



# **Diversidade**

Ana Silvia Andreu da Fonseca

Christian Ricardo Ribeiro

Vitor Vieira Vasconcelos

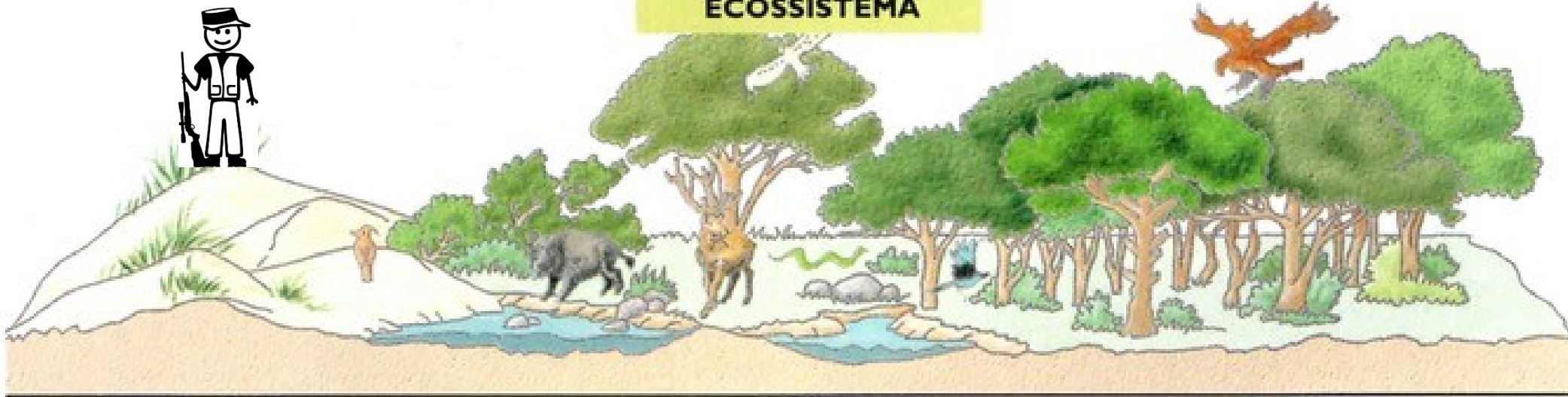
Universidade Federal do ABC  
São Bernardo do campo-SP  
Fevereiro de 2024

# Conteúdo

- Diversidade de sistemas
- Métricas de diversidade
- Biodiversidade
  - Riqueza, equabilidade, diversidade
  - Diversidade filogenética
  - Diversidade funcional
  - Diversidade alfa, beta e gama

O que vocês aprenderam  
sobre Biodiversidade na  
disciplina de  
**“Biodiversidade:  
interações entre  
organismos e ambiente?”**

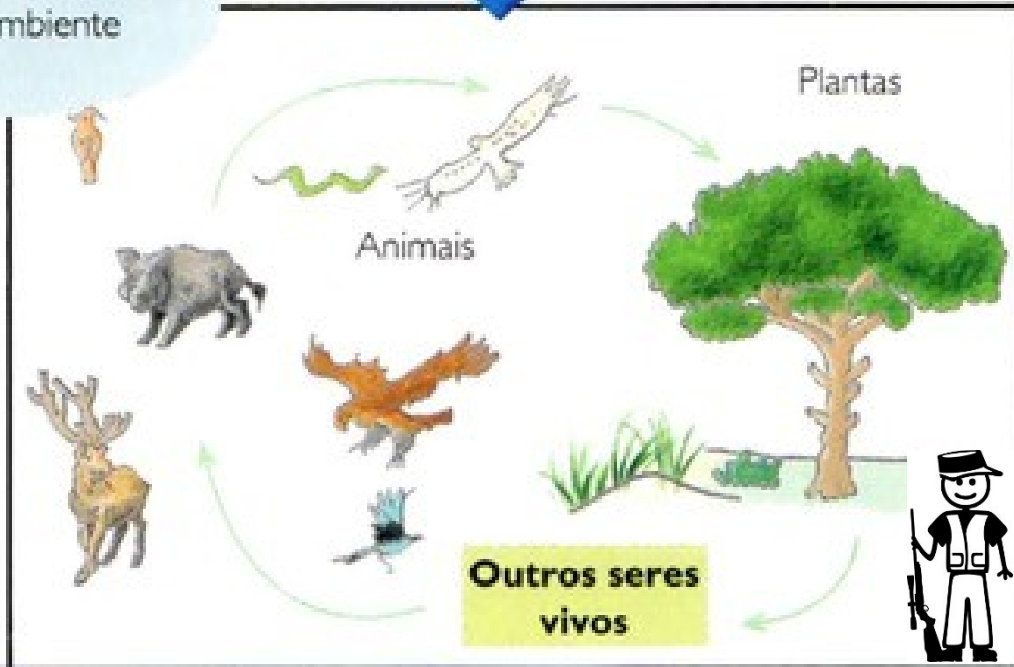
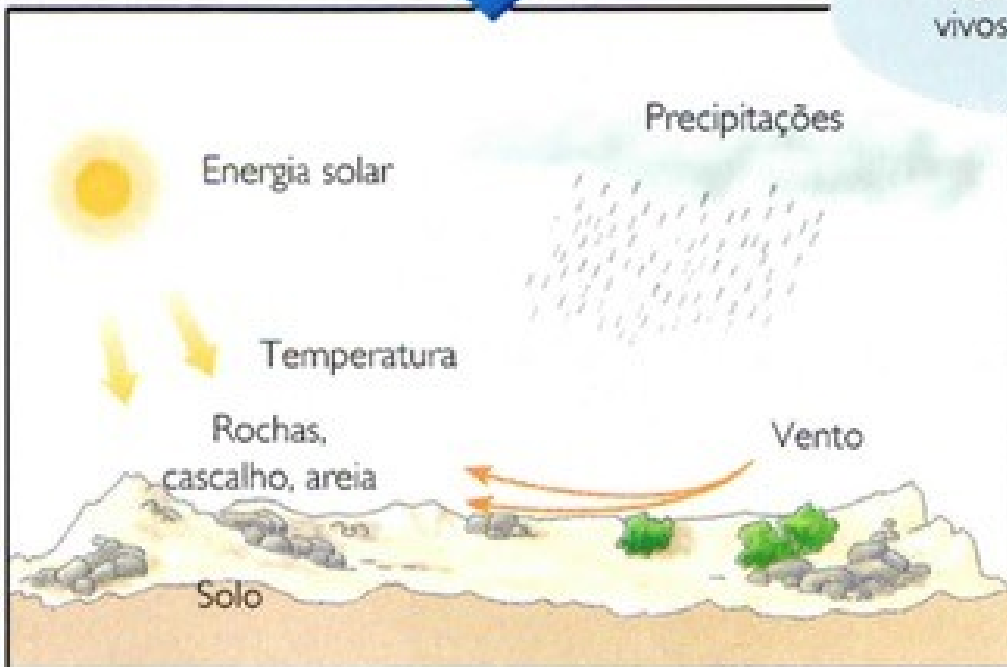
# ECOSSISTEMA



## BIÓTOPO

## COMUNIDADE

Relações entre seres vivos e ambiente



Geodiversidade

Biodiversidade

# Extensão da diversidade

Áreas nativas

Áreas agropecuárias

Áreas urbanas

Ecosistemas → Diversidade biológica

Agroecossistemas

Ecosistemas  
Urbanos

Geodiversidade

## E a sociodiversidade?

Petrișor, A. I. (2012). Comparative critical analysis of the systemic approach to the organization of the environment from the perspective of ecology, geography and spatial. *Geopolitics, History, and International Relations*, 4(2), 289-303.

# Porque a diversidade é importante?

- Recursos para sobrevivência de seres humanos e demais seres vivos
  - Alimentos
  - Recursos naturais
  - Saúde
  - Conhecimento
- Riqueza da experiência do mundo
- Valor intrínseco de cada ser vivo

# Primeira etapa de um diagnóstico territorial

- Inventário
  - Que elementos nós temos em um território?
  - Quais são os processos (ligações) entre esses elementos?
- Quão complexo (diverso) é esse sistema?

# Biodiversidade

- Já foram identificadas 1,75 milhões de espécies
- Estima-se que o planeta tenha em torno de 11 milhões de espécies

Larsen, Brendan B.; Miller, Elizabeth C.; Rhodes, Matthew K.; Wiens, John J. (September 2017). "Inordinate Fondness Multiplied and Redistributed: the Number of Species on Earth and the New Pie of Life". *The Quarterly Review of Biology*. 92 (3): 229–265.  
doi:10.1086/693564. ISSN 0033-5770



# Diversidade

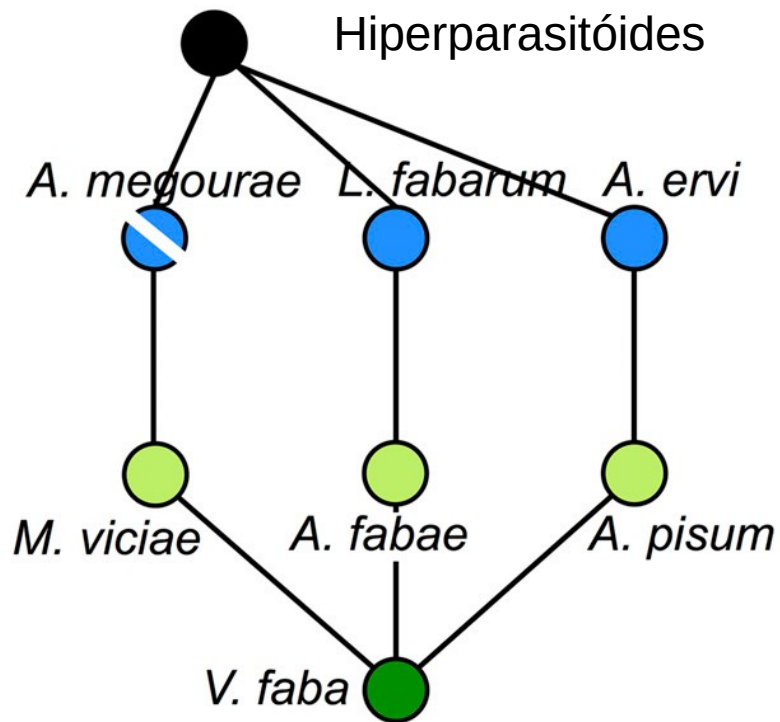
- Ecossistemas mais diversos teriam maior **redundância funcional**, sendo mais estáveis frente a impactos
  - Menos vulneráveis a impactos
  - Mais resilientes – recuperação após impactos
  - Melhor adaptação a novos ambientes

**Elementos diferentes, mas que podem realizar os mesmos processos**

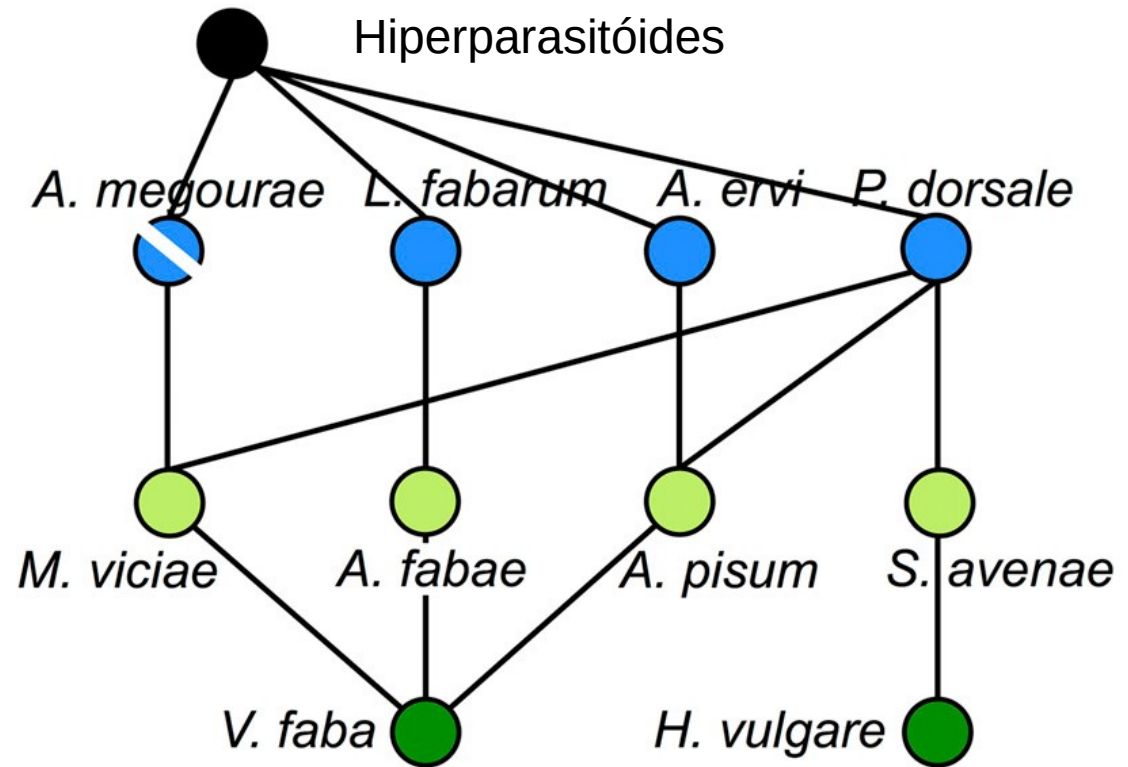
BERKES, Fikret; COLDING, Johan; FOLKE, Carl (Ed.). **Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change**. Cambridge university press, p. 83-114, 2003.

NORBERG, Jon et al. Diversity and resilience of social-ecological systems. In: NORBERG, Jon; CUMMING, Graeme. **Complexity theory for a sustainable future**. Columbia University Press, p. 46-80, 2008.

