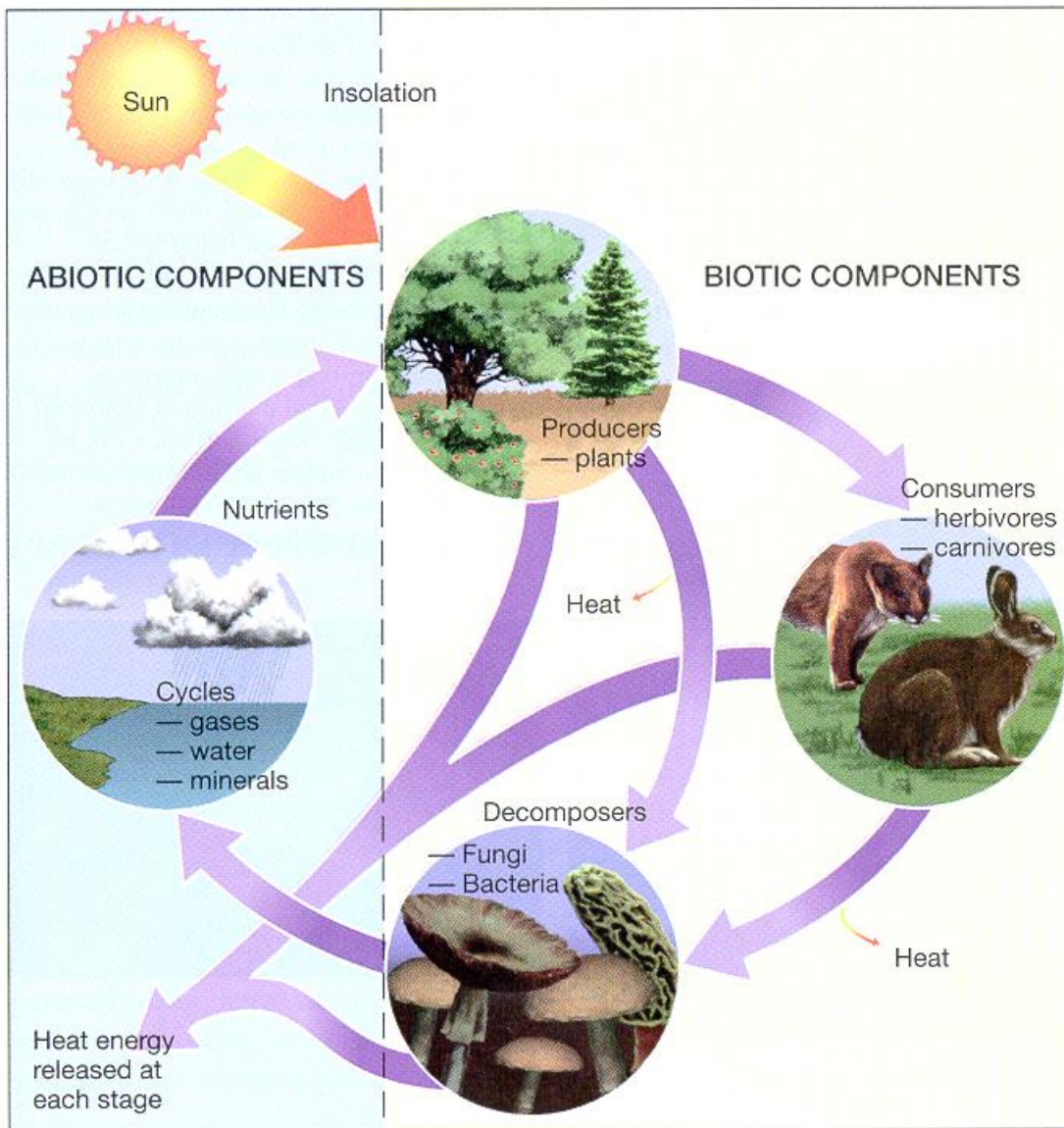
mudanças climáticas

ecologia de comunidades

manejo de ecossistemas

ETC.

Funcionamento da natureza:



biodiversidade

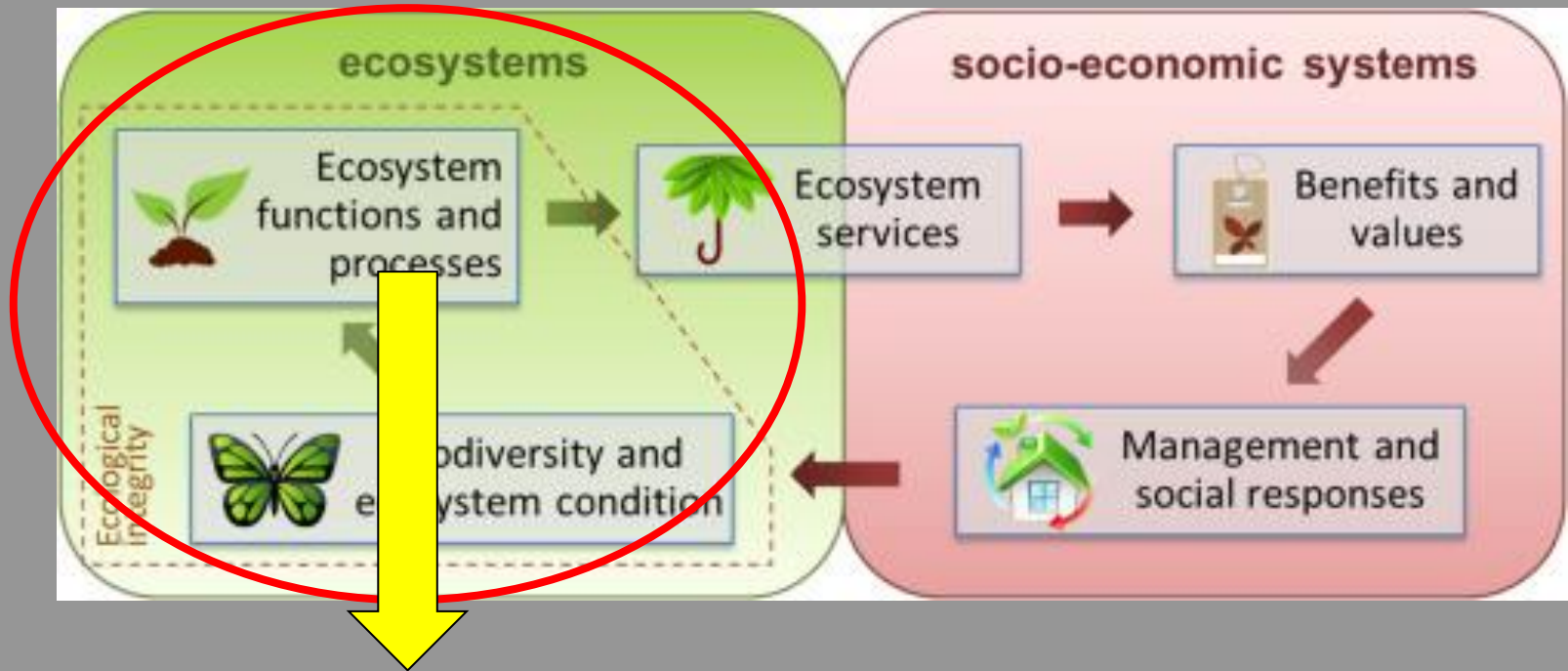
interação

fluxo

dinâmica

resiliência

**A
U
T
O
R
E
G
U
L
A
Ç
A
O**



Processos ecológicos = interações entre plantas, animais e os componentes não vivos do ambiente. São cruciais para manter ecossistemas saudáveis e a persistência da biodiversidade (= funções).

- processos ecológicos naturais: ex.: produção primária, decomposição, polinização, dispersão, etc.
- funções: ciclagem (água, nutrientes), fluxo de energia, manutenção de populações, equilíbrios, etc.

BIODIVERSIDADE

BIODIVERSIDADE

Será que todas as espécies são igualmente importantes na natureza?

Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems

Kris H. Johnson, Kristiina A. Vogt, Heidi J. Clark,
Oswald J. Schmitz and Daniel J. Vogt

TREE 1996

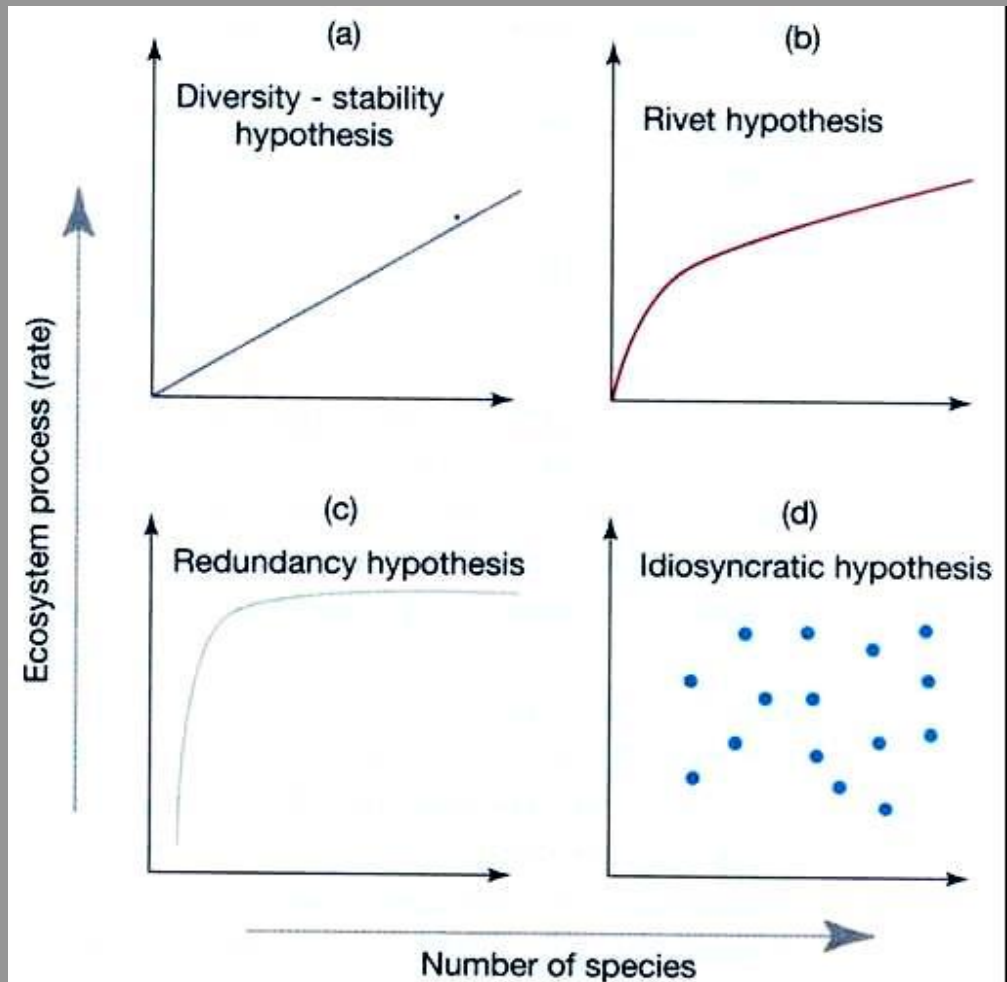
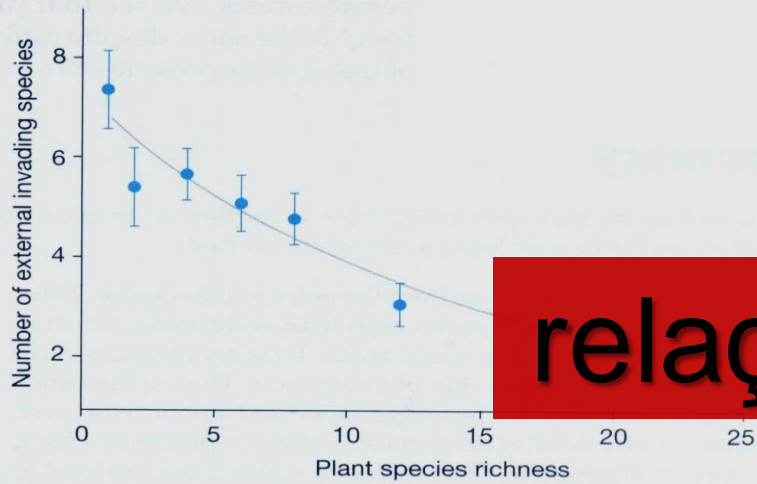
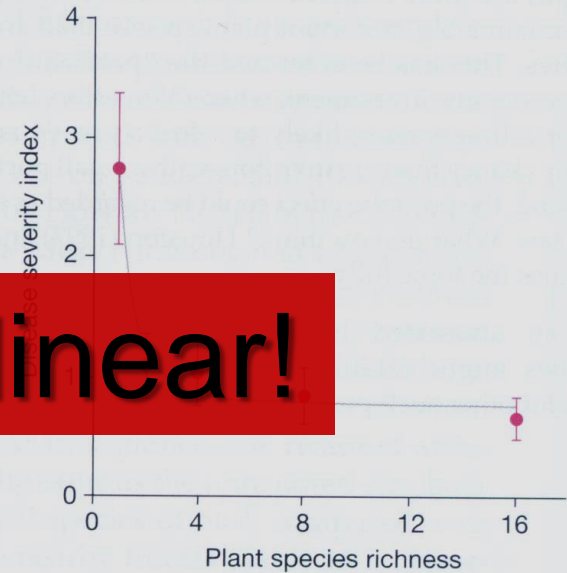


Figure 1.6 Four hypotheses (a–d) for the functional role of species diversity in ecosystems. (After Johnson et al., 1996.)