# Sistema sem redundância



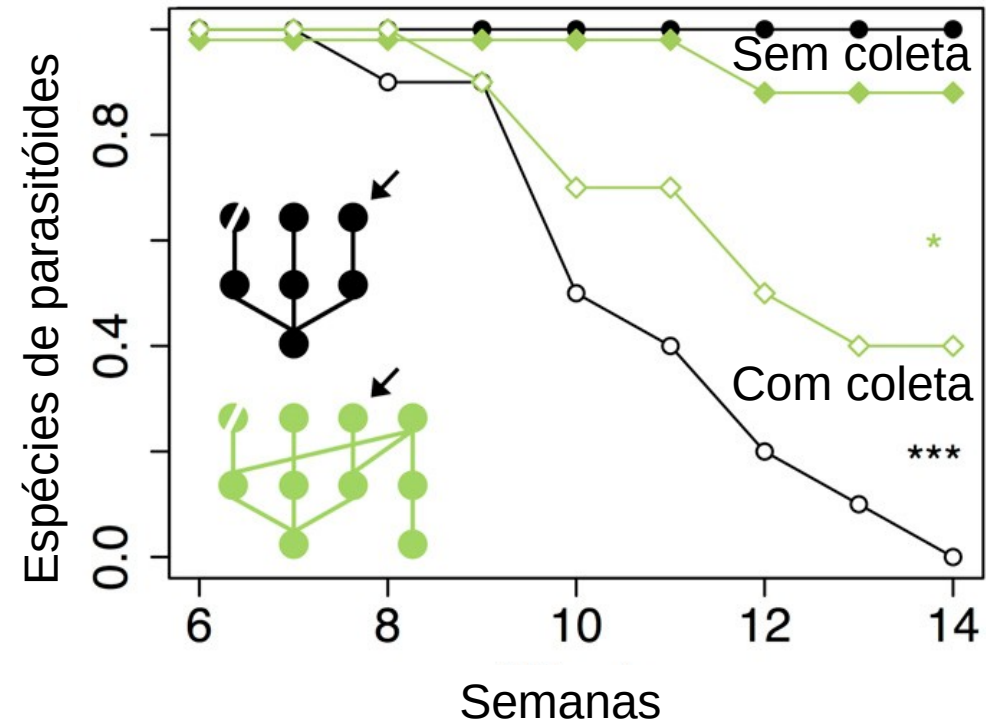
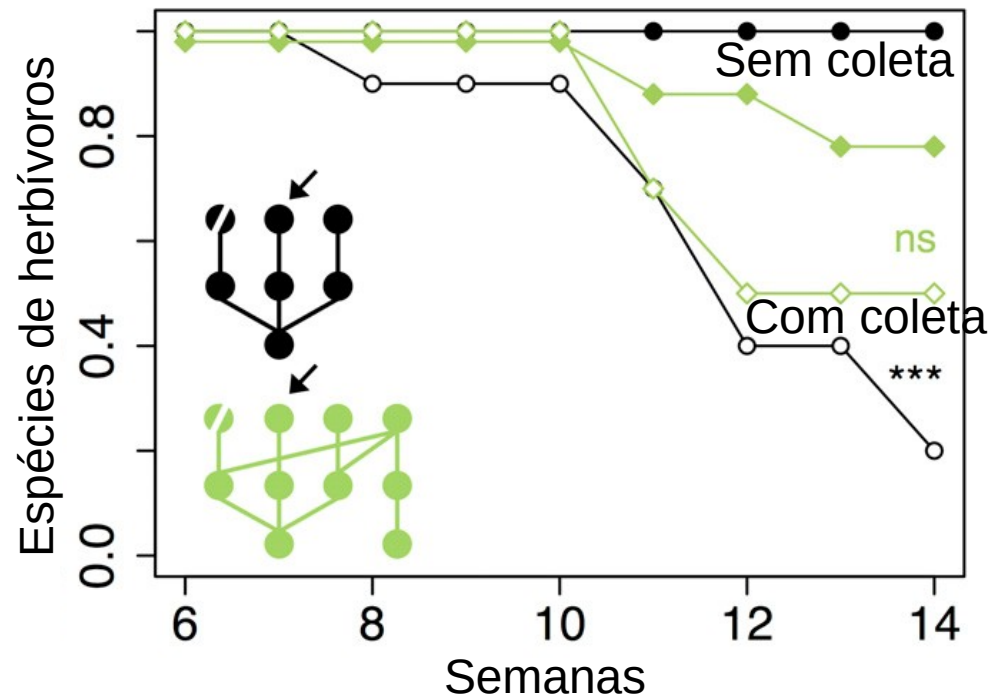
# Sistema com redundância



SANDERS, Dirk et al. Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 115, n. 10, p. 2419-2424, 2018.

# Herbívoros

# Parasitóides (alimentam-se de herbívoros)



SANDERS, Dirk et al. Trophic redundancy reduces vulnerability to extinction cascades. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 115, n. 10, p. 2419-2424, 2018.

# Diversidade

- Agricultura
  - Áreas com maior diversidade tem menor expansão de pragas e têm mais polinizadores
- Geossistemas
  - Sistemas complexos podem prover recursos naturais alternativos caso algum falte
- Sociedade
  - Diversidade de perspectivas e conhecimentos auxilia no diálogo para lidar com impactos e mudanças

Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274.

GURR, Geoff M.; WRATTEN, Stephen D.; SNYDER, William E. (Ed.). **Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management**. John Wiley & Sons, 2012.

NICHOLLS, Clara I.; ALTIERI, Miguel A. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. **Agronomy for Sustainable development**, v. 33, p. 257-274, 2013.

NORBERG, Jon et al. Diversity and resilience of social-ecological systems. In: NORBERG, Jon; CUMMING, Graeme. **Complexity theory for a sustainable future**. Columbia University Press, p. 46-80, 2008.

Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

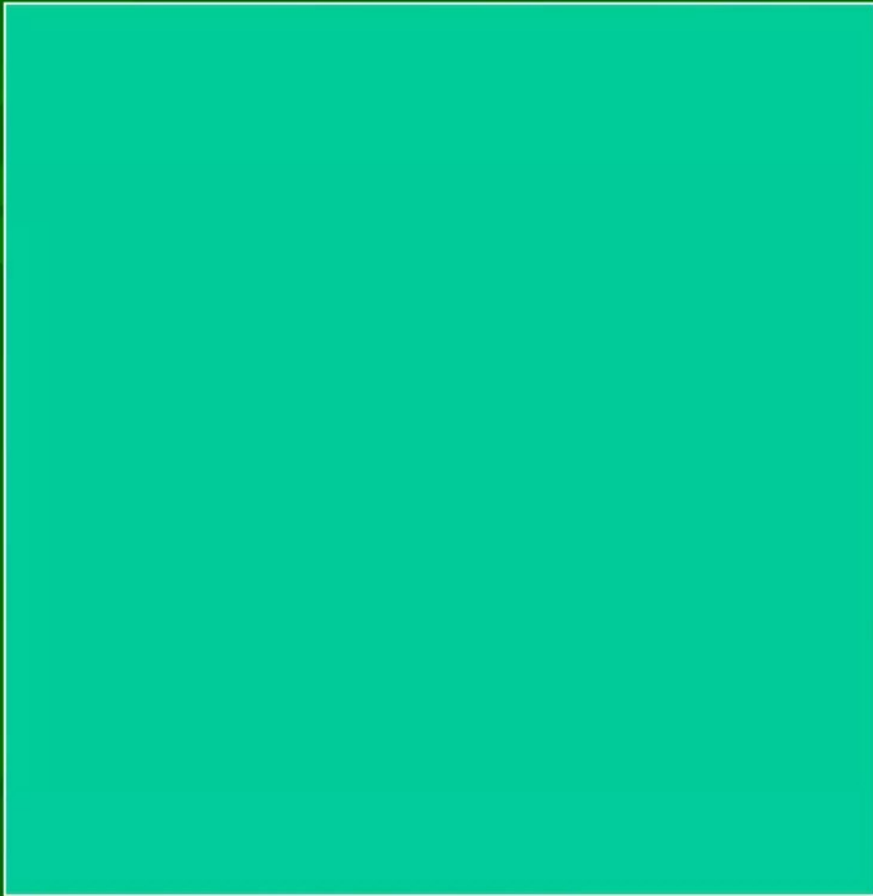




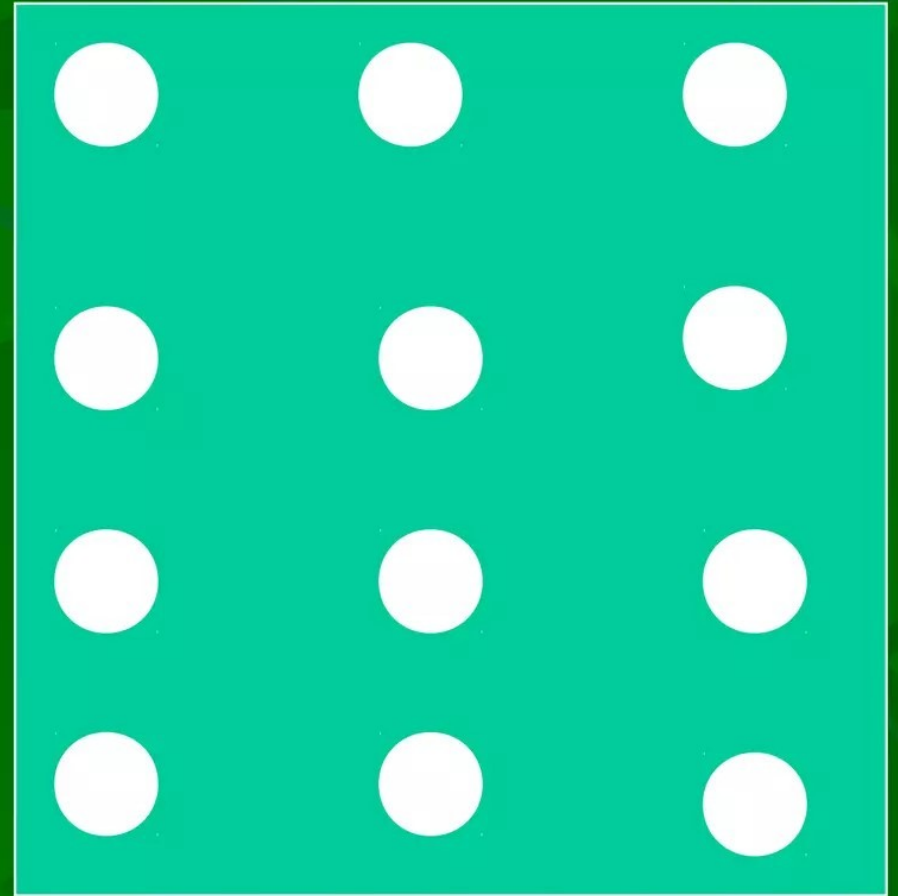
# Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