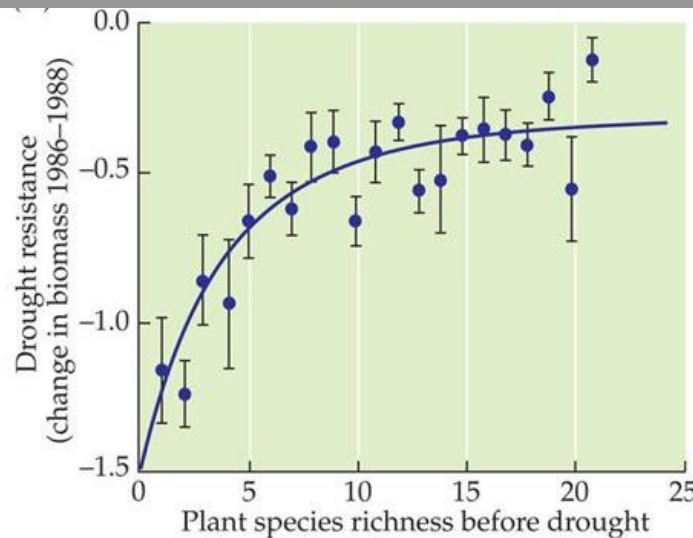
Exemplos de regulação dada pela biodiversidade/ riqueza:



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



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

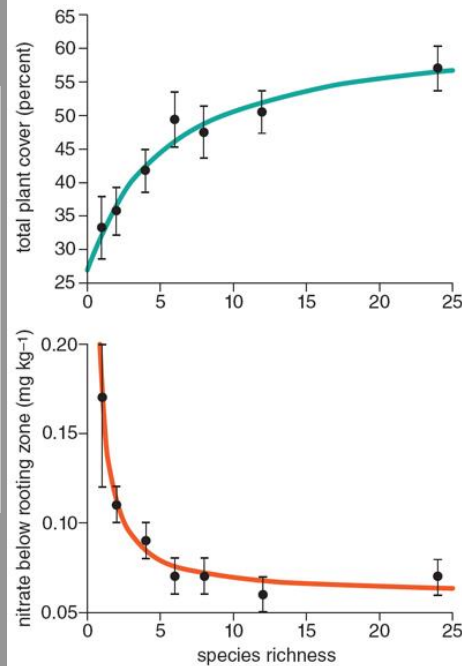


Riqueza X resistencia à seca, medida em mudança de biomassa antes e após a seca (Cain et al. 2014).

relação não linear!

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

147 parcelas de campos com diferentes composições e diversidades - espécies residentes inibem o estabelecimento e crescimento de espécies com padrões de uso de recursos similares e o sucesso dos invasores diminui à medida que a diversidade aumenta.



ECOTRON- comunidades multitróficas contendo plantas, herbívoros, decompositores e parasitoides - equilíbrio mantido em comunidades com maior riqueza e guildas.

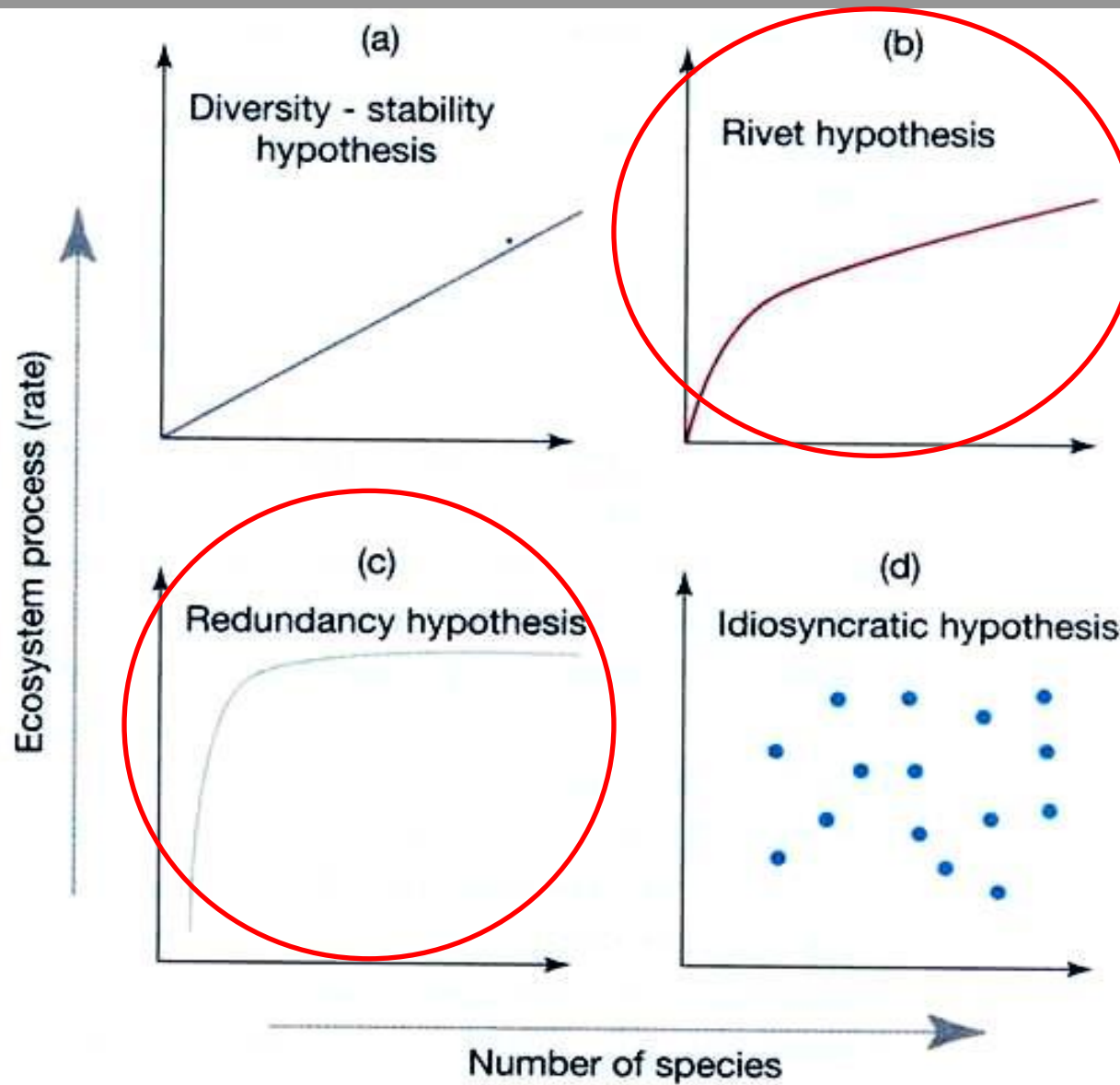


Figure 1.6 Four hypotheses (a–d) for the functional role of species diversity in ecosystems. (After Johnson et al., 1996.)

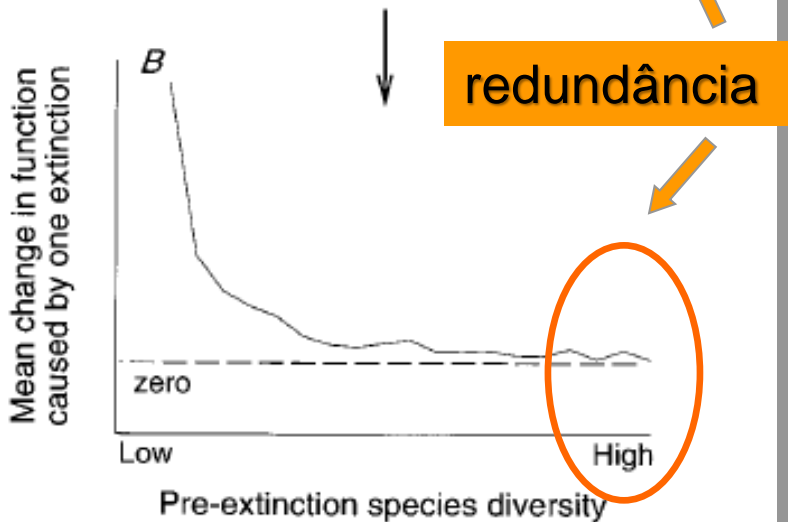
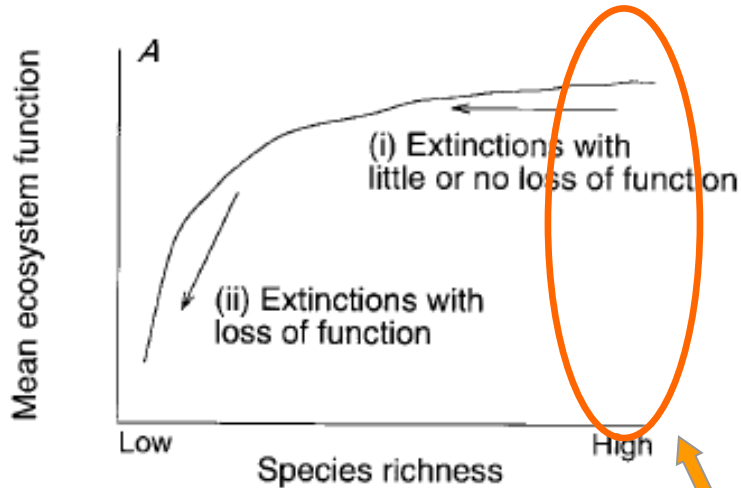
Então, o que acontece se perder espécies?