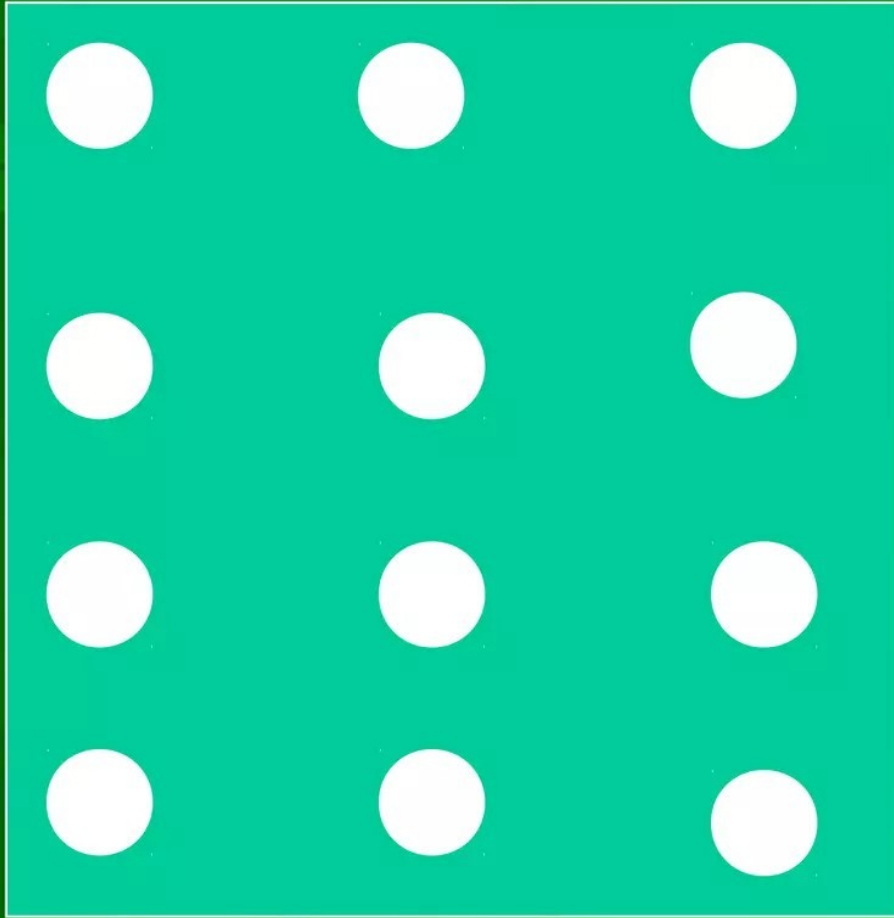


A

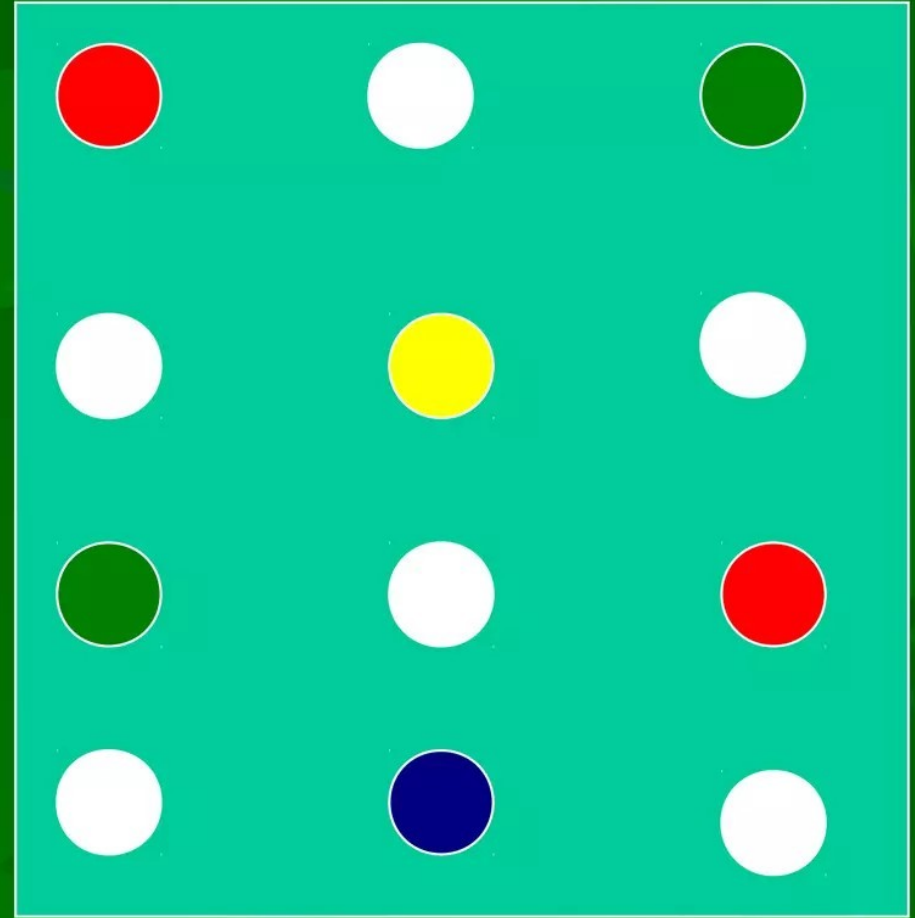


B

# Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



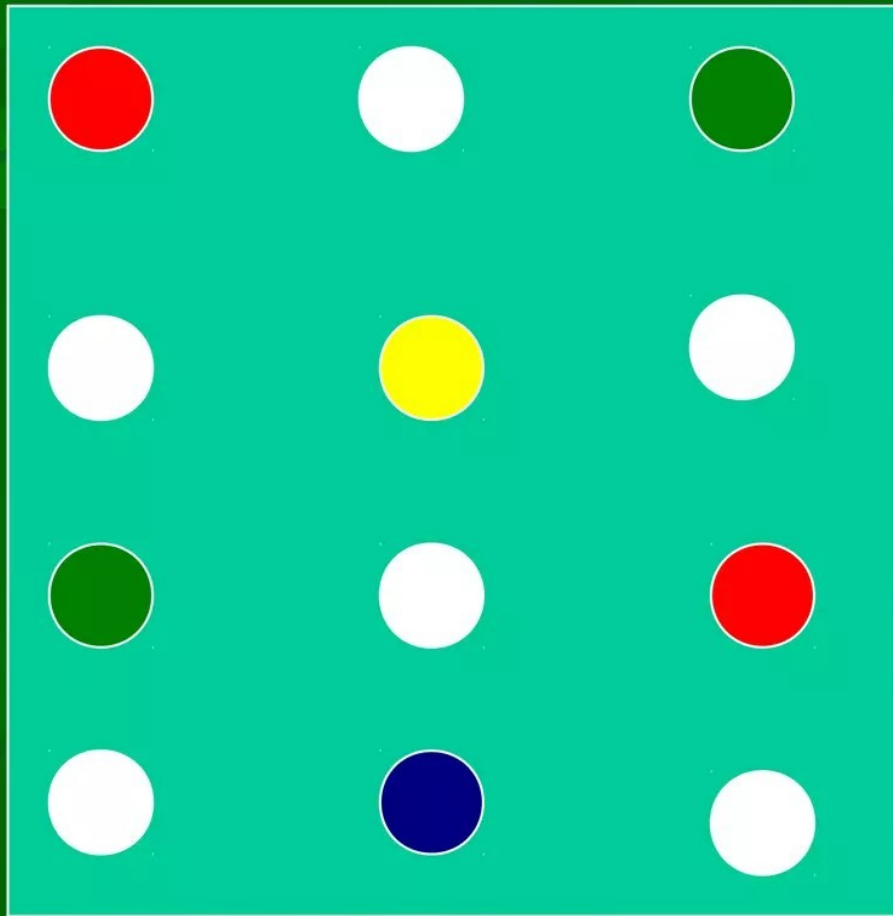
A



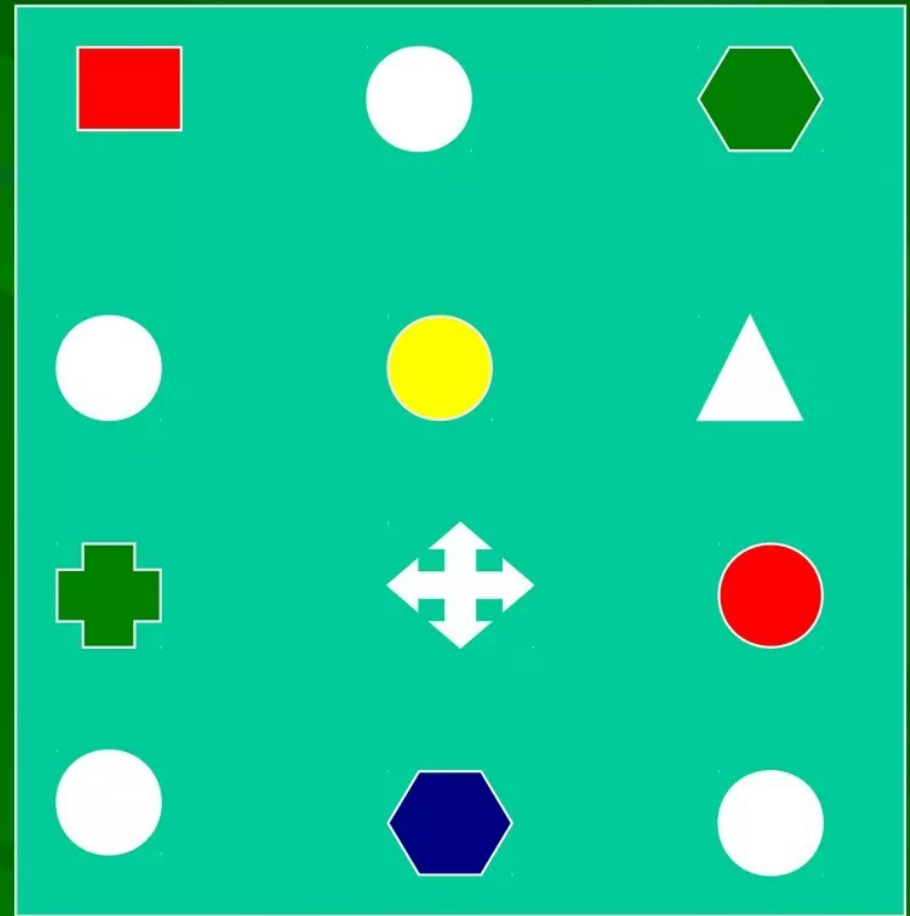
B



# Qual dessas paisagens possui maior diversidade?

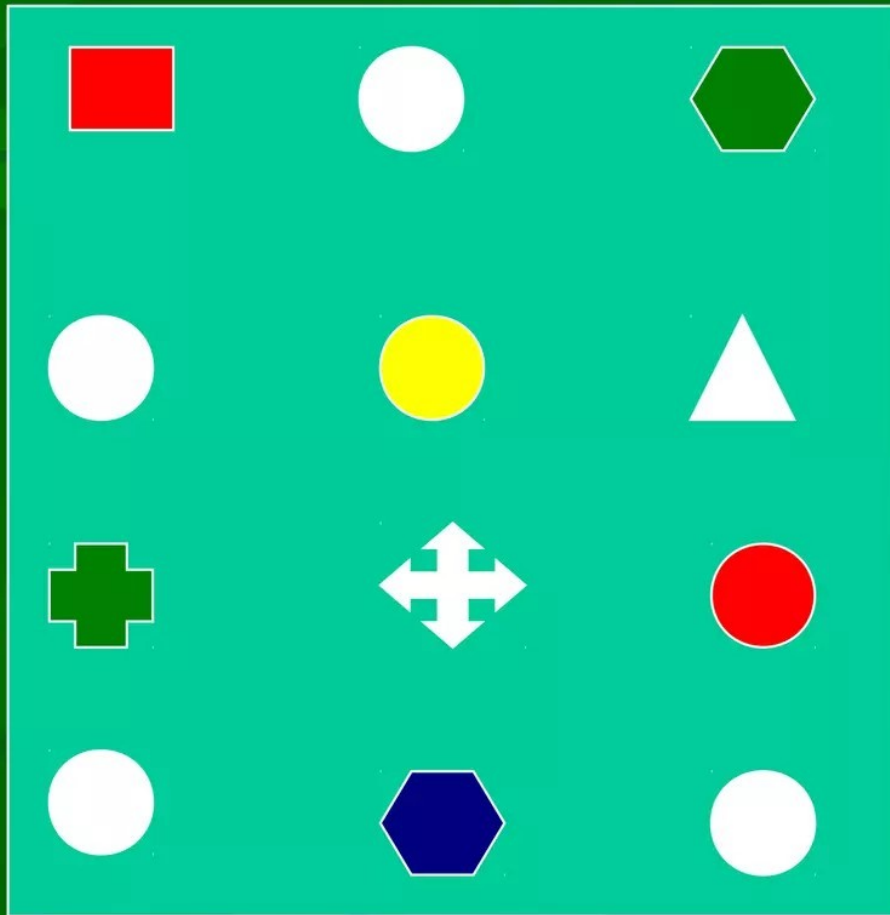


A

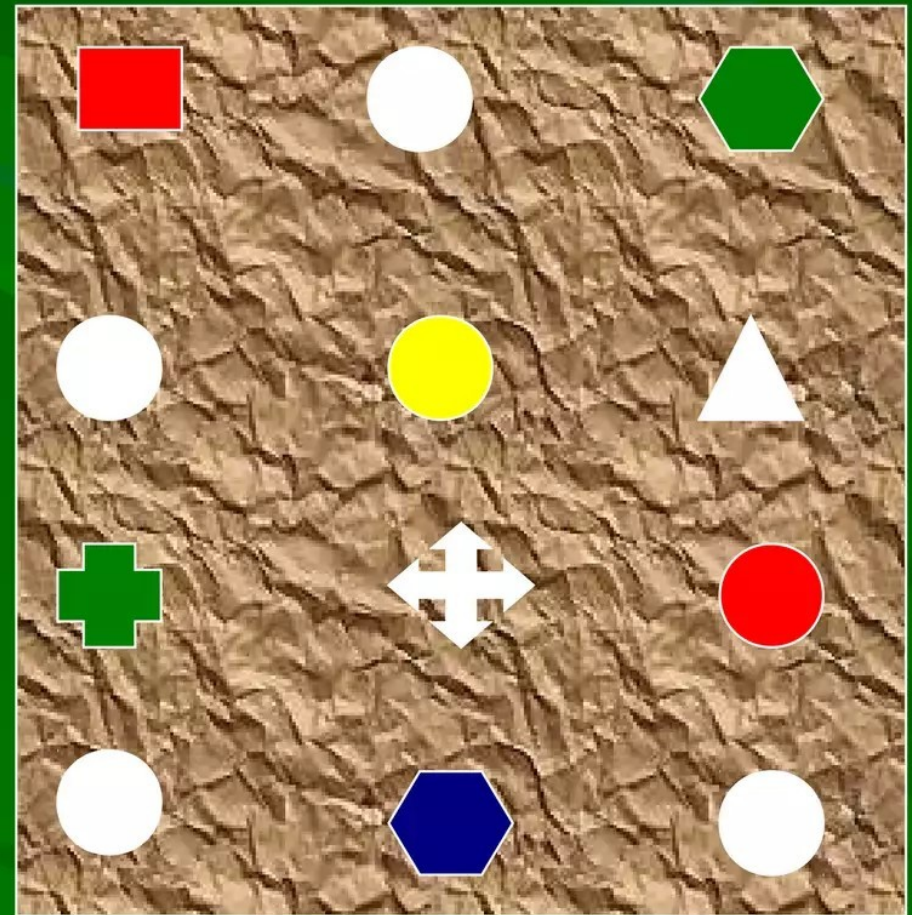


B

# Qual dessas paisagens possui maior diversidade?



A



B

# Tipos de Biodiversidade



**Genética**

**Espécies**

**Ecossistemas**

# Dimensões da biodiversidade

Escalas	Componentes	Padrões	Processos
<i>Genes</i>	Estrutura do DNA	Variabilidade do DNA da comunidade	Mutações e cruzamentos
<i>Espécies</i>	Composição das comunidades	Distribuição das espécies	Dinâmica demográfica
<i>Ecosistemas</i>	Tipos de ecossistemas	Estruturação interna dos ecossistemas	Relações entre espécies e recursos naturais
<i>Paisagens</i>	Tipos de paisagem	Padrões de paisagens	Dinâmica de paisagens



# Biodiversidade genética



# Biodiversidade genética





# Biodiversidade genética





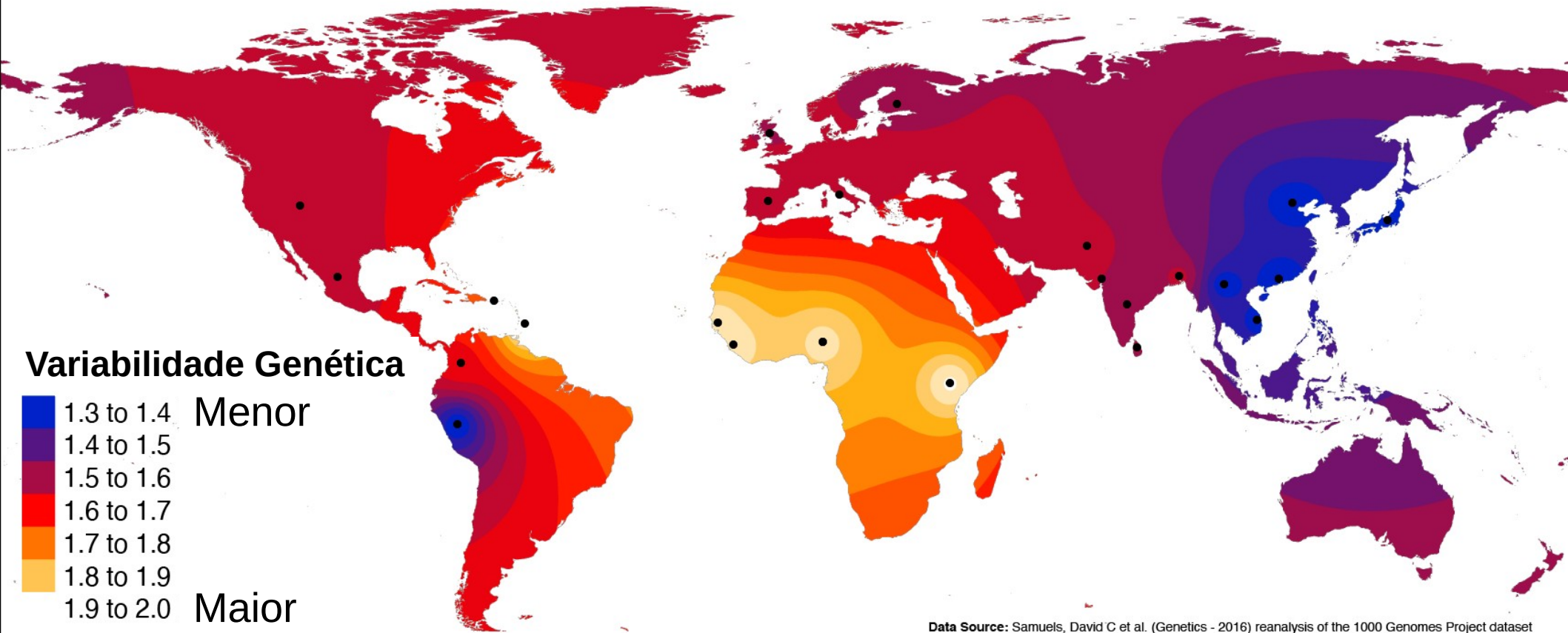
# Biodiversidade genética





# Biodiversidade genética

## Diversidade genética humana global



# Como medir a diversidade?

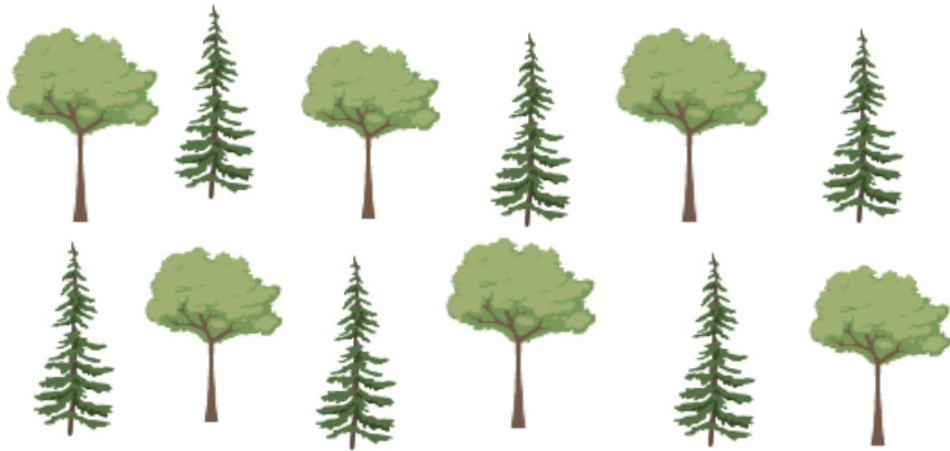
<b>Áreas de conhecimento</b>	<b>Métodos</b>
Ecologia	Índices de riqueza/equabilidade
	Diversidade alpha, beta e gamma
Geociências	Mapeamento de diversidade de kernel
Ciências sociais	Índices de segregação

# Qual dessas paisagens é mais diversa?

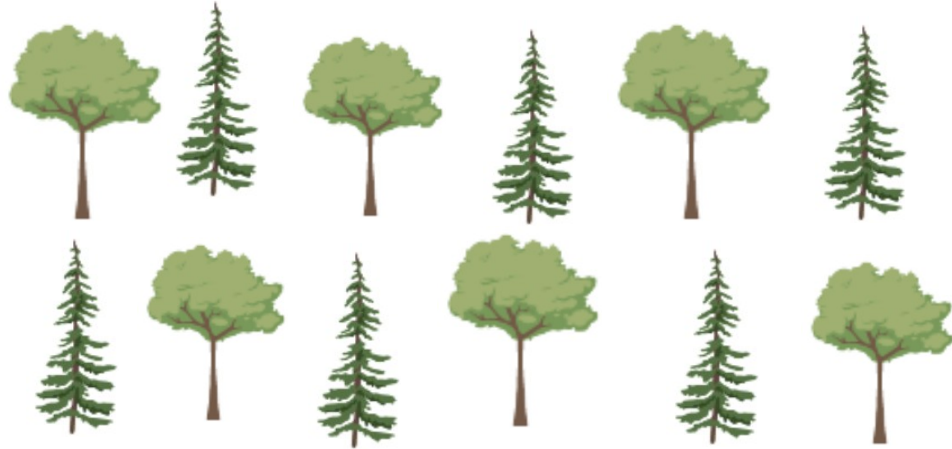
**Riqueza**

2 espécies

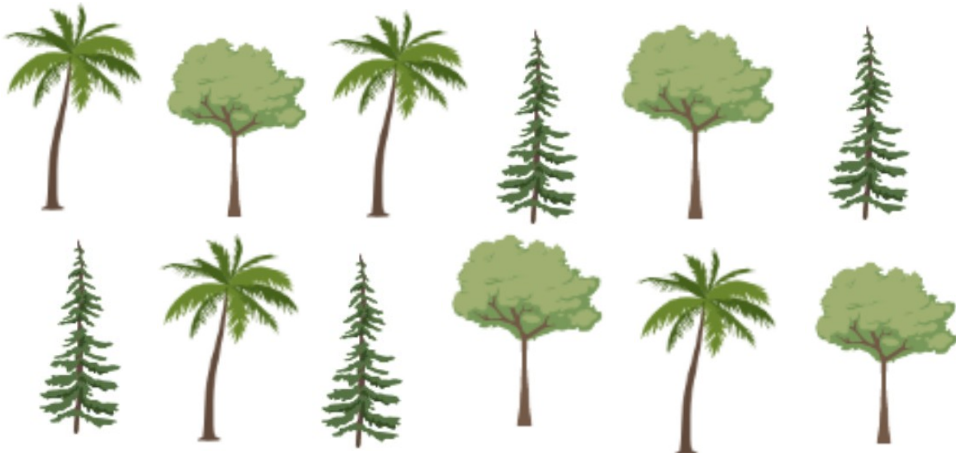
3 espécies



# Quais dessas paisagens são mais diversas?



2 espécies

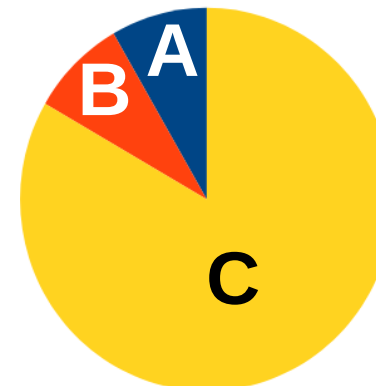
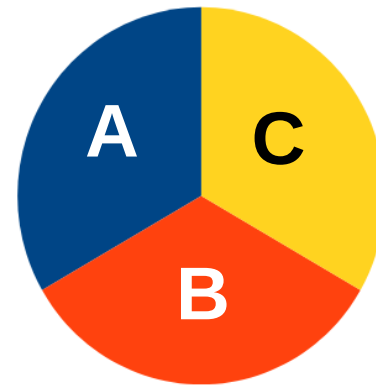
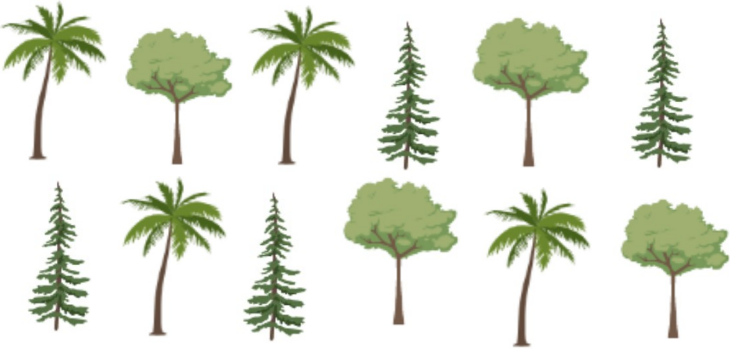
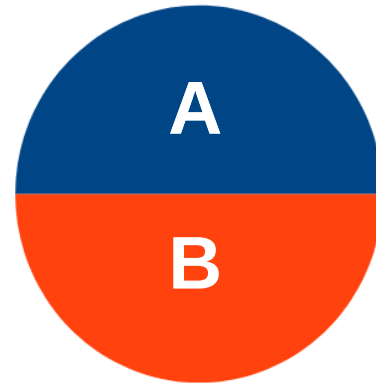
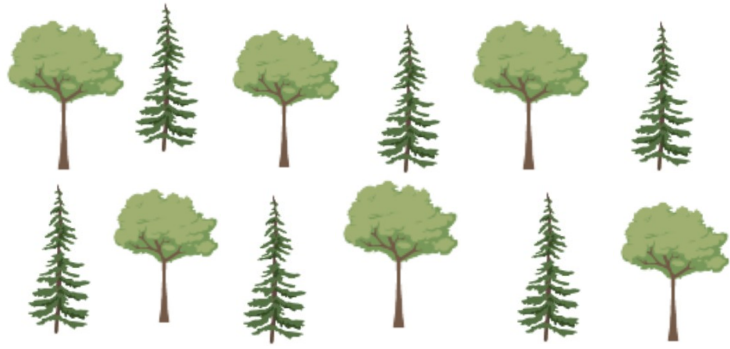


3 espécies



3 espécies

# Equabilidade e Dominância



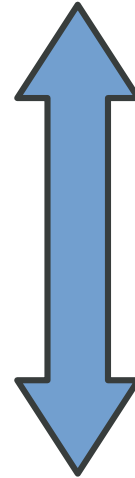
Maior  
equabilidade

Menor  
equabilidade  
(dominância da  
espécie C)

# Índice de Equabilidade de Shannon

Teoria da informação, derivada da teoria de sistemas

$$\frac{- \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)}{\ln(S)}$$



1 – Máximo de equabilidade

0 – Mínimo de equabilidade

onde

$p$  = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

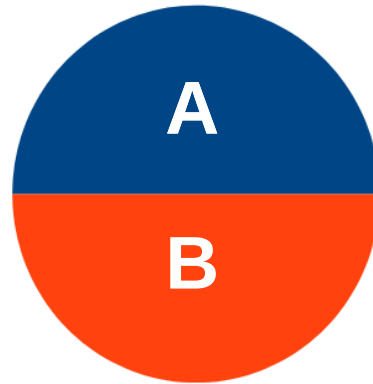
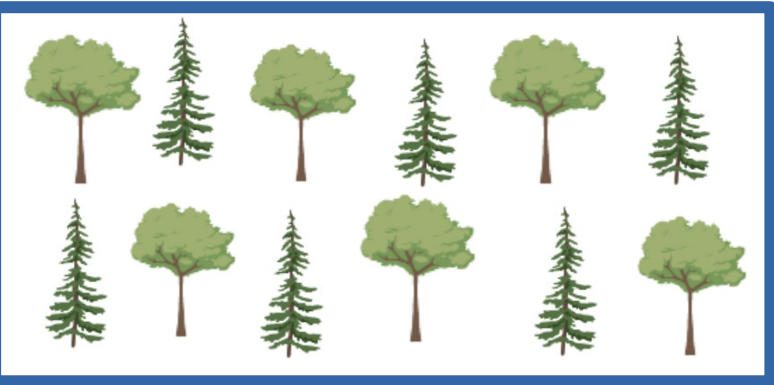
$s$  = número de espécies

$$p = n/S$$

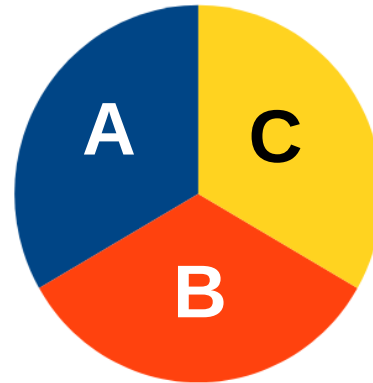
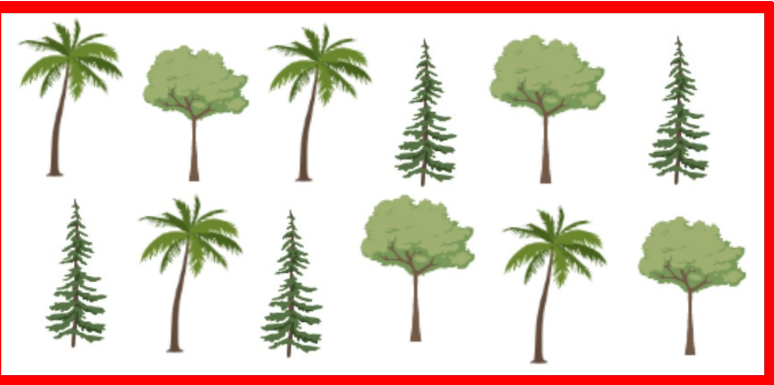
$n$  = abundância da espécie

$S$  = abundância total

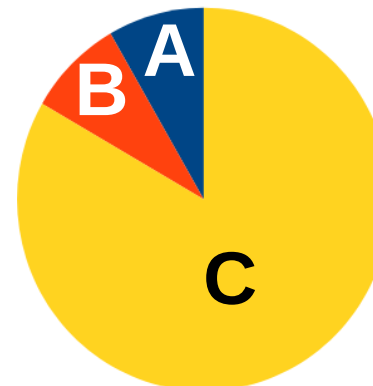
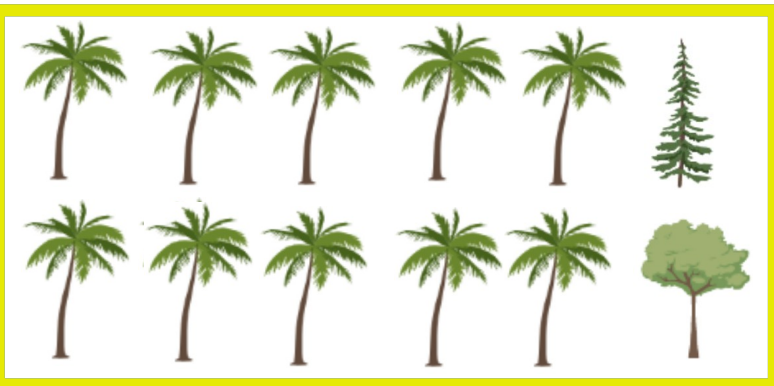
# Equabilidade (Shannon)



1



1



0,52

# Índices de Biodiversidade

- Shannon

- Combina riqueza com equitabilidade

$$- \sum_{i=1}^S p_i \ln (p_i)$$

onde

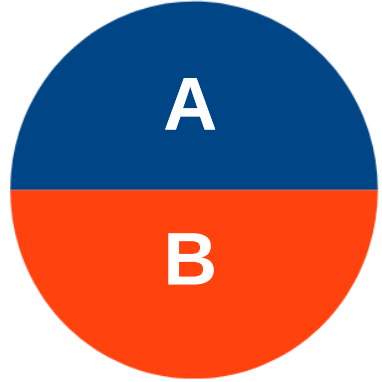
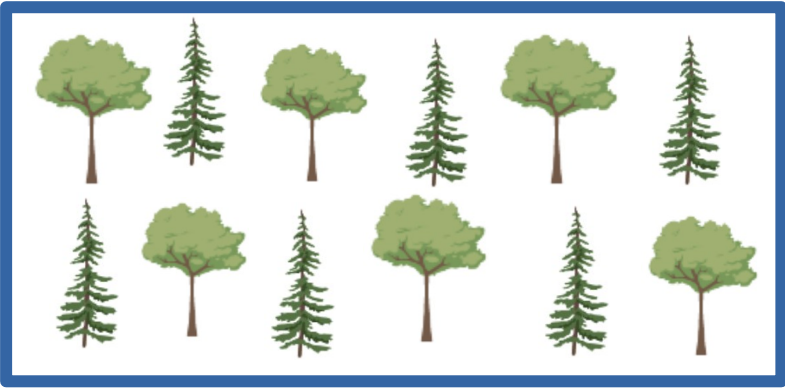
$p$  = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

$s$  = número de espécies



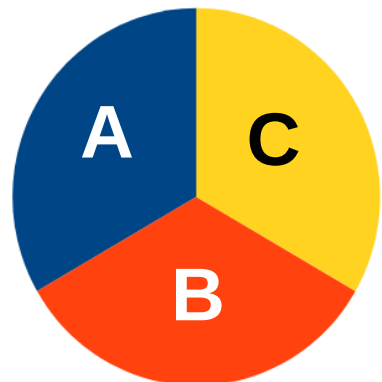
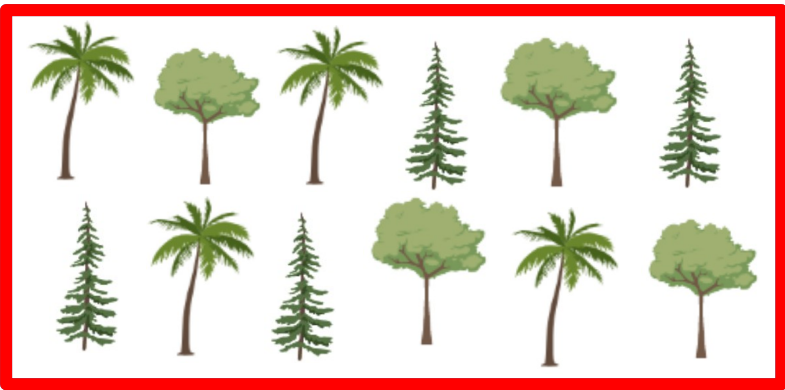
# Índices de Shannon

Equabilidade    Diversidade



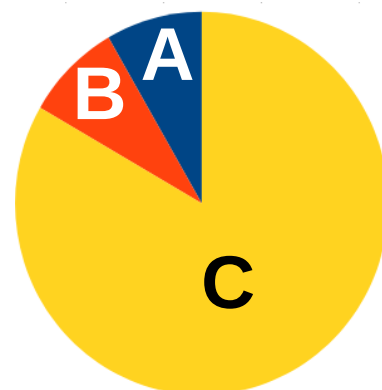
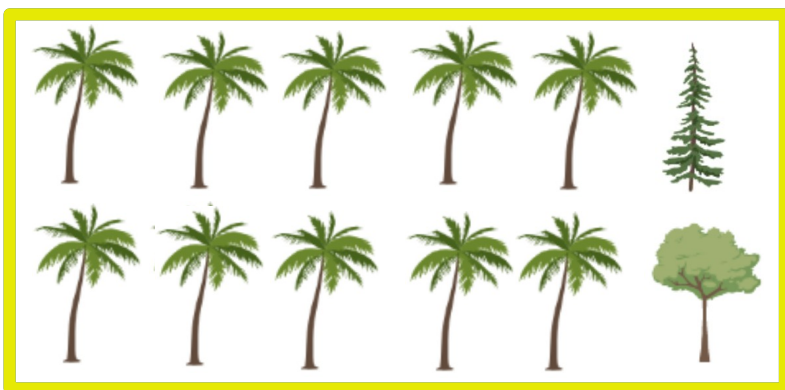
1

0,69



1

1,1



0,52

0,57

# Índices de Biodiversidade

- Simpson

- Probabilidade de escolher dois espécimes, aleatoriamente, e eles serem de espécies diferentes
- Mais importância para abundância do que o índice de Shannon

$$1 - \sum p^2$$

Onde

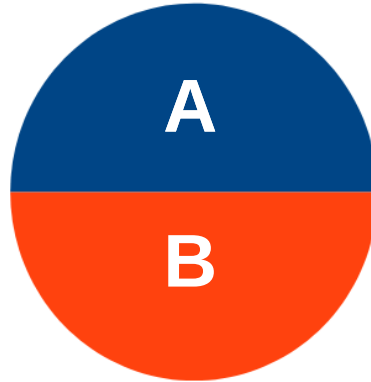
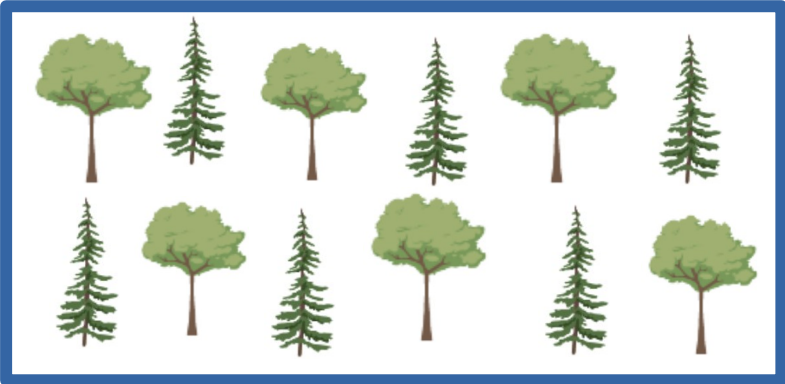
$p$  = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