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

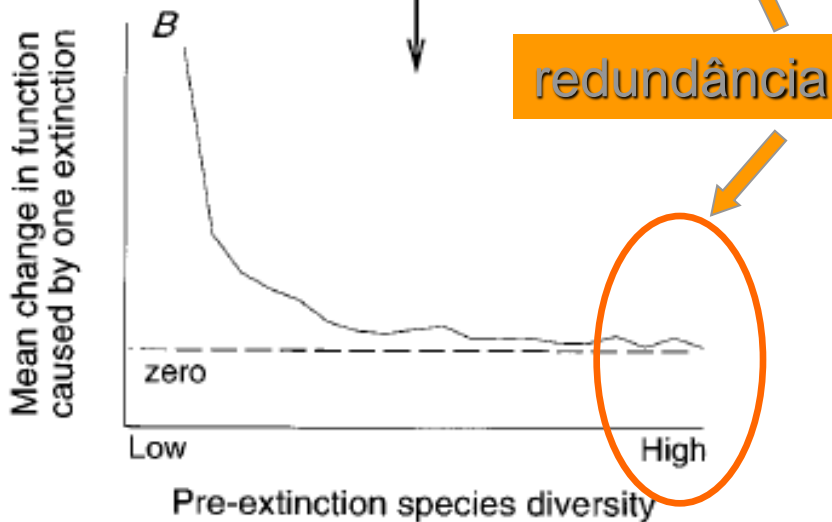
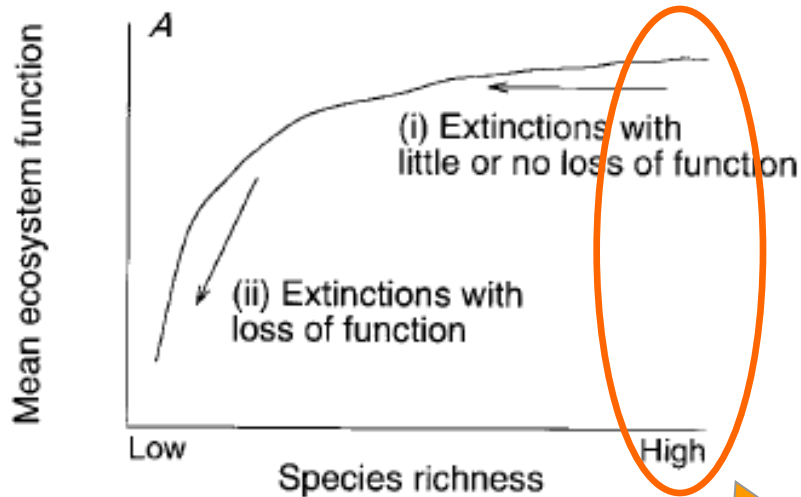
Mecanismos que contribuem para efeito positivo da diversidade nas funções dos ecossistemas:

- 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

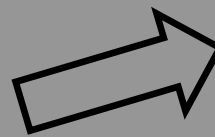
Species Diversity, Species Extinction, and Ecosystem Function

Owen L. Petchey*

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



redundância



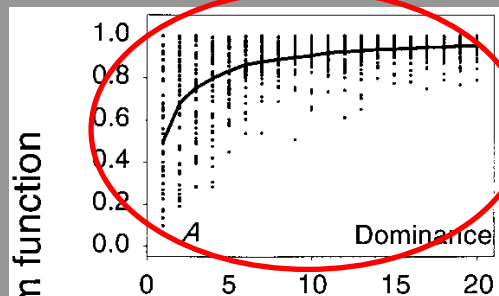
resiliência

“Biodiversity makes ecosystems more productive, stable and resilient”

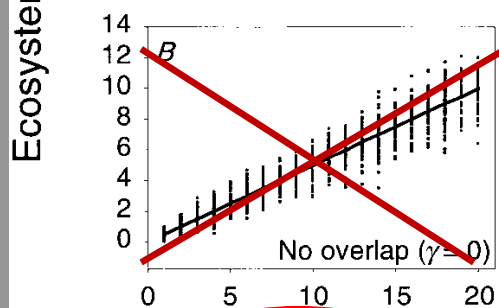
Ecosistemas c/ baixa riqueza: efeitos imprevisíveis após extinções!



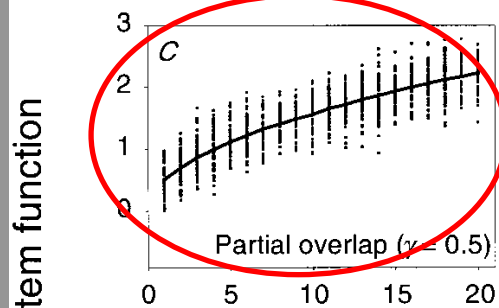
Efeito de extinções nos ecoss. \rightarrow depende da complementariedade no uso de recursos



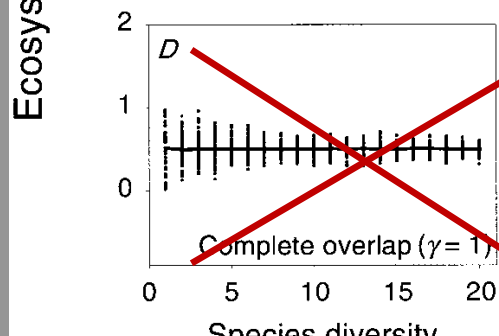
Uma espécie domina – o aumento de espécies não muda muito as funções da comunidade. Pouco efeito da extinção de espécies, exceto se for a dominante.



Não há sobreposição de funções entre espécies – sempre há perda de funções com extinções.



Sobreposição parcial de funções – cada espécie adicional explora novos nichos e há resiliência.



Todas as espécies da comunidade têm as mesmas funções. Extinções não afetam.

Onde há maior resiliência?

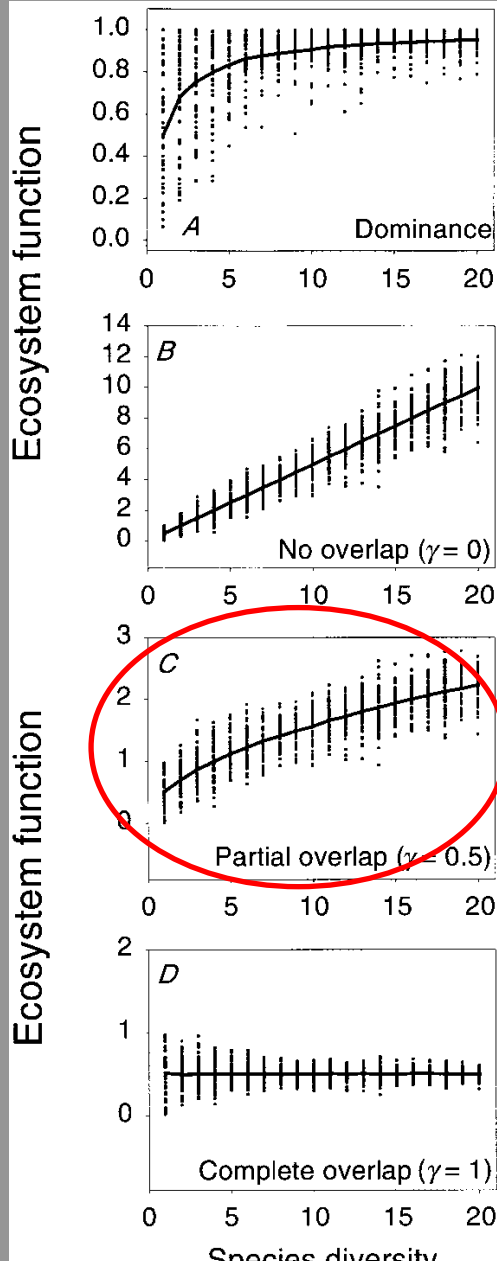
Uma espécie domina – o aumento de espécies não muda muito as funções da comunidade. Pouco efeito da extinção de espécies, exceto se for a dominante.

Não há sobreposição de funções entre espécies – sempre há perda de funções com extinções.

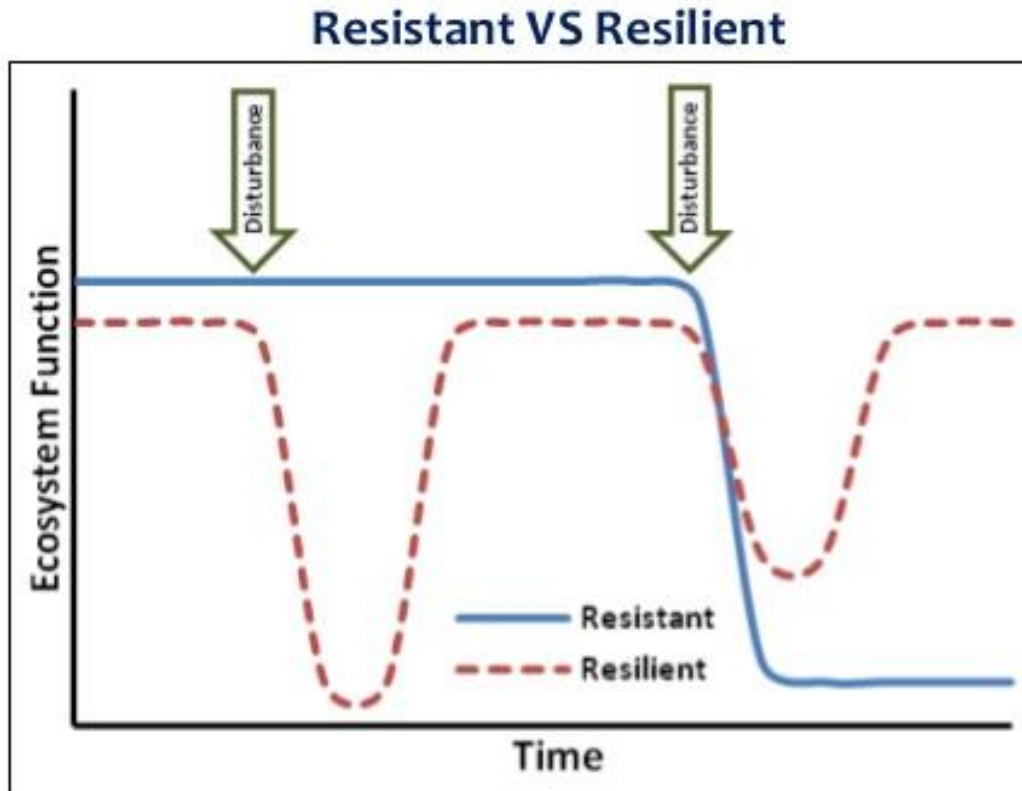
Sobreposição parcial de funções – cada espécie adicional explora novos nichos e há resiliência.

**Menor impacto
com extinção**

Todas as espécies da comunidade têm as mesmas funções.



Resiliência ou resistência ?



Hodgson, Thompson, Wilson & Bogaard

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

Hodgson, Thompson, Wilson & Bogaard

Does biodiversity determine ecosystem function? The Ecotron experiment reconsidered

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 (



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

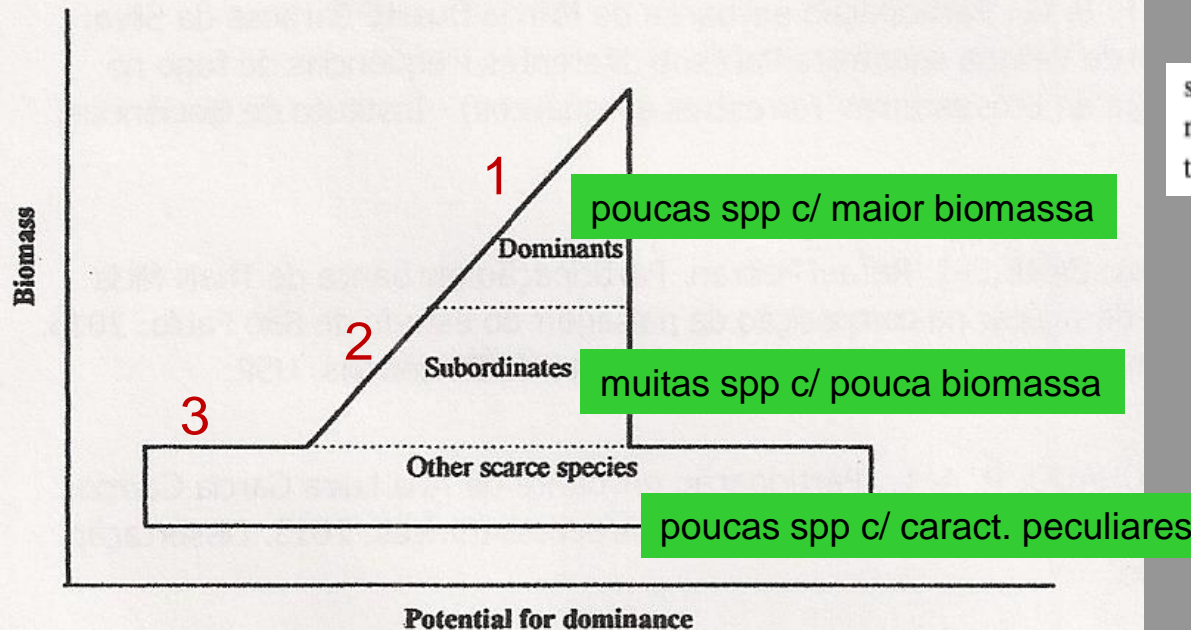


Fig. 4. A suggested classification of species in terms of potential dominance and achieved biomass within species-rich vegetation.

• 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



Perturbação num sistema complexo:



Perturbação num sistema complexo:

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



Num ecossistema:

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

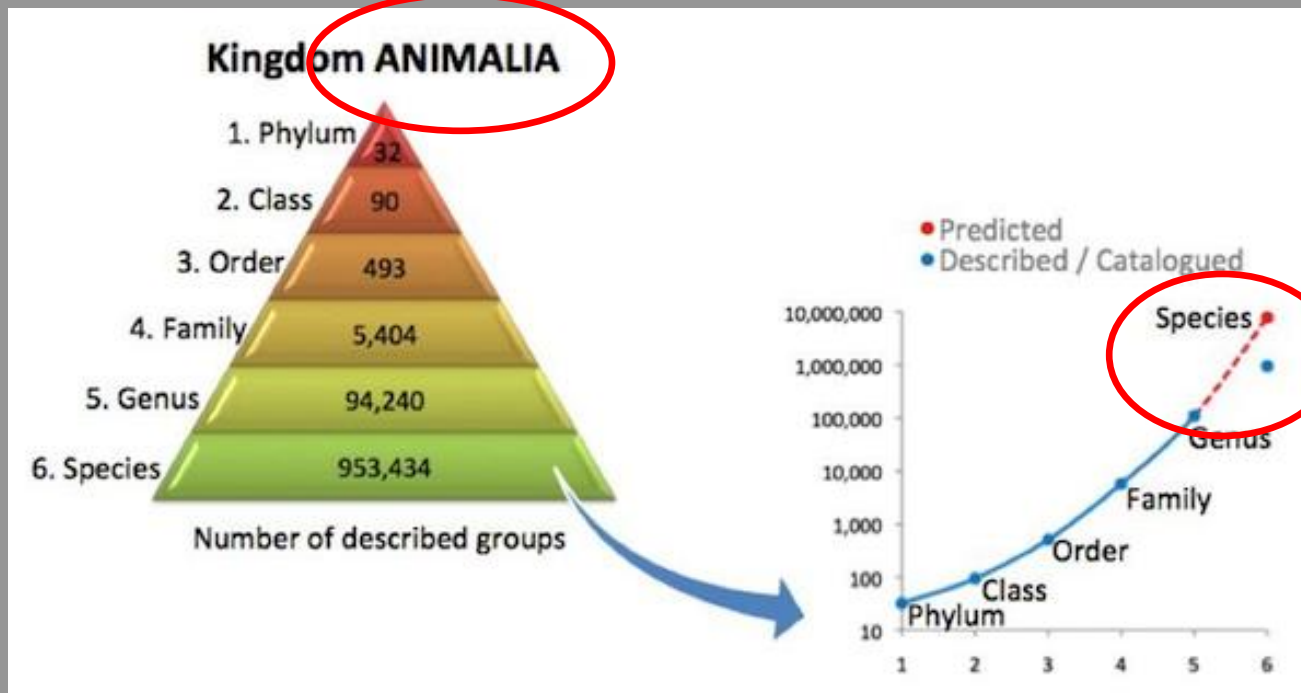
Extinção = processo natural → cada espécie tem um tempo de vida finito (em média 2-5 milhões de anos)

Estimativa do numero atual de espécies

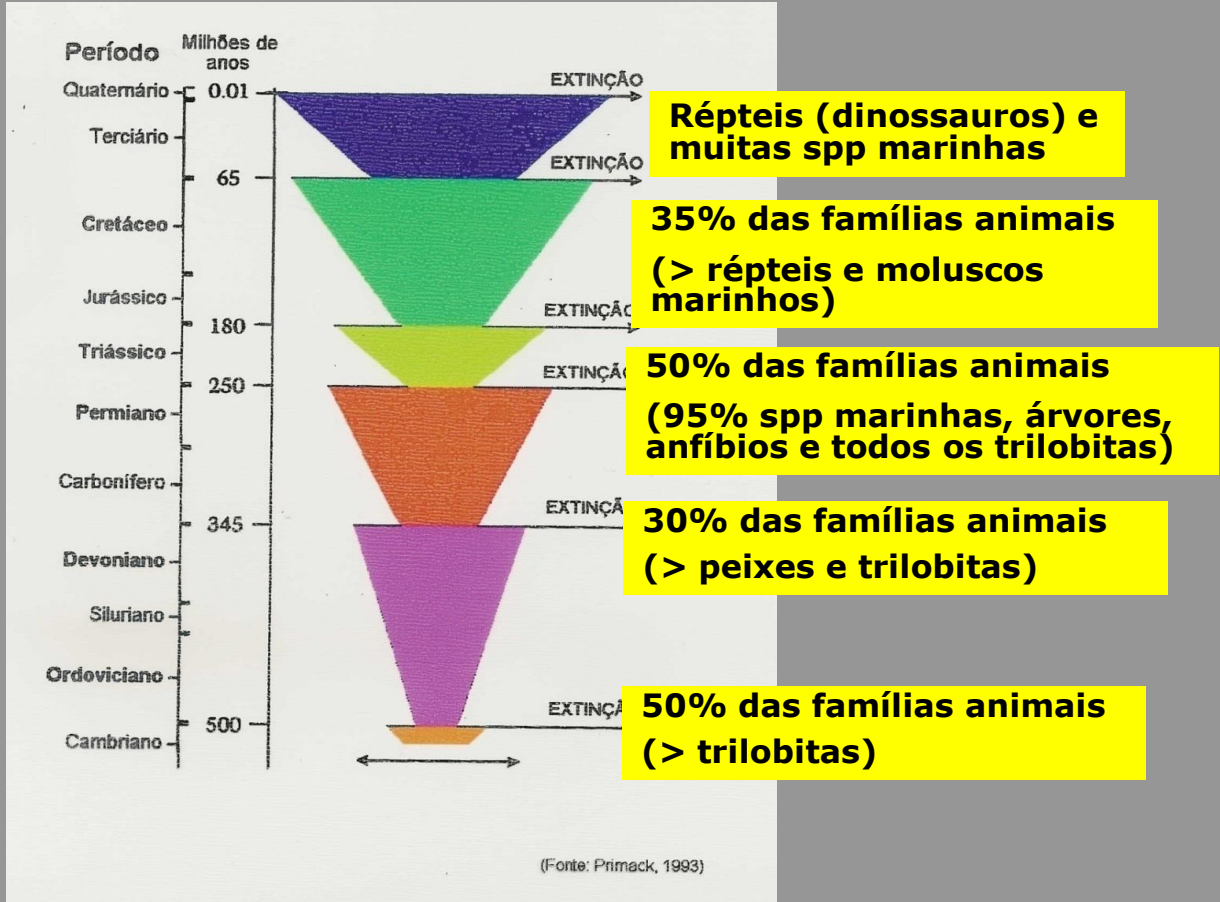
How many species on Earth? About 8.7 million, new estimate says

August 24, 2011 **Science News**

About 8.7 million (+-1.3 million) is the new, estimated total number of eukaryotic species on Earth - the most precise calculation ever offered - with 6.5 million species on land and 2.2 million in oceans... The number of species on Earth had been estimated previously at 3 million to 100 million. It means that a staggering 86% of land species and 91% of marine species remain undiscovered.



Ocorreram 5 extinções em massa na história da Terra:



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

Entramos 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^{1,2,3}, Nicholas Matzke¹, Susumu Tomiya^{1,2,3}, Guinevere O. U. Wogan^{1,3}, Brian Swartz^{1,2}, Tiago B. Quental^{1,2†}, Charles Marshall^{1,2}, Jenny L. McGuire^{1,2,3†}, Emily L. Lindsey^{1,2}, Kaitlin C. Maguire^{1,2}, Ben Mersey^{1,4} & Elizabeth A. Ferrer^{1,2}

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.

Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines

PNAS | Published online July 10, 2017

Gerardo Ceballos^{a,1}, Paul R. Ehrlich^{b,1}, and Rodolfo Dirzo^b

...Earth's sixth mass extinction is more severe than perceived when looking exclusively at species extinctions. That conclusion is based on analyses of ... 27,600 vertebrate species, and ...detailed analysis documenting the population extinctions between 1900 and 2015... **The rate of population loss in terrestrial vertebrates is extremely high—even in “species of low concern.”**... Earth is experiencing a huge episode of population declines and extirpations, which will have **negative cascading consequences on ecosystem functioning and services vital to sustaining civilization.**

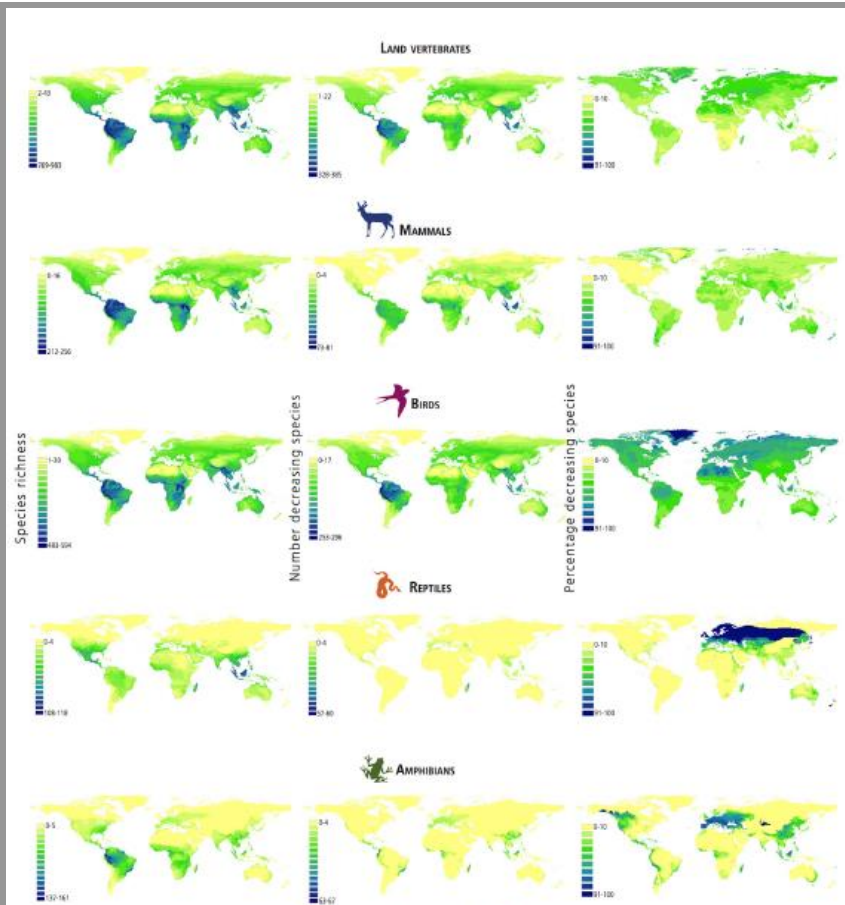


Fig. 2. Global distribution of terrestrial vertebrate species according to IUCN (28). (Left) Global distribution of species richness as indicated by number of species in each 10,000-km² quadrat. (Center) Absolute number of decreasing species per quadrat. (Right) Percentage of species that are suffering population losses in relation to total species richness per quadrat. The maps highlight that regions of known high species richness harbor large absolute numbers of species experiencing high levels of decline and population loss (particularly evident in the Amazon, the central African region, and south/southeast Asia), whereas the proportion of decreasing species per quadrat shows a strong high-latitude and Saharan Africa signal. In addition, there are several centers of population decline in