Equabilidade  
(Shannon)

Diversidade

Shannon

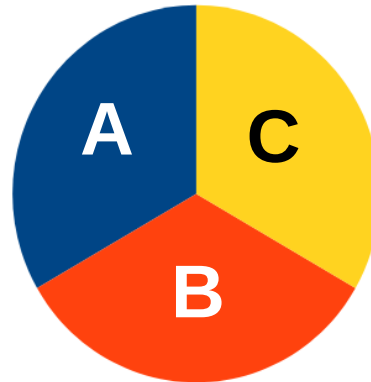
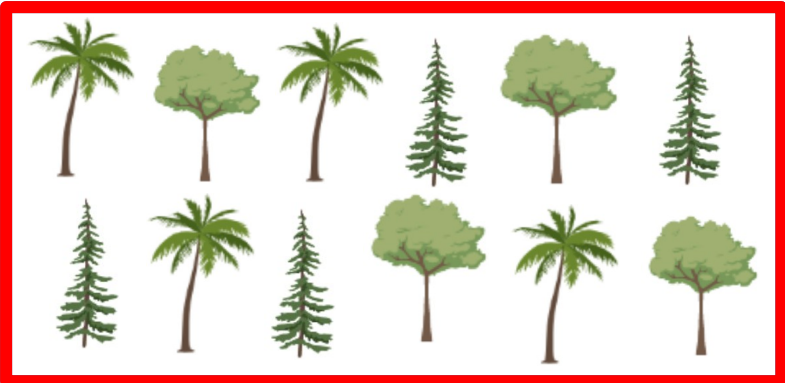
Simpson



1

0,69

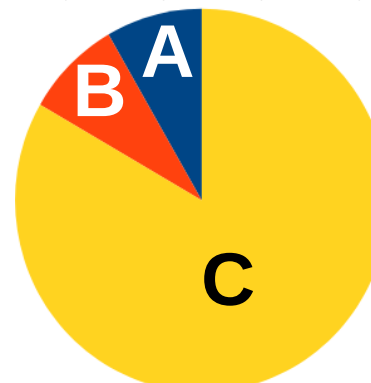
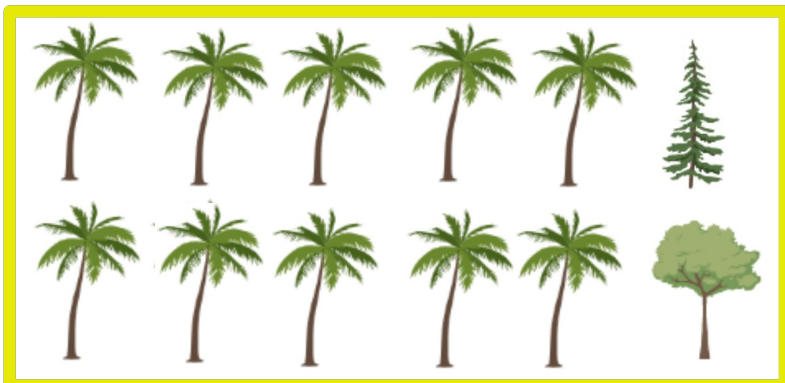
0,5



1

1,1

0,67



0,52

0,57

0,29

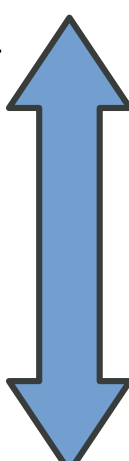
# Séries de Hill

$$(\sum p^a)^{1/(1-a)}$$

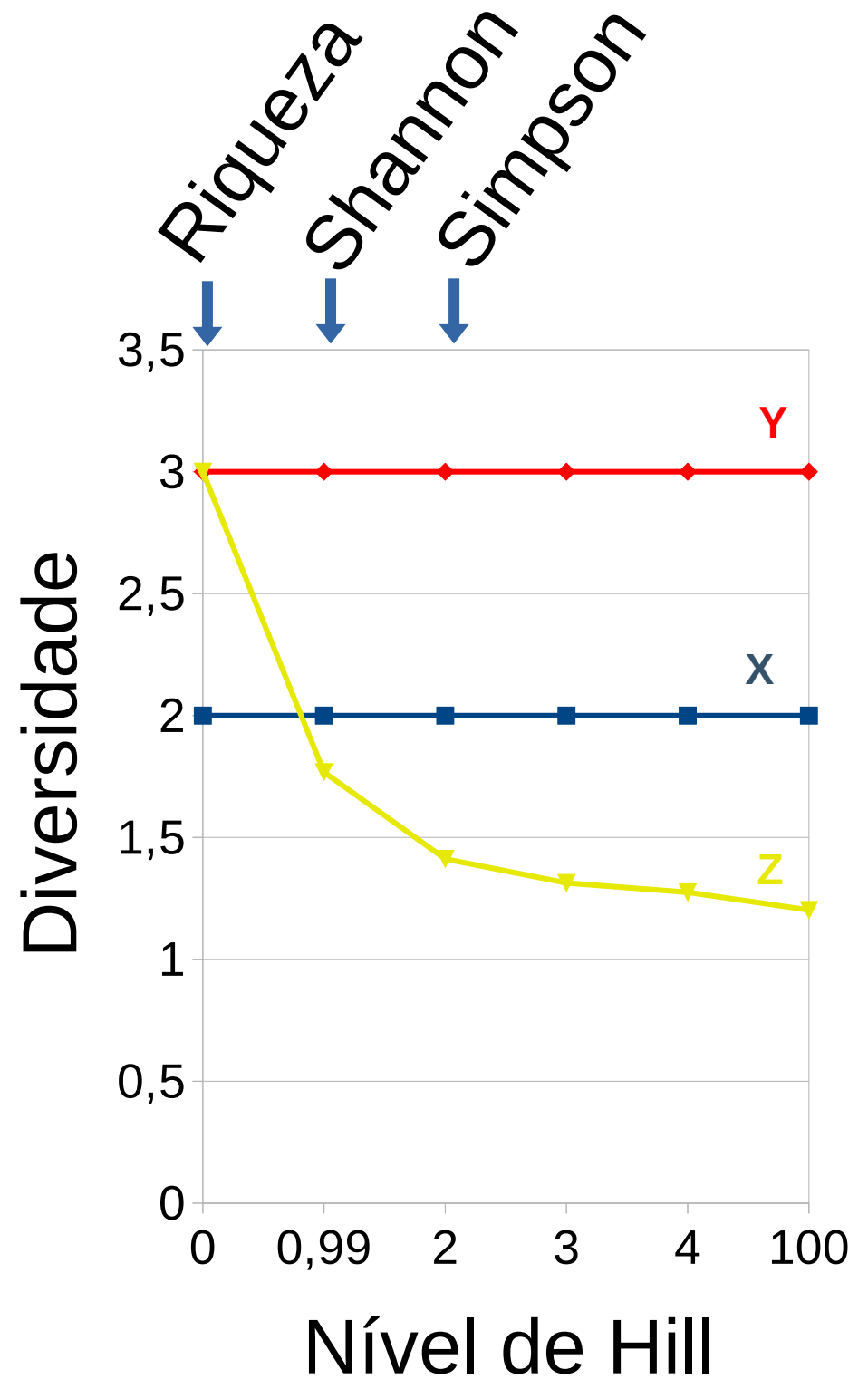
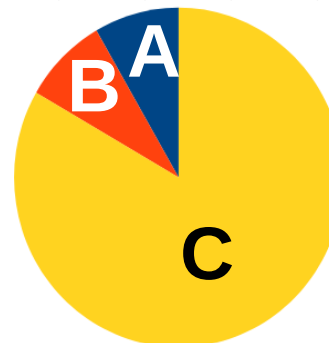
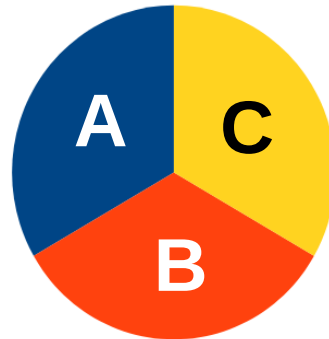
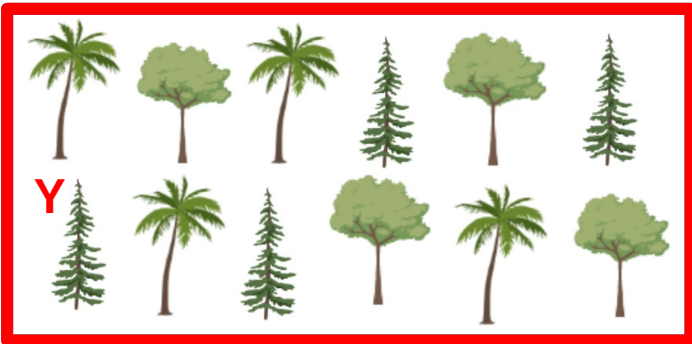
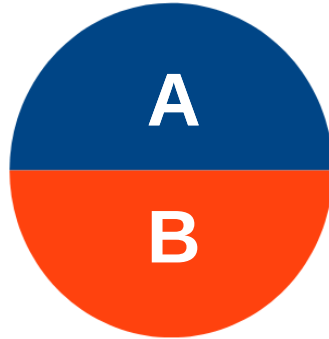
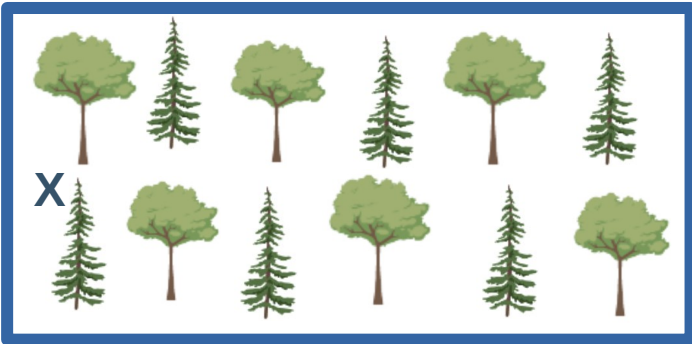
onde

$p$  = proporção da abundância de uma espécie em relação à abundância total

$a$  = nível da série de Hill ( $a \geq 0$  e  $a \neq 1$ ):

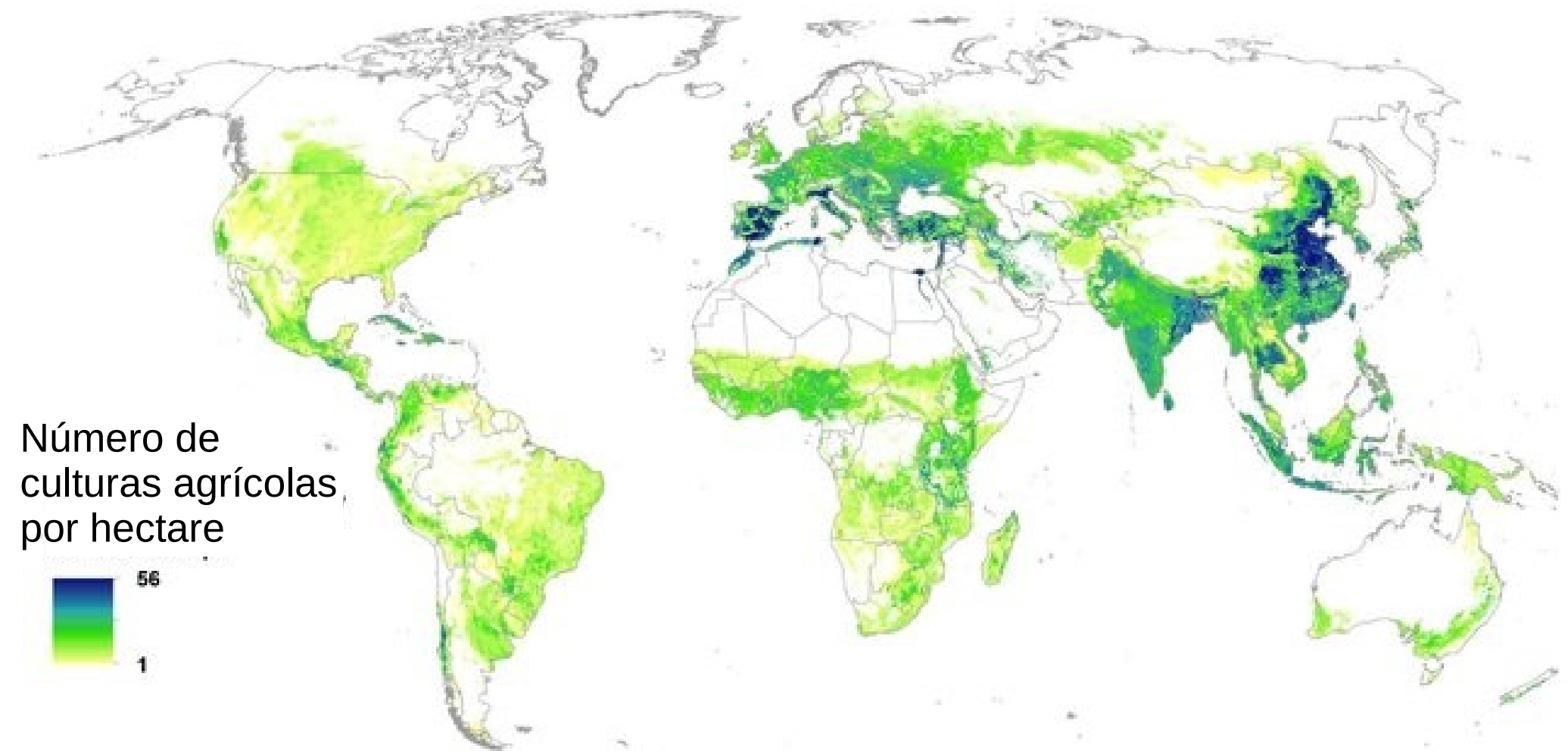
Maior influência do número de espécies		0	= riqueza de espécies
		0,99...	= proporcional à diversidade de Shannon
		2	= proporcional à diversidade de Simpson
		...	
Maior influência da equabilidade		$\infty$	= maior influência da equabilidade