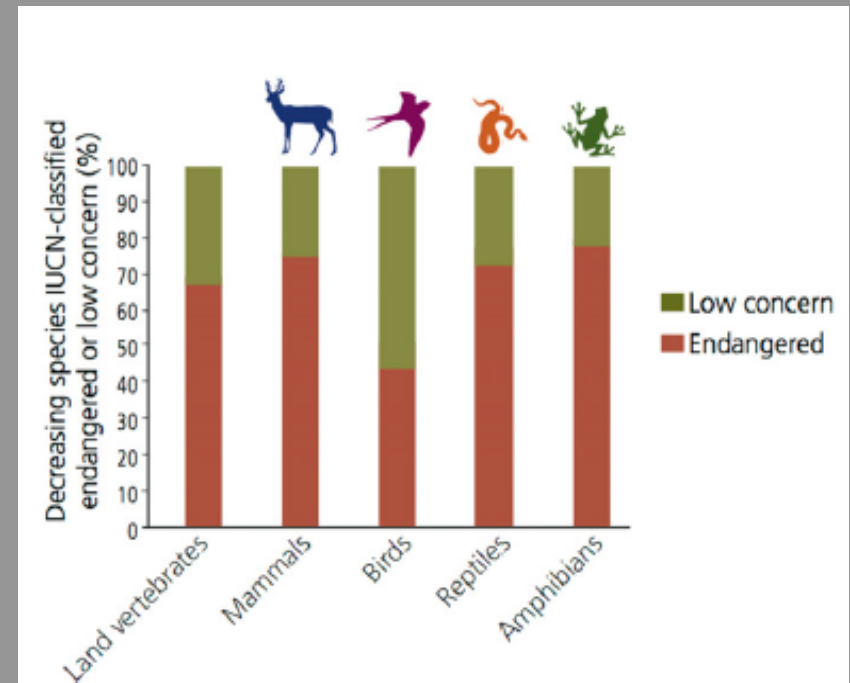
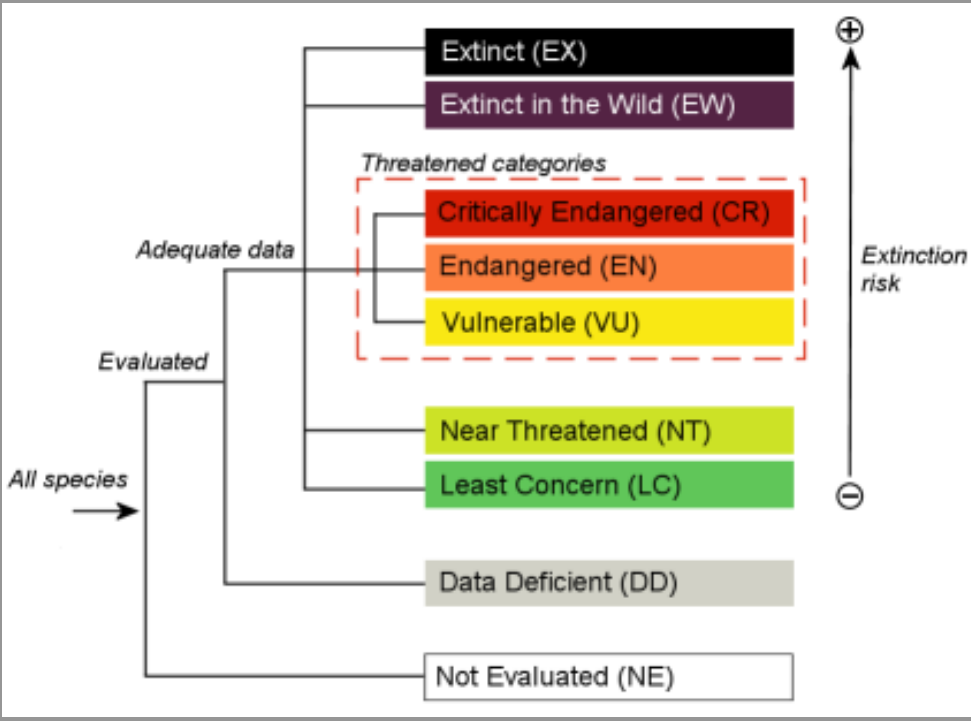


Fig. 4. The percentage of decreasing species classified by IUCN as “endangered” (including “critically endangered,” “endangered,” “vulnerable,” and “near-threatened”) or “low concern” (including “low concern” and “data-deficient”) in terrestrial vertebrates. This figure emphasizes that even species that have not yet been classified as endangered (roughly 30% in the case of all vertebrates) are declining. This situation is exacerbated in the case of birds, for which close to 55% of the decreasing species are still classified as “low concern.”

IUCN Redlist of Threatened Species

<https://www.iucnredlist.org/>



More than 28,000 species are threatened with extinction

That is 27% of all assessed species.

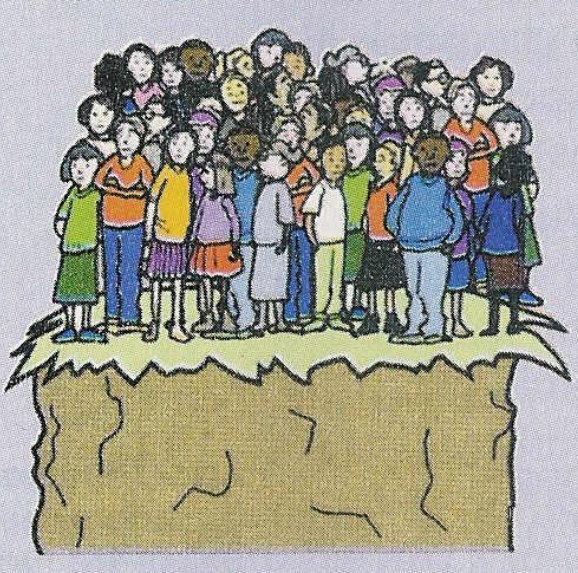
IUCN Redlist 2019

AMPHIBIANS 40% 	MAMMALS 25% 	CONIFERS 34% 	BIRDS 14% 	SHARKS & RAYS 30% 	REEF CORALS 33% 	SELECTED CRUSTACEANS 27%
------------------------------	---------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------------	-------------------------------	--

Take action Help us make The IUCN Red List a more complete barometer of life.

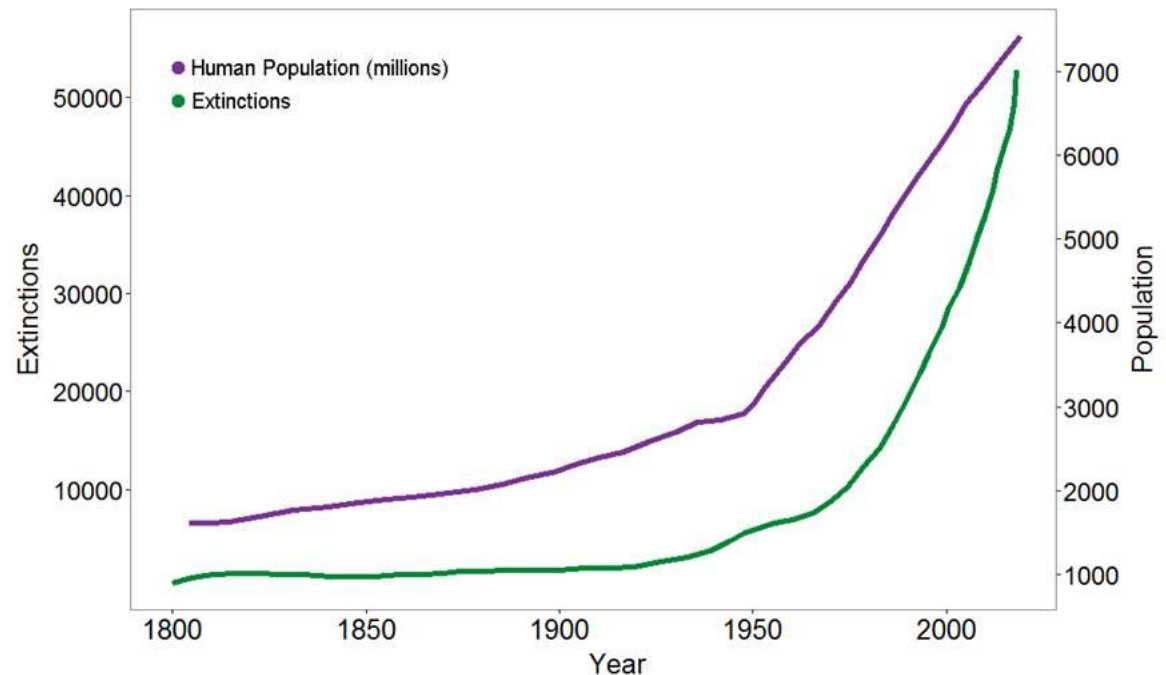
feedback

Extinções atuais: Crescimento humano X extinção de espécies



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

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.

Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services VERSION 6 May 2019

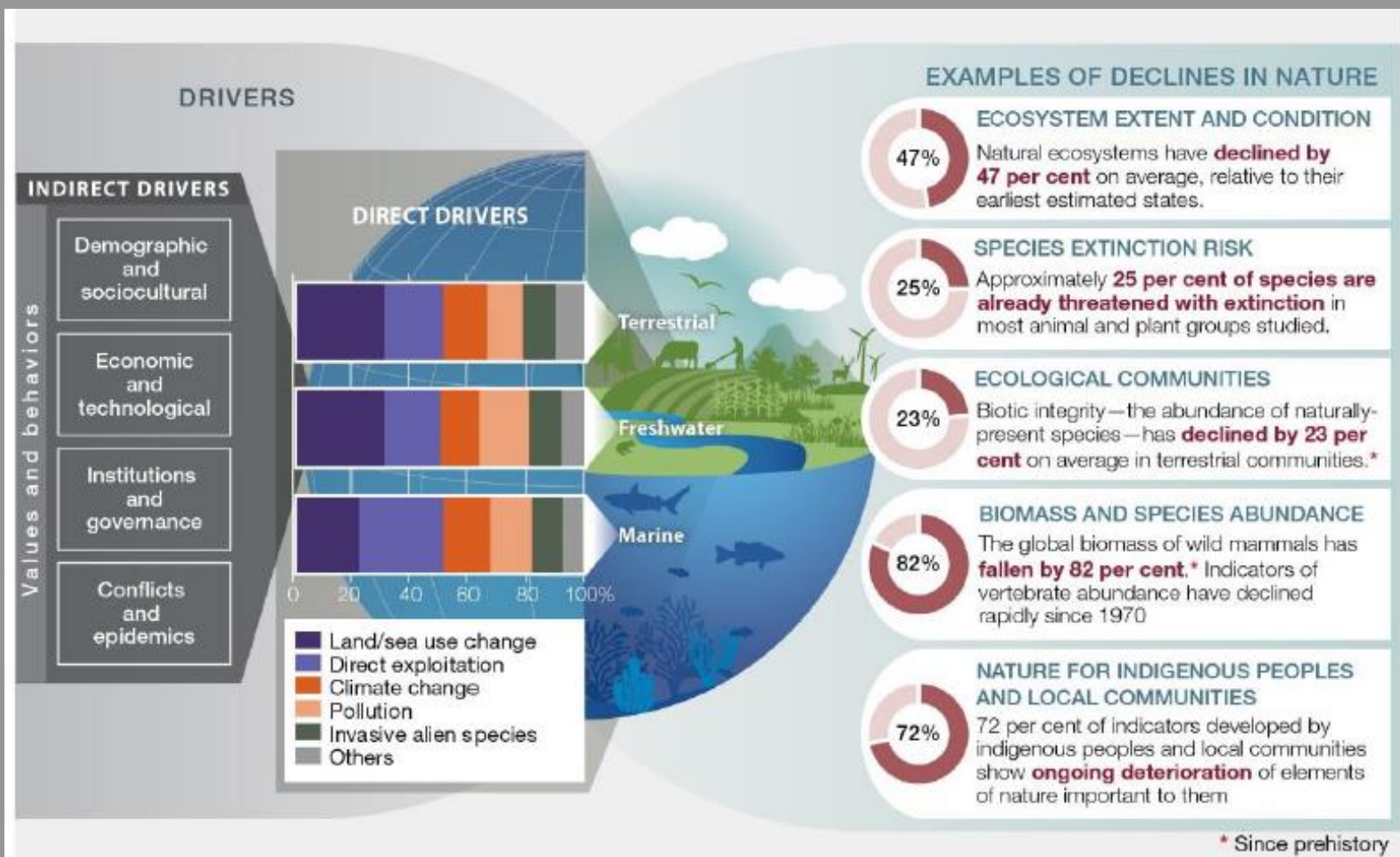
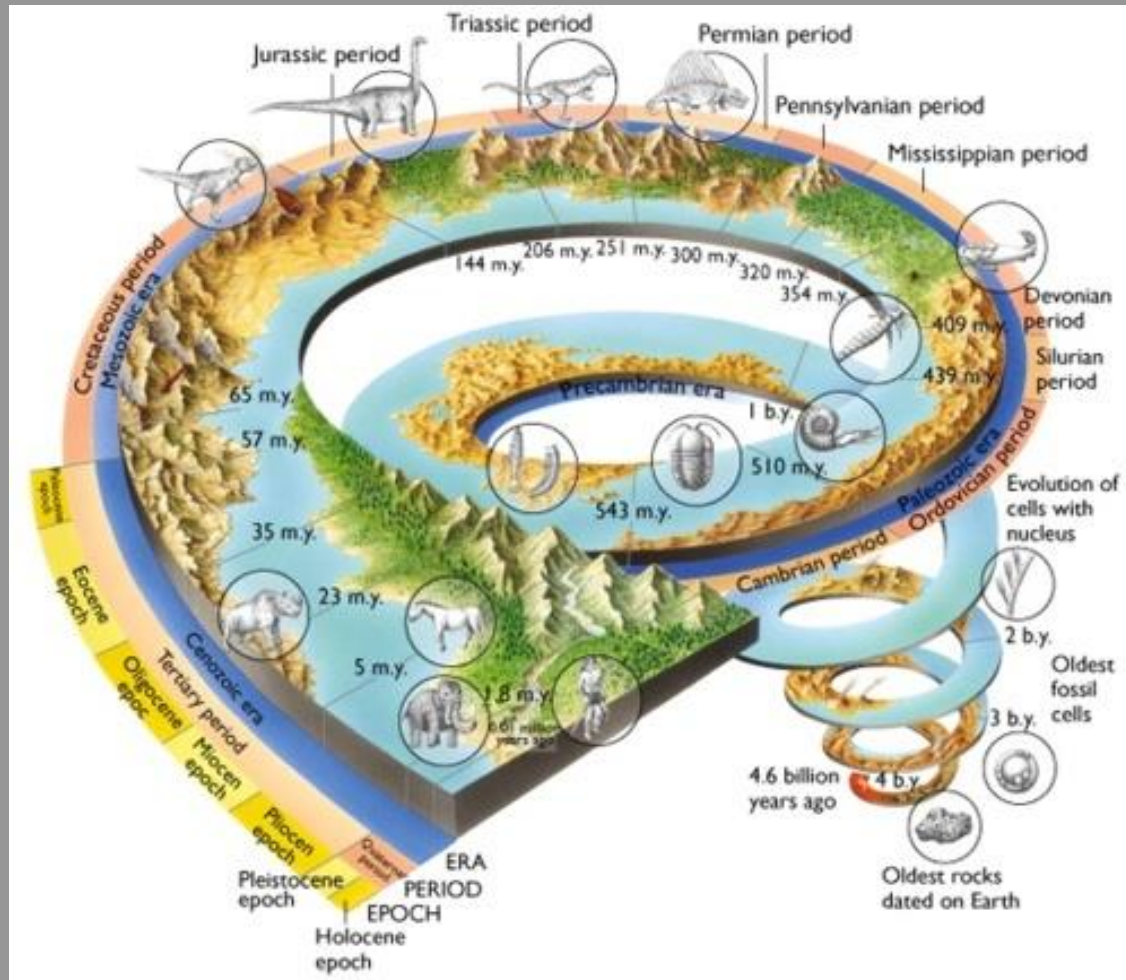


Figure 2. Examples of global declines in nature, emphasizing declines in biodiversity, that have been and are being caused by direct and indirect drivers of change. The direct drivers (land/sea use change; direct exploitation of organisms; climate change; pollution; and invasive alien species)⁵ result from an array of underlying societal causes⁶. These causes can be demographic (e.g. human population dynamics), sociocultural (e.g. consumption patterns), economic (e.g. trade), technological or relating to institutions, governance, conflicts and epidemics; these are called indirect drivers⁷, and are underpinned by societal values and behaviors.

Anthropocene: The Human Epoch



Defining the Anthropocene

Simon L. Lewis^{1,2} & Mark A. Maslin¹

Nature 2015

Table 1 | Potential start dates for a formal Anthropocene Epoch

Event	Date	Geographical extent	Primary stratigraphic marker	Potential GSSP date*	Potential auxiliary stratotypes
Megafauna extinction	50,000–10,000 yr BP	Near-global	Fossil megafauna	None, diachronous over ~40,000 yr	Charcoal in lacustrine deposits
Origin of farming	~11,000 yr BP	Southwest Asia, becoming global	Fossil pollen or phytoliths	None, diachronous over ~5,000 yr	Fossil crop pollen, phytoliths, charcoal
Extensive farming	~8,000 yr BP to present	Eurasian event, global impact	CO ₂ inflection in glacier ice	None, inflection too diffuse	Fossil crop pollen, phytoliths, charcoal, ceramic minerals
Rice production	6,500 yr BP to present	Southeast Asian event, global impact	CH ₄ inflection in glacier ice	5,020 yr BP CH ₄ minima	Stone axes, fossil domesticated ruminant remains
Anthropogenic soils	~3,000–500 yr BP	Local event, local impact, but widespread	Dark high organic matter soil	None, diachronous, not well preserved	Fossil crop pollen
New–Old World collision	1492–1800	Eurasian–Americas event, global impact	Low point of CO ₂ in glacier ice	1610 CO ₂ minima	Fossil pollen, phytoliths, charcoal, CH ₄ , speleothem δ ¹⁸ O, tephra†
Industrial Revolution	1760 to present	Northwest Europe event, local impact, becoming global	Fly ash from coal burning	~1900 (ref. 94); diachronous over ~200 yr	¹⁴ N: ¹⁵ N ratio and diatom composition in lake sediments
Nuclear weapon detonation	1945 to present	Local events, global impact	Radionuclides (¹⁴ C) in tree-rings	1964 ¹⁴ C peak§	²⁴⁰ Pu: ²³⁹ Pu ratio, compounds from cement, plastic, lead and other metals
Persistent industrial chemicals	~1950 to present	Local events, global impact	For example, SF ₆ peak in glacier ice	Peaks often very recent so difficult to accurately date§	Compounds from cement, plastic, lead and other metals

Taxas atuais de extinção muito aceleradas devido a ações humanas

Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction

Gerardo Ceballos,^{1*} Paul R. Ehrlich,² Anthony D. Barnosky,³ Andrés García,⁴
Robert M. Pringle,⁵ Todd M. Palmer⁶ Sci. Adv. 2015;1:e1400253 19 June 2015

Taxas atuais de extinção muito aceleradas devido a ações humanas

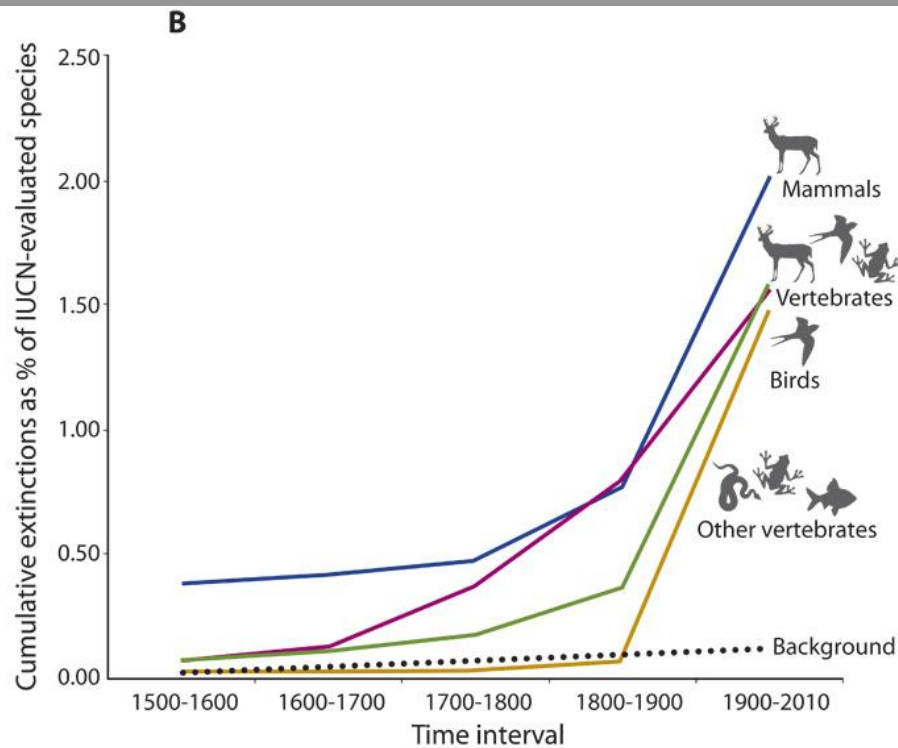
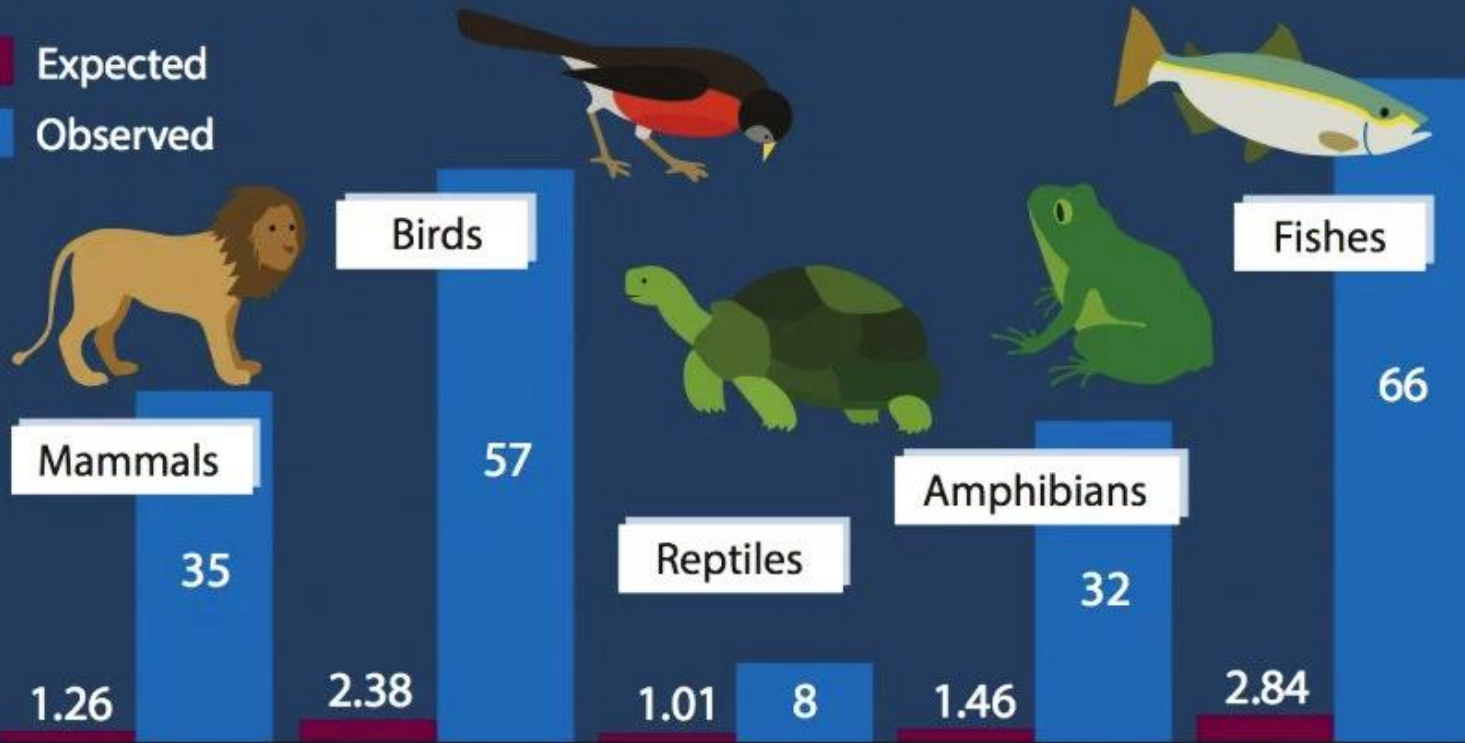


Fig. 1 Cumulative vertebrate species recorded as extinct or extinct in the wild by the IUCN (2012).