# Séries de Hill





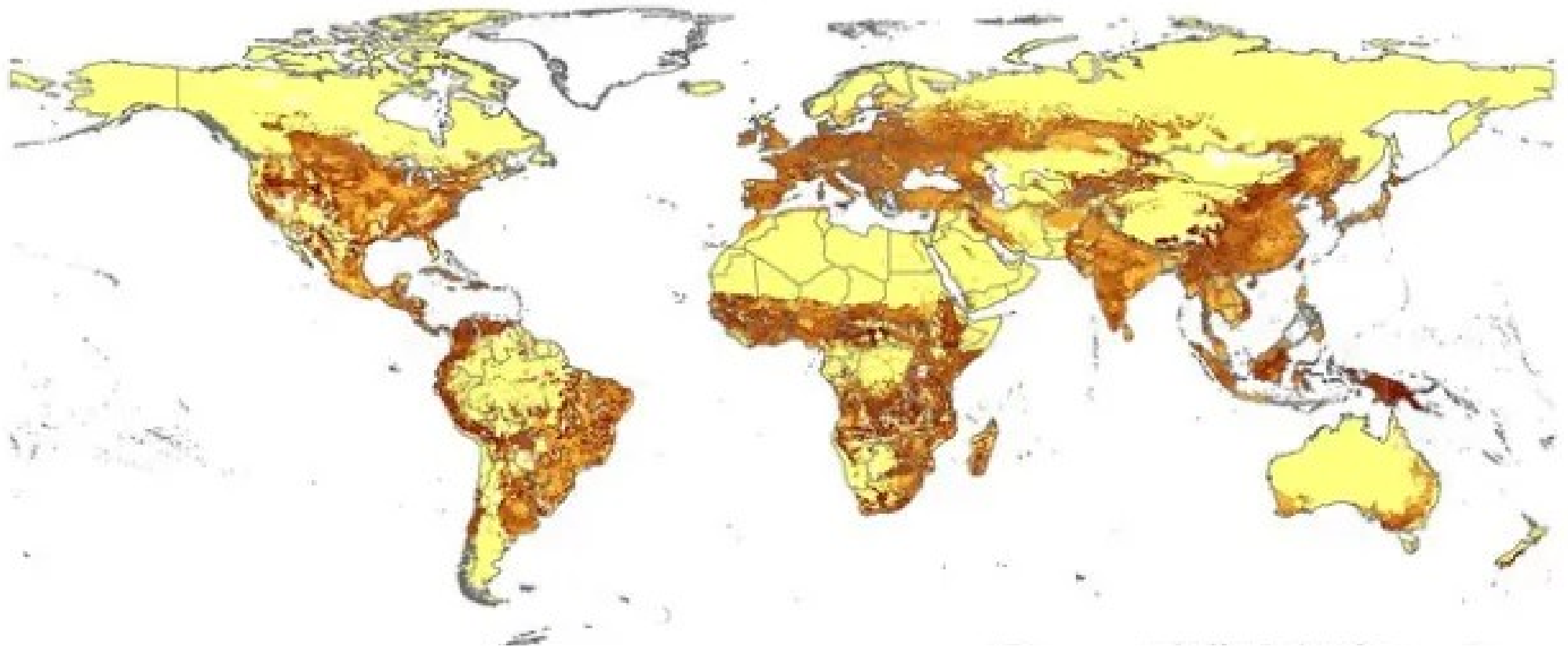
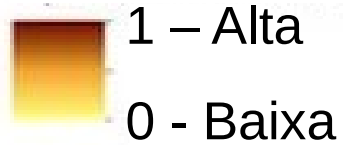
# Agro-Biodiversidade



Gaisberger, Hannes, et al. (2014) Identifying global hotspots of agricultural and tree biodiversity and poverty for the strategic sharpening of Bioversity's priority research areas. Alliance of Biodiversity International. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12818.96966>

# Equabilidade de culturas agrícolas

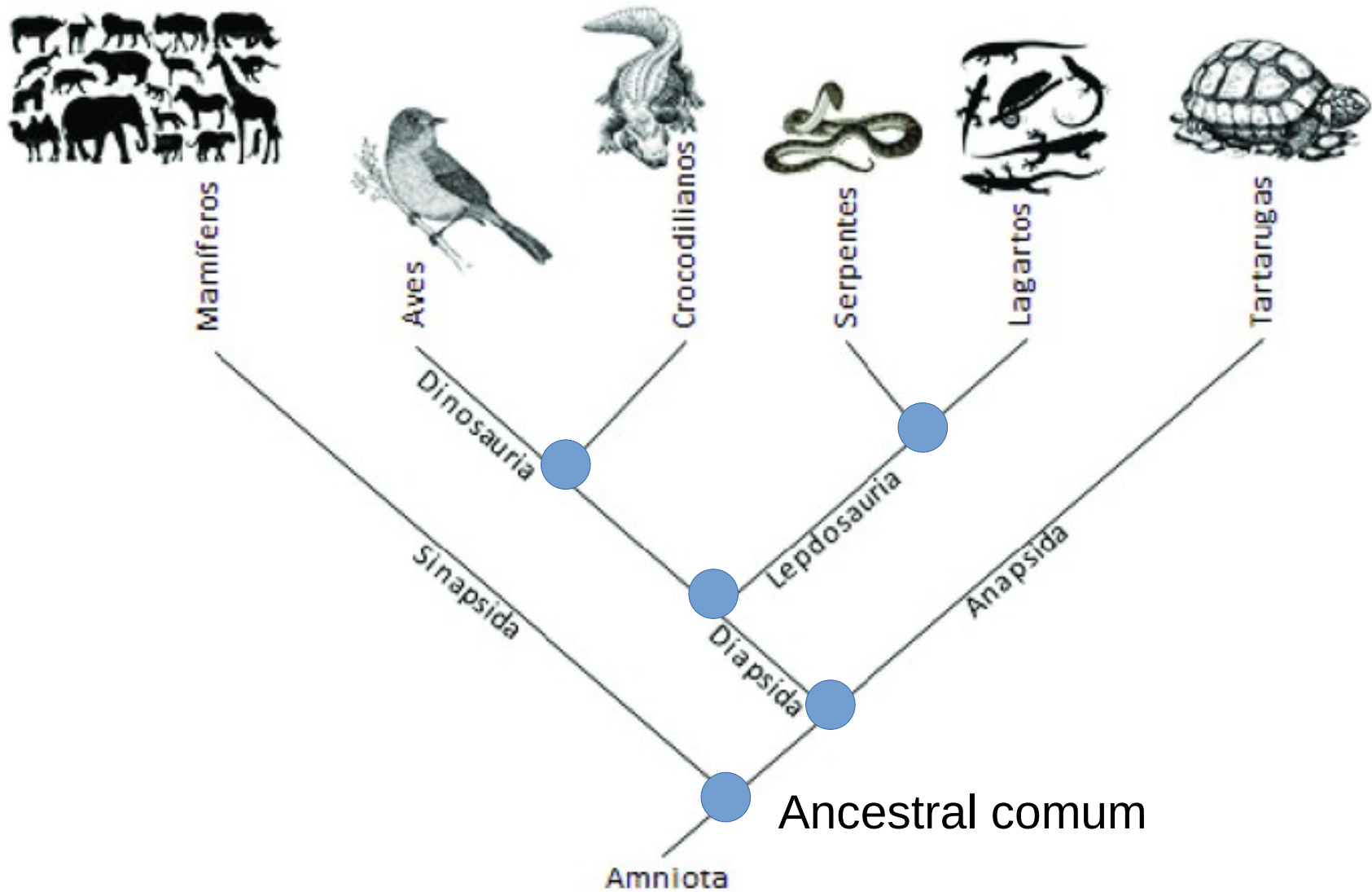
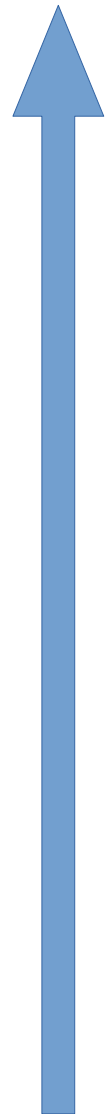
Equabilidade de espécies



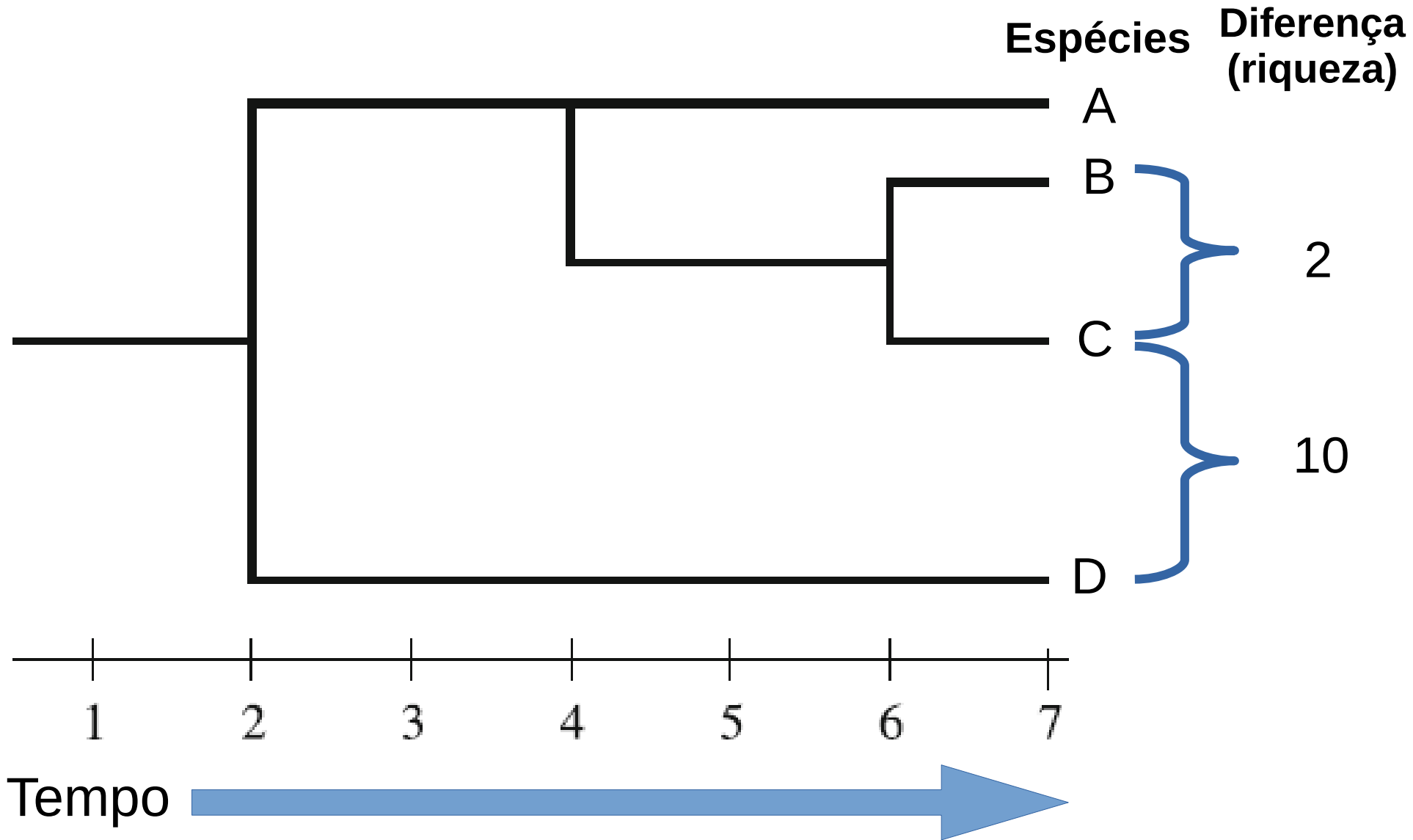
Beltran, Marcela, et al. (2012) World Crop Evenness. Biodiversity International.  
<https://www.flickr.com/photos/biodiversity/10420776796>

# Riqueza Filogenética

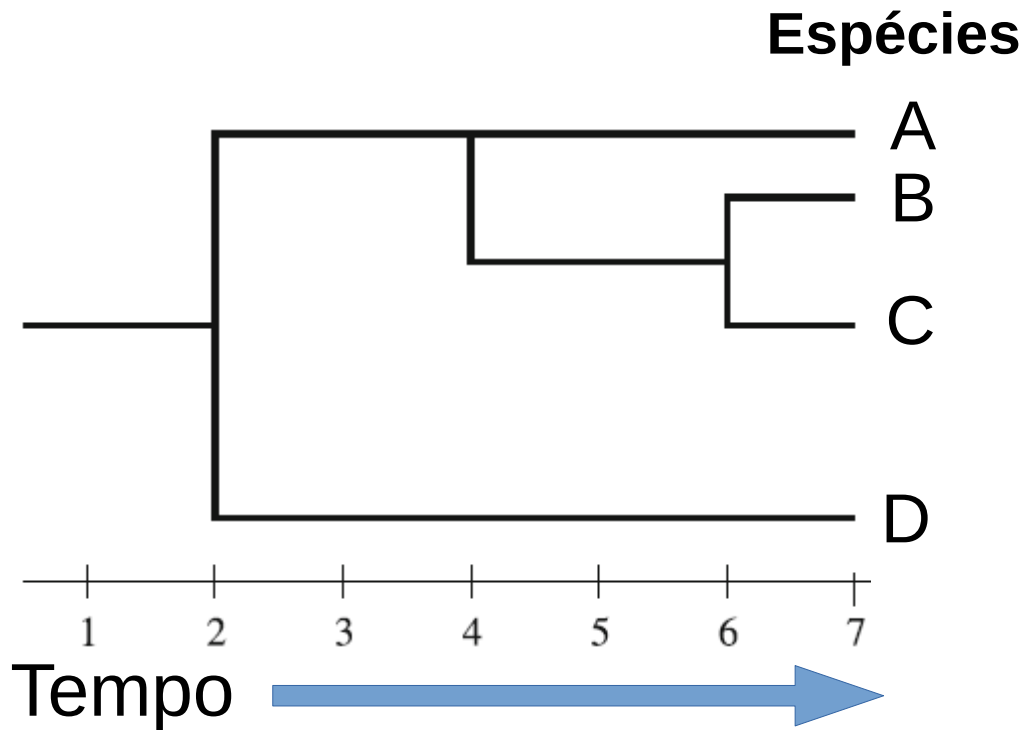
Tempo de evolução



# Diversidade Filogenética



# Diversidade Filogenética



**Matriz de distâncias**

	A	B	C	D
A	0	6	6	10
B	6	0	2	10
C	6	2	0	10
D	10	10	10	0

Diversidade filogenética = soma de todas as distâncias da matriz



# Diversidade Filogenética

## Ecosistema A

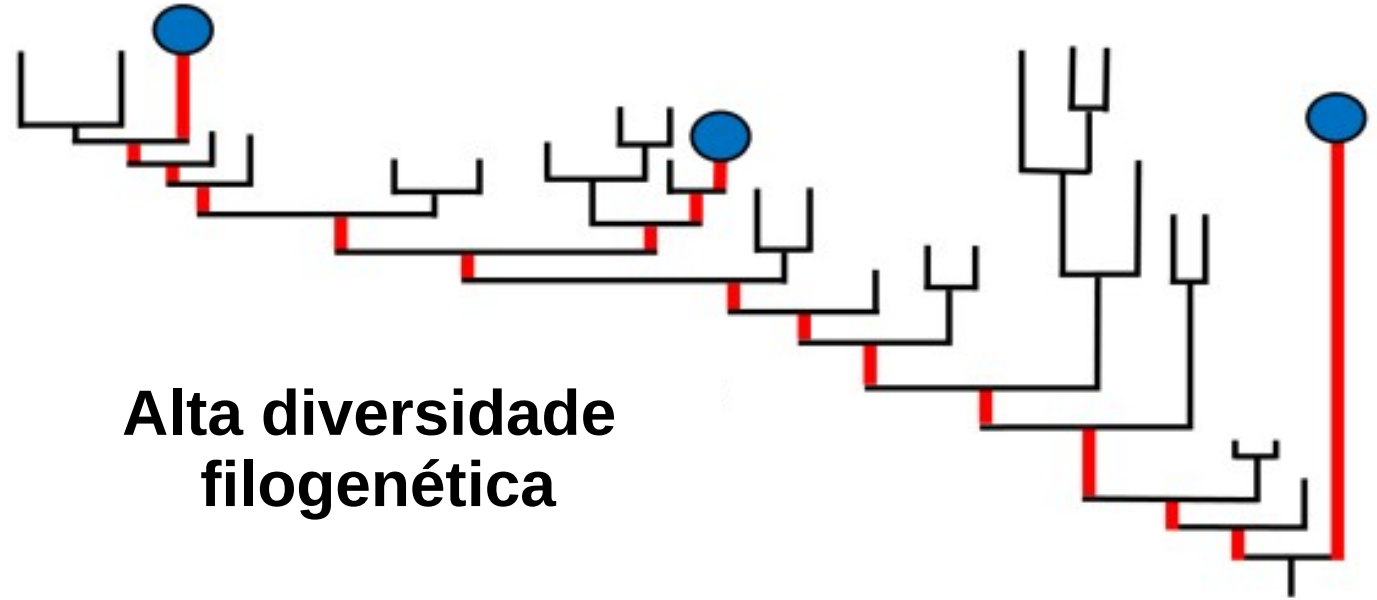


3 espécies

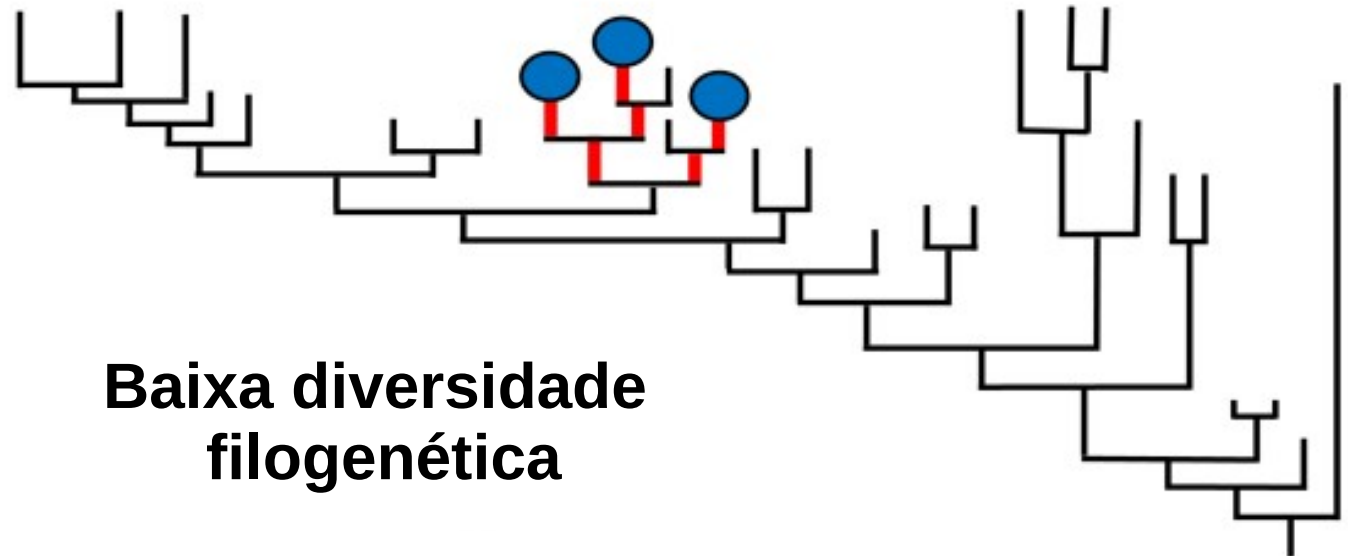
## Ecosistema B



3 espécies

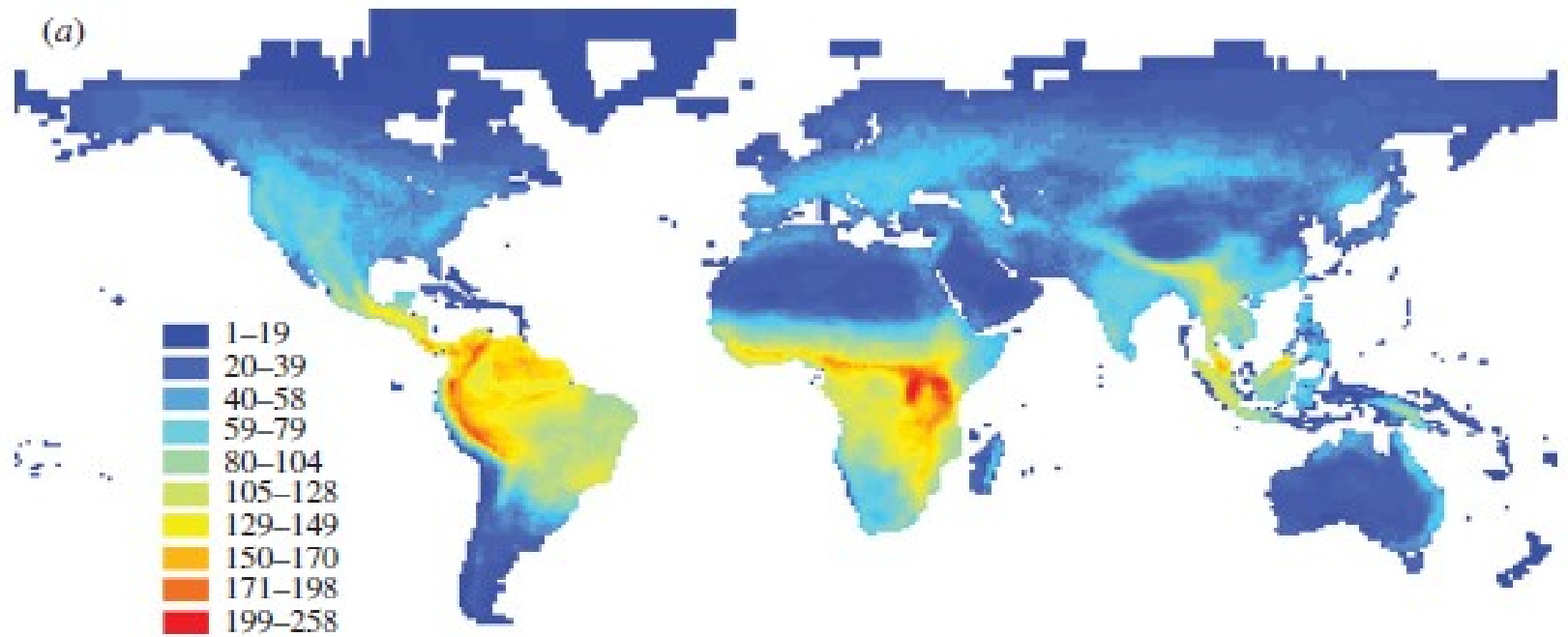


Alta diversidade filogenética

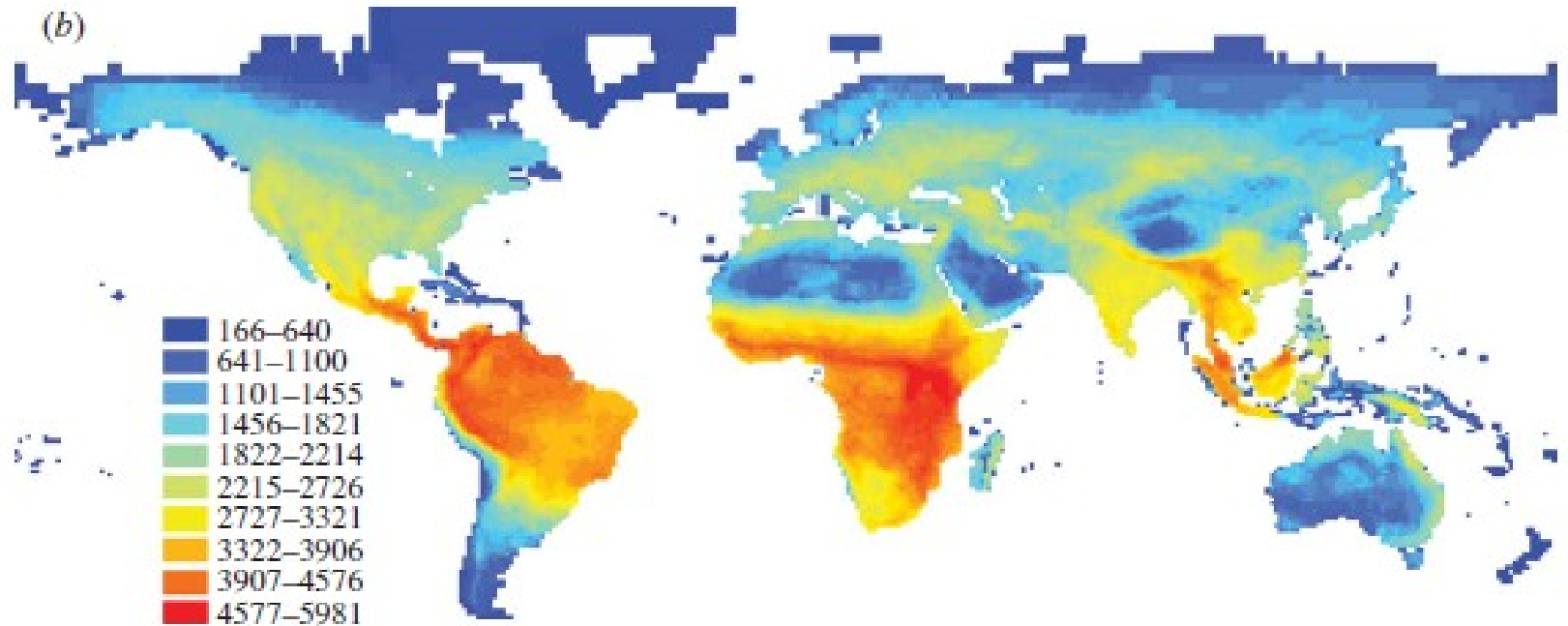


Baixa diversidade filogenética

Riqueza de espécies de mamíferos

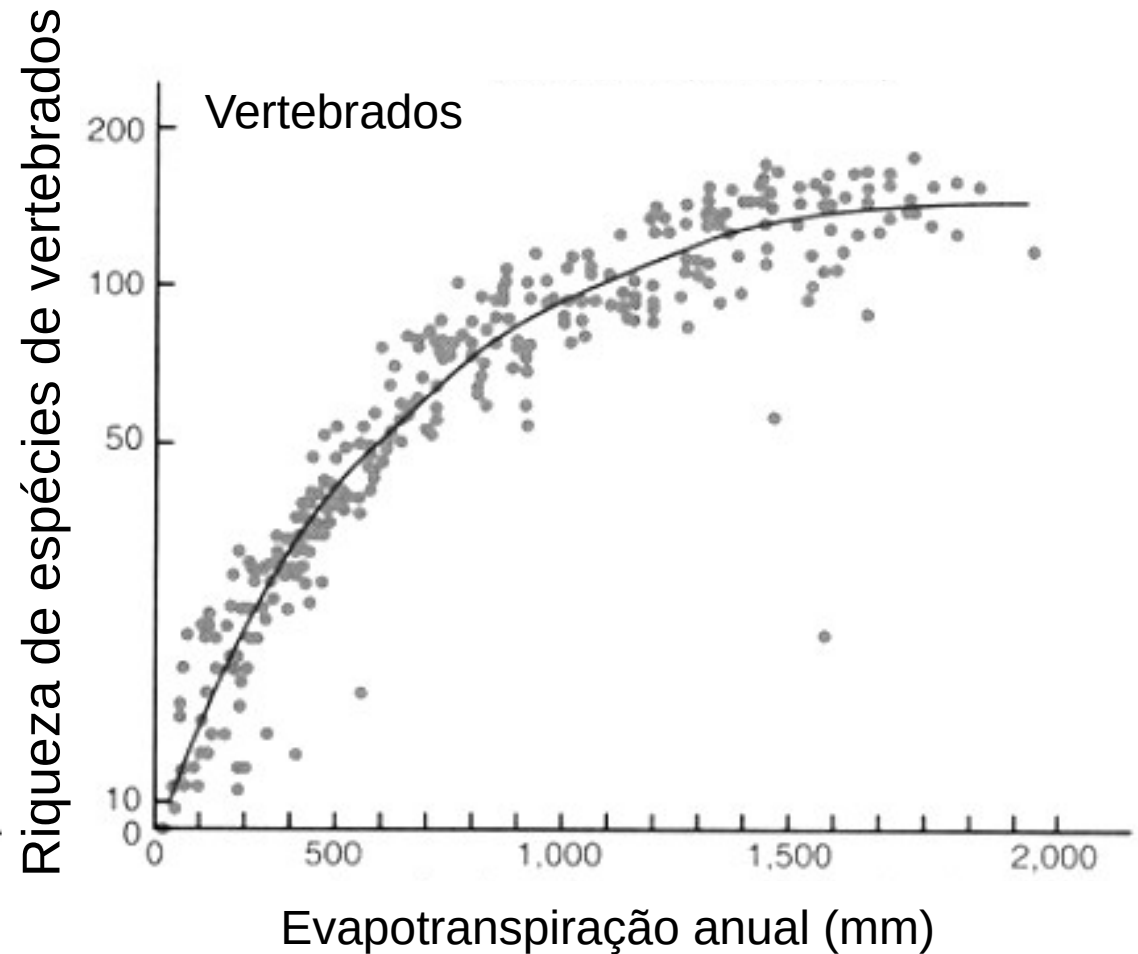
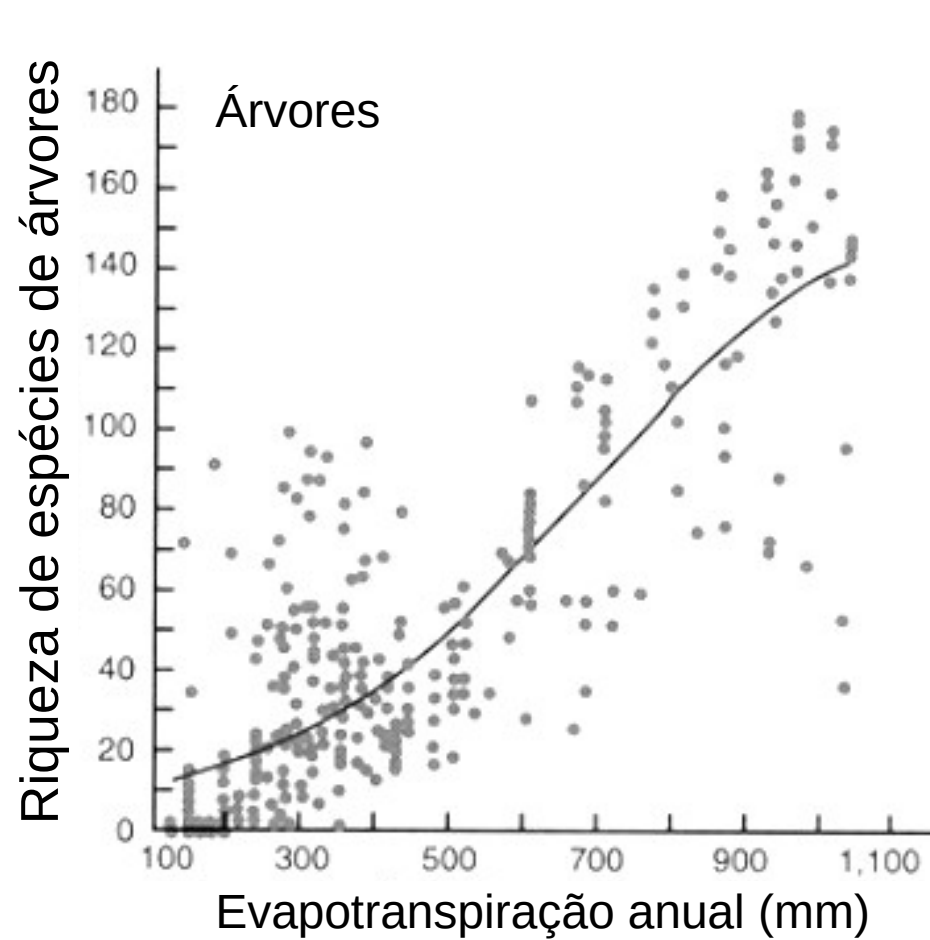


Diversidade filogenética de mamíferos



DAVIES, T. Jonathan; BUCKLEY, Lauren B. Phylogenetic diversity as a window into the evolutionary and biogeographic histories of present-day richness gradients for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 366, n. 1576, p. 2414-2425, 2011.