Expected vs. observed numbers of extinctions since 1900

Expected
Observed



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

HELEN CHEN / DAILY CAL STAFF

Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction

Gerardo Ceballos,^{1*} Paul R. Ehrlich,² Anthony D. Barnosky,³ Andrés García,⁴
Robert M. Pringle,⁵ Todd M. Palmer⁶ Sci. Adv. 2015;1:e1400253 19 June 2015

Taxas atuais de extinção muito aceleradas devido a ações humanas

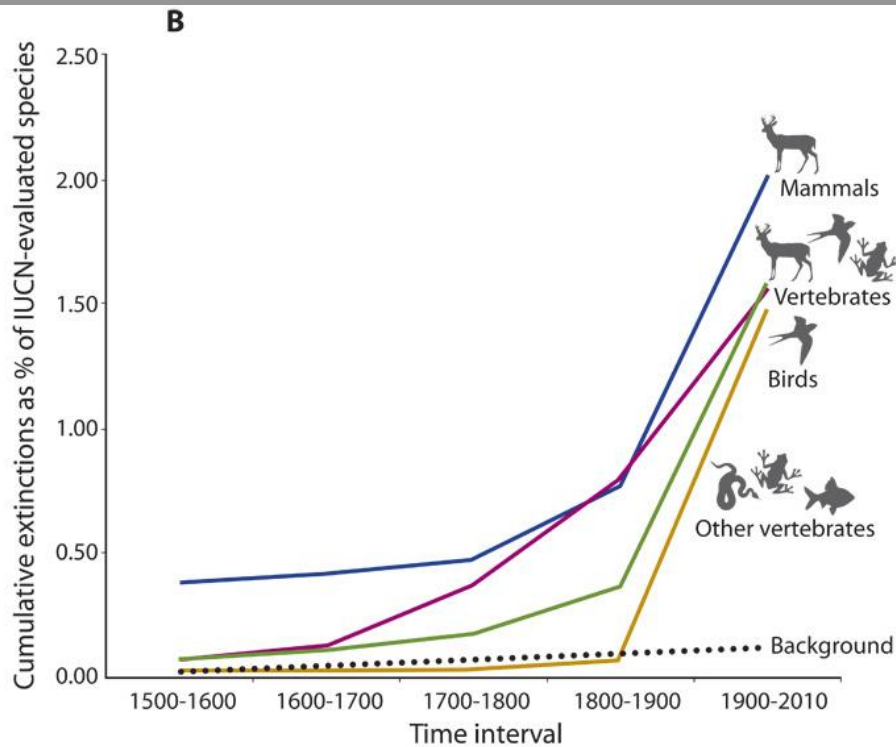


Fig. 1 Cumulative vertebrate species recorded as extinct or extinct in the wild by the IUCN (2012).

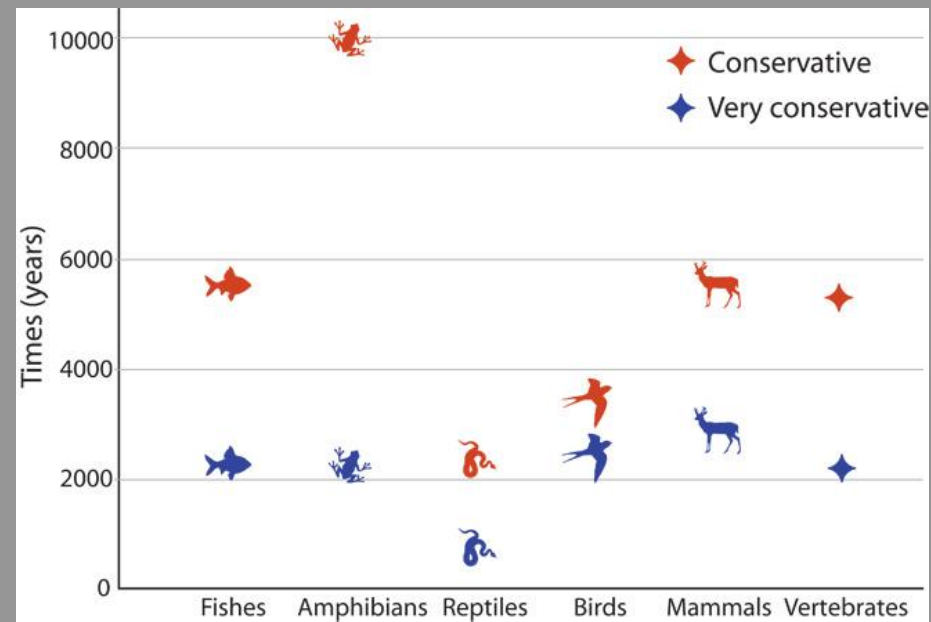


Fig. 2 Number of years that would have been required for the observed vertebrate species extinctions in the last 114 years to occur under a background rate of 2 E/MSY.



Plataforma Brasileira sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES):

Pesquisadores brasileiros elaboram o primeiro diagnóstico nacional para acelerar a transição para a sustentabilidade

Tabela 3.2. Porcentagem de espécies da fauna e da flora consideradas ameaçadas de extinção no Brasil, de acordo com as categorias.

Categoria de Ameaça	Fauna	Flora
Em Perigo (EN)	38%	54%
Criticamente em Perigo (CR)	27%	22%
Vulnerável (VU)	38%	24%

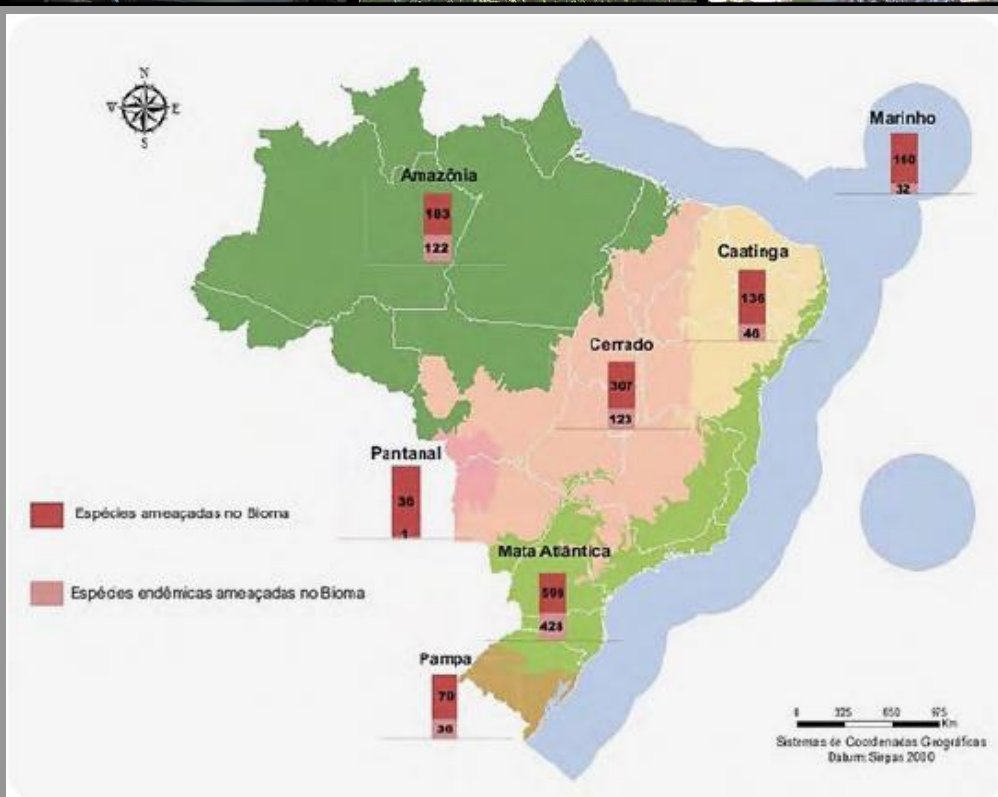


Figura 3.35. Número de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção em cada bioma e número de espécies endêmicas ameaçadas (66% das espécies ameaçadas na Amazônia são endêmicas; 33% na Caatinga, 40% no Cerrado; 71% na Mata Atlântica; 45% no Pampa; 3% no Pantanal e 20% das espécies ameaçadas no Bioma Marinho também são endêmicas). O número total de espécies ameaçadas por bioma extrapola as 1.173 espécies consideradas ameaçadas devido à sobreposição daquelas espécies que não são endêmicas e por isso ocorrem em mais de um bioma (ICMBio 2016)