# Recursos X Biodiversidade



# Diversidade Funcional

- Diversidade de características dos seres vivos
- Quais seriam as características mais relevantes em um ecossistema?
- Exemplo das plantas:
  - Produtividade de biomassa (alimento)
  - Produz flores (néctar) e/ou frutos e sementes comestíveis?
  - Capacidade de fixar nitrogênio no solo
  - Cobertura de copa (a luz consegue passar?)
  - Perde as folhas na estação seca?

# TRY – Plant Trait Database

<https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>



## Quantifying and scaling global plant trait diversity

TRY is a network of vegetation scientists headed by [Future Earth](#), the [Max Planck Institute for Biogeochemistry](#), and [iDiv](#) providing free and open access to plant trait data.



Database version 6 online (2022-10-13)

15,409,681 trait records

305,594 plant taxa

Data Portal

Photosynthetic Pathway  
Respiration Leaf Area Nfixation Capacity  
SLA Regeneration Capacity Plant Lifespan  
Wood Density Growth Form

## News

### 15 Years Data Availability From TRY (2023-10-05)

After being founded at a meeting in Alicante, Spain, in April 2007, TRY made the first data available in October 2008, exactly 15 years ago. The first years, demand was limited and rather sporadic. Nowadays, we receive requests on a two hourly basis 24/7. [\(link\)](#)

**Paper published** (2023-08-18)  
Assembly of functional diversity in an oceanic island flora. Barajas Barbosa, et al. (2023) Nature 619, 545–550. [\(link\)](#)

**Preprint published** (2023-04-25)  
Dechant et al.: Intercomparison of global foliar trait maps reveals fundamental differences and limitations of upscaling approaches [\(link\)](#)

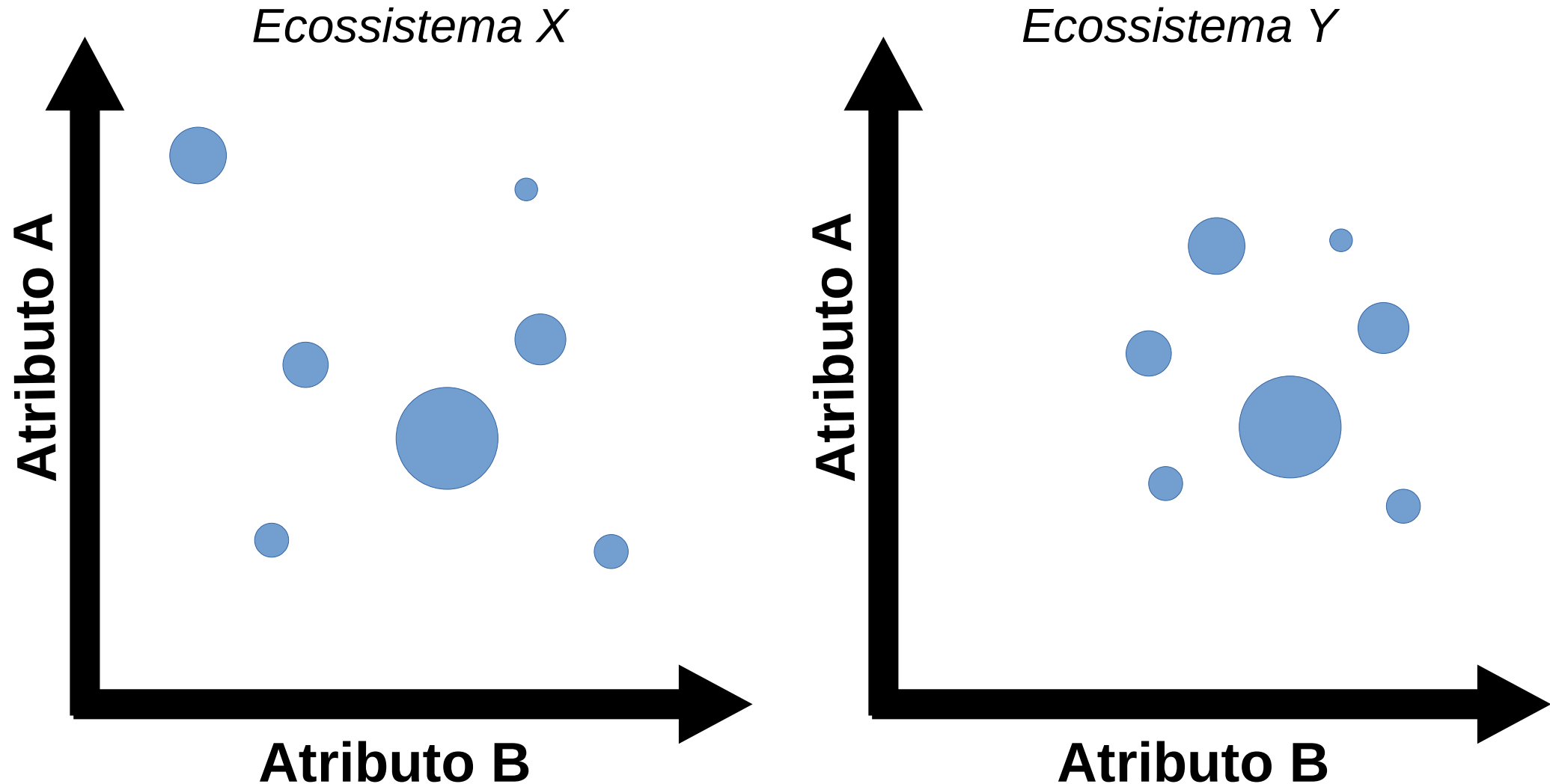
**R package published** (2023-04-25)  
Lam et al.: rtry - Process TRY database output files [\(link\)](#)

**Paper published** (2023-04-25)  
Wolf et al.: Citizen science plant



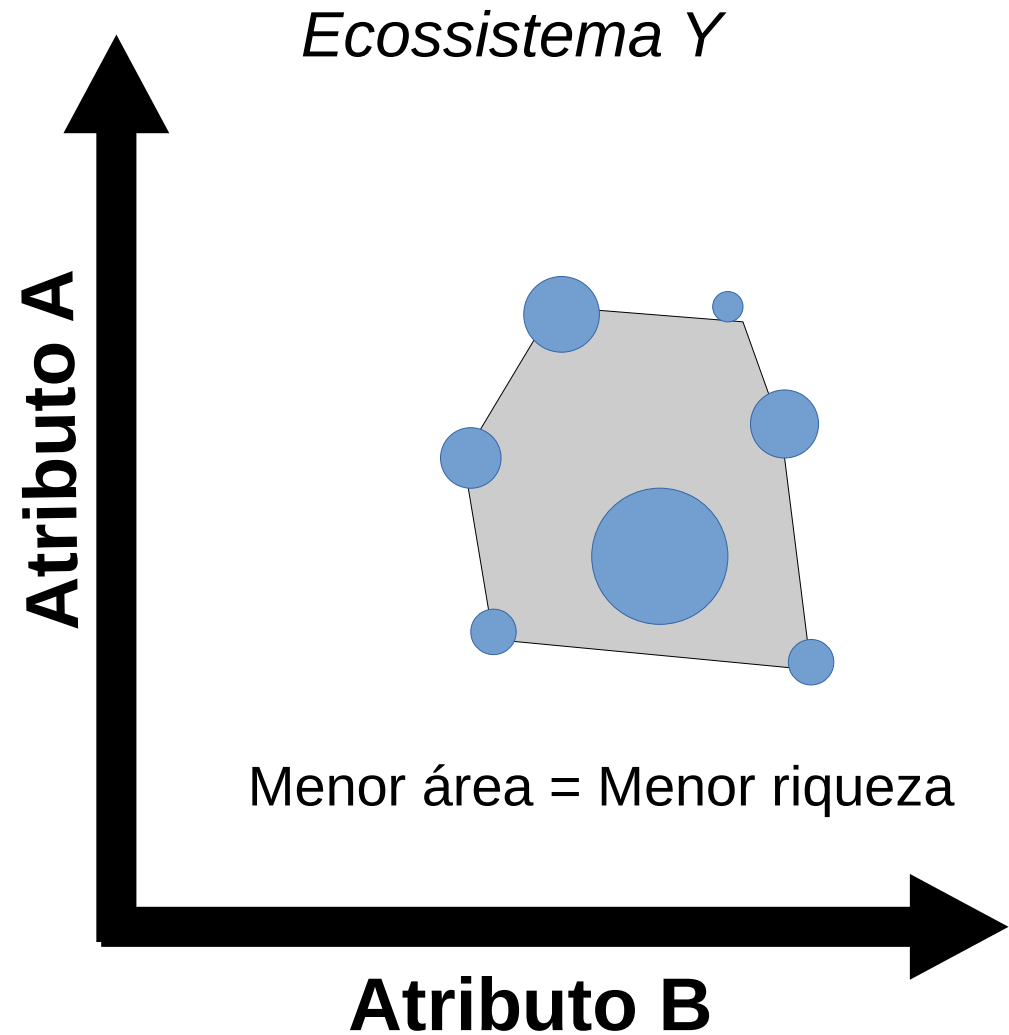
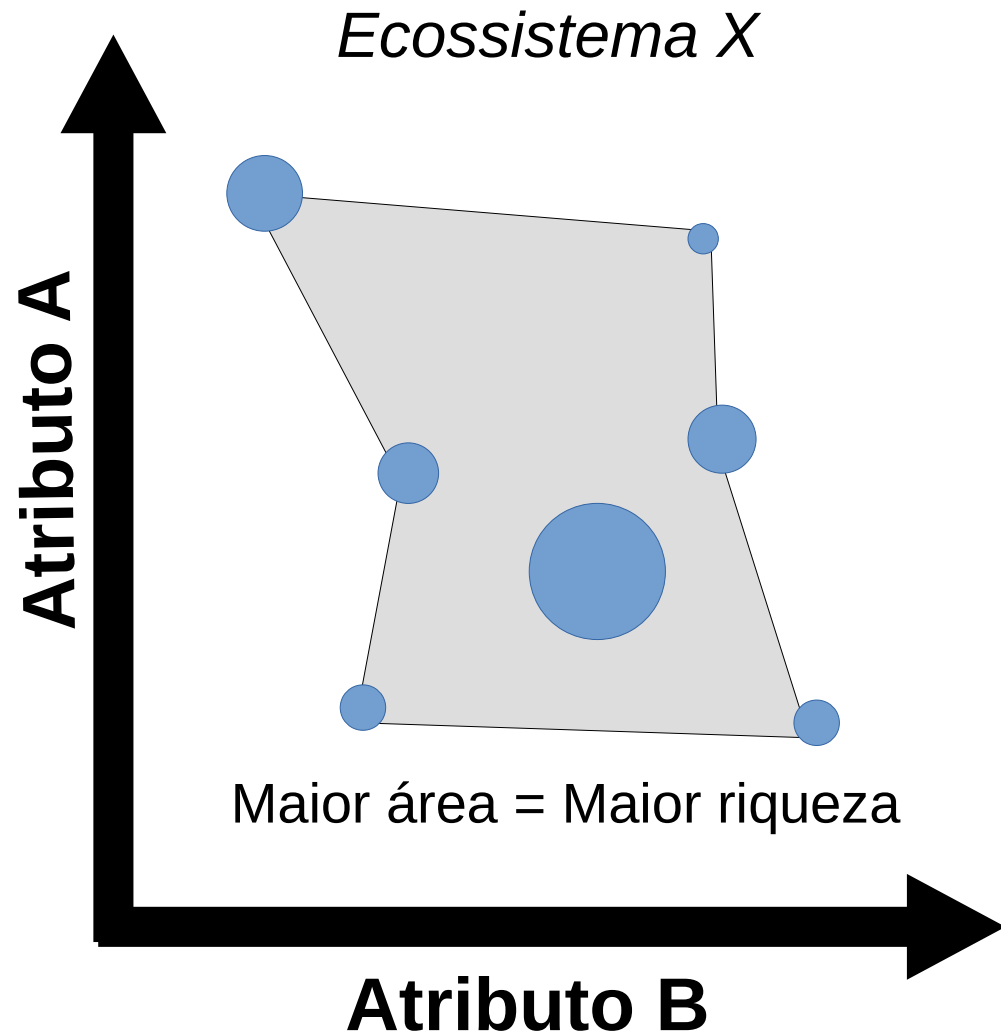
# Qual desses ecossistemas é funcionalmente mais diverso?

O tamanho de cada círculo é a abundância de cada espécie



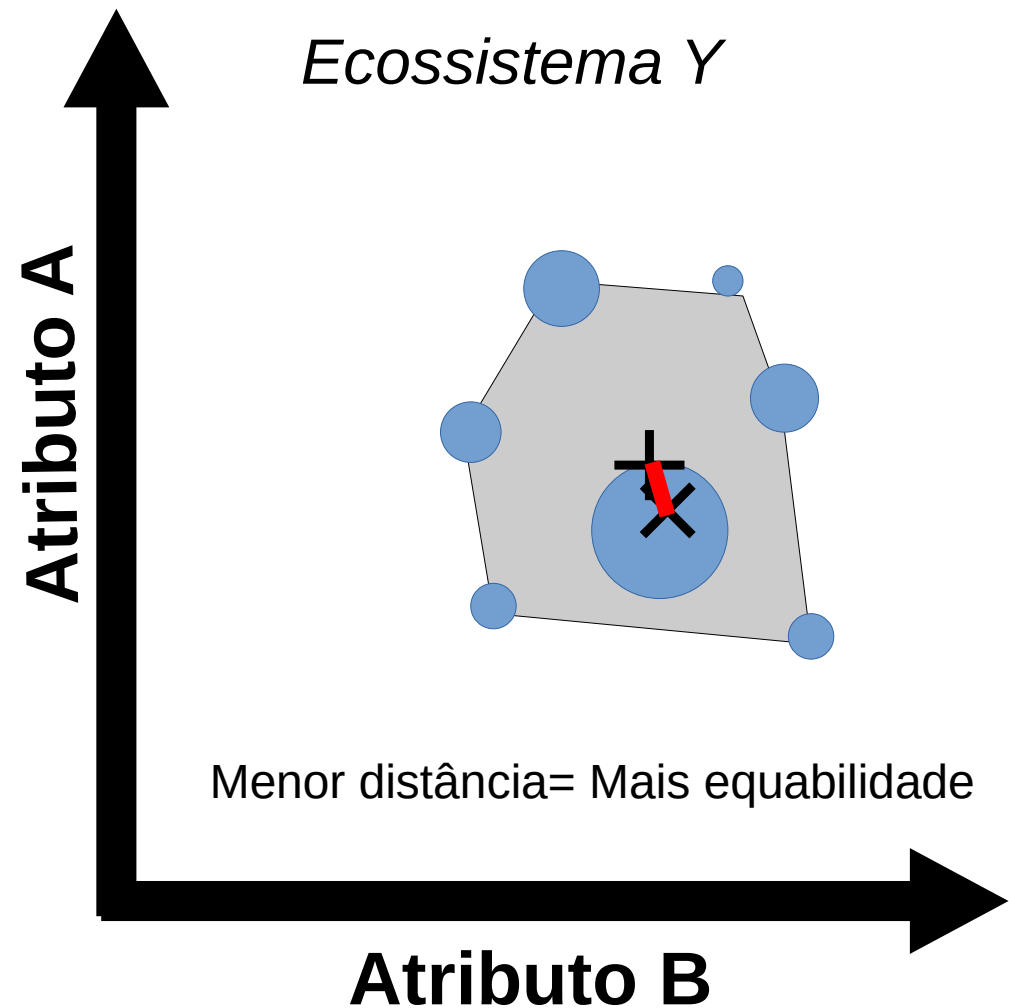