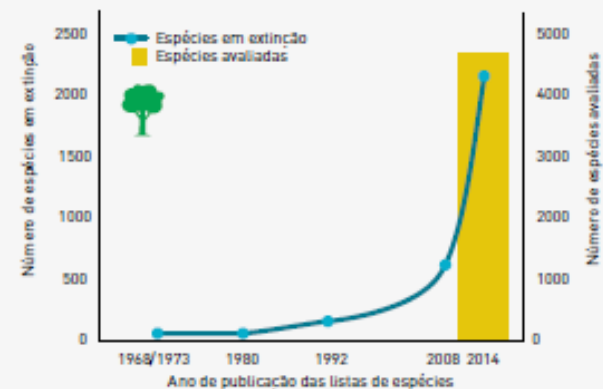
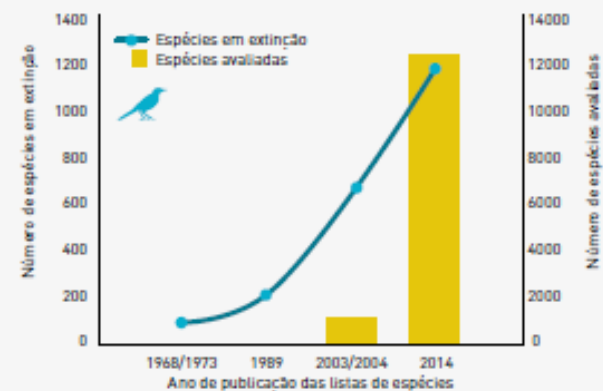
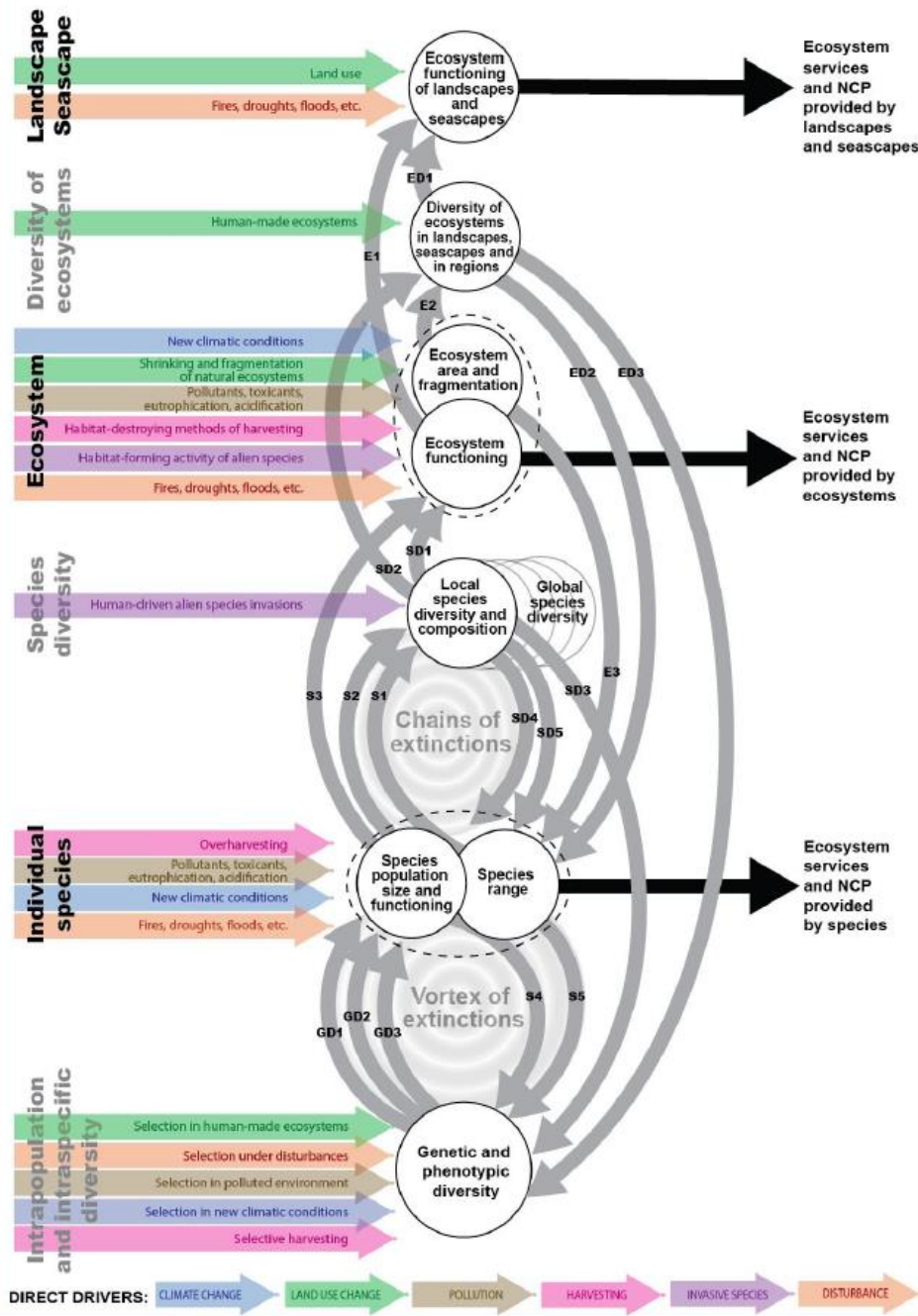


Figura 3.34. Panorama temporal das listas de espécies da flora e da fauna do Brasil ameaçadas de extinção em relação ao ano de publicação, número de espécies incluídas (linha) e avaliadas em cada lista (barras). Embora o número de espécies avaliadas da flora seja elevado, este corresponde apenas aproximadamente a 10% do total da riqueza brasileira (ICMBio 2016; Martinelli & Moraes 2013; Machado et al. 2008).

Efeitos em todos os níveis



Box 4.2.1: The main interrelations and feedbacks between hierarchical levels that are important for the future of biodiversity

Direct drivers of global change affect all levels of biodiversity, either directly (coloured arrows) or indirectly through feedbacks (grey arrows). Even one-way interactions are important for biodiversity response, while self-reinforcing feedbacks can potentially significantly increase expected negative effects of global change drivers (for details, see Appendix 2).

Effects of changes in genetic and phenotypic diversity

GD1 – adaptation of populations to new conditions through standing genetic and phenotypic variations

GD2 – adaptation of populations due to phenotypic plasticity

GD3 – adaptive evolution, "evolutionary rescue" of populations and species

Effects of changes in functioning, population size and range of individual species

S1 – changes in local species composition due to alteration of species range (shift, change in area, fragmentation)

S2 – changes in local species composition due to local species extinctions and alteration of species abundance and functioning (including changes in phenology)

S3 – changes in ecosystem structure and functioning due to changes in key species abundance and functioning

S4 – changes in genetic diversity due to changes in population size

S5 – changes in genetic diversity due of alteration in species range (shift, change in area, fragmentation) and dispersal ability

Effects of changes in local species diversity, species composition and interspecific relations

SD1 – weakening and destabilization of ecosystem functioning due to loss of local species diversity

SD2 – biotic homogenization as a result of species shift, local species extinctions and invasions

SD3 – changes in selection pressure because of alteration of species composition and interspecific relations (including effects of alien species invasions)

SD4 – species extinctions as a result of cascading effects of alteration of species composition

SD5 – impact of alteration of species composition on species capacity to track climate change

Effects of changes in structure and functioning of ecosystems

E1 – the contribution of individual ecosystems to the total landscape/seascape ecosystem functioning

E2 – disappearance of the most vulnerable ecosystems in landscapes/seascapes and regions

E3 – reduction of species population size, reduction and fragmentation of species' ranges and disruption of population structure because of habitat loss and fragmentation

Effects of changes in diversity of ecosystems, heterogeneity of landscapes and seascapes

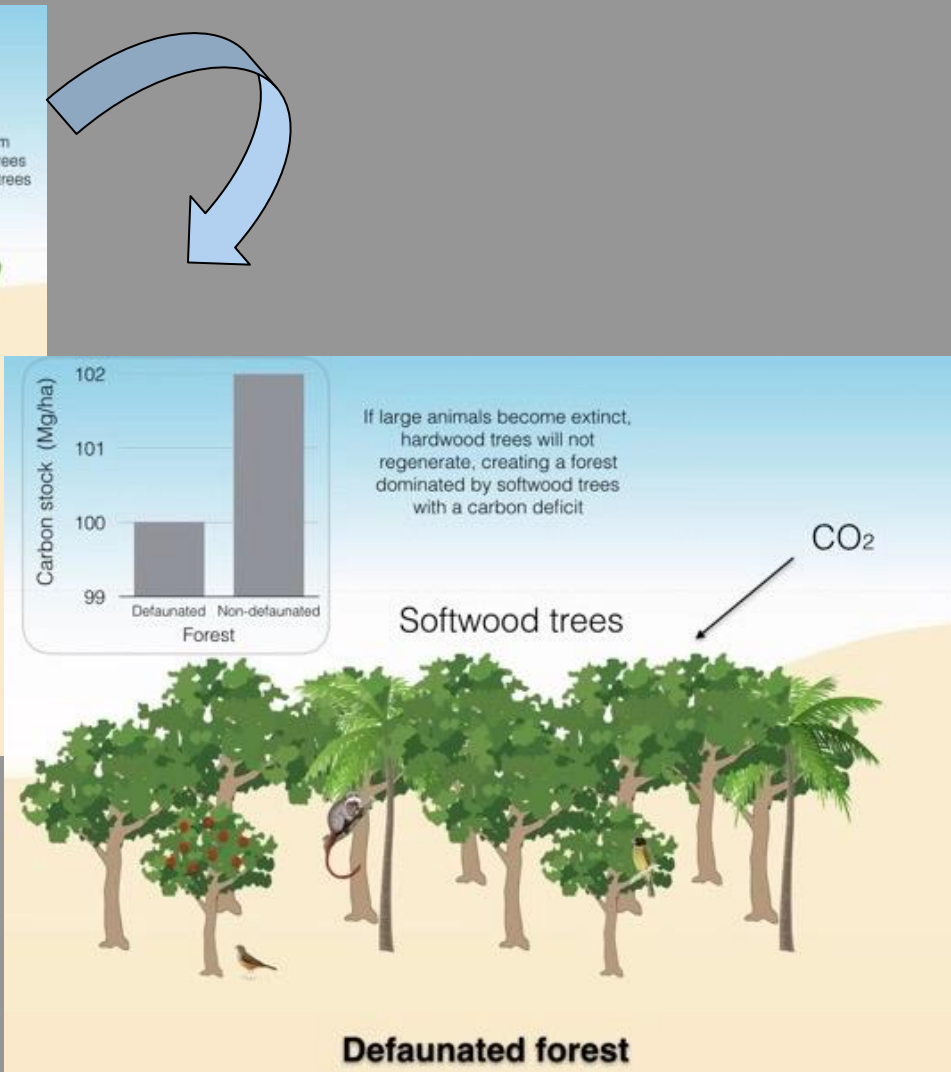
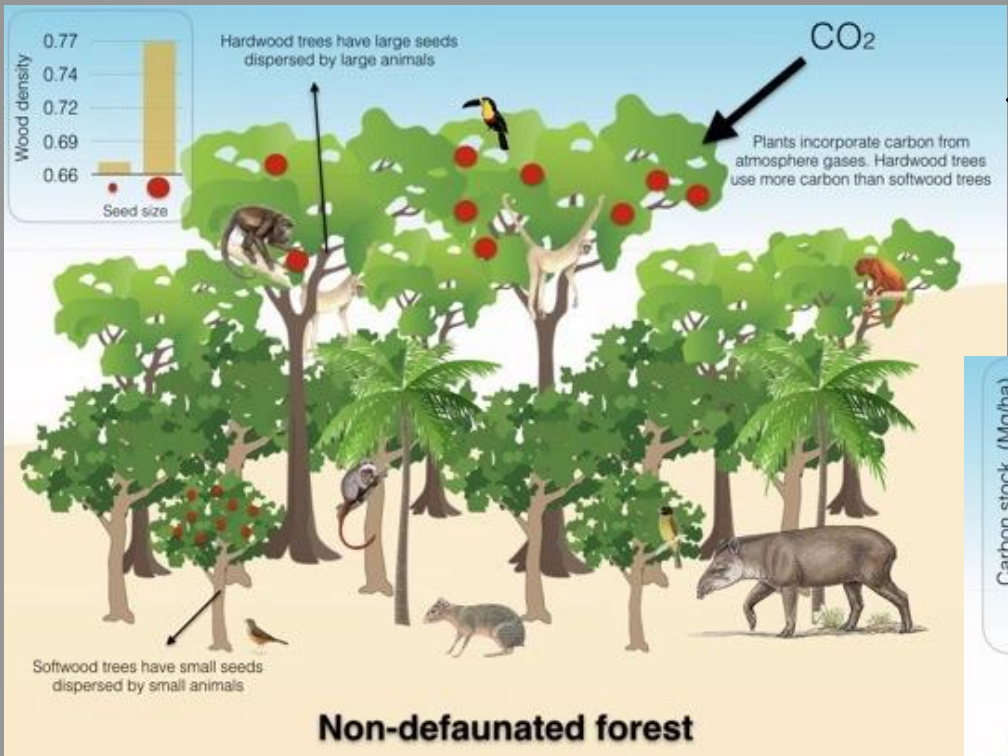
ED1 – weakening and destabilization of the total landscape/seascape functioning because of loss of ecosystem/habitat diversity

ED2 – influence of landscape heterogeneity on local species persistence

ED3 – influence of landscape heterogeneity on genetic diversity and evolution

Extinções afetam funções e serviços ecossistêmicos

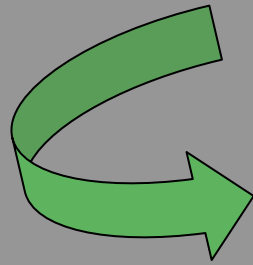
Bello C., Galetti M., Pizo M.A., Magnago L.F.S., Ferreira Rocha M., Lima R.A.F., Peres C.A., Ovaskainen O., and Jordano P. 2015. Defaunation affects carbon storage in tropical forests. Science Advances.



REFLEXÃO: O que fazemos?

Como fazemos?

Dá para voltar atrás?



desextinção??

filmes:

http://www.ted.com/talks/stewart_brand_the_dawn_of_de_extinction_are_you_ready.html (18'24'')

https://www.youtube.com/watch?v=Pkc_WodJxsk (5'40'')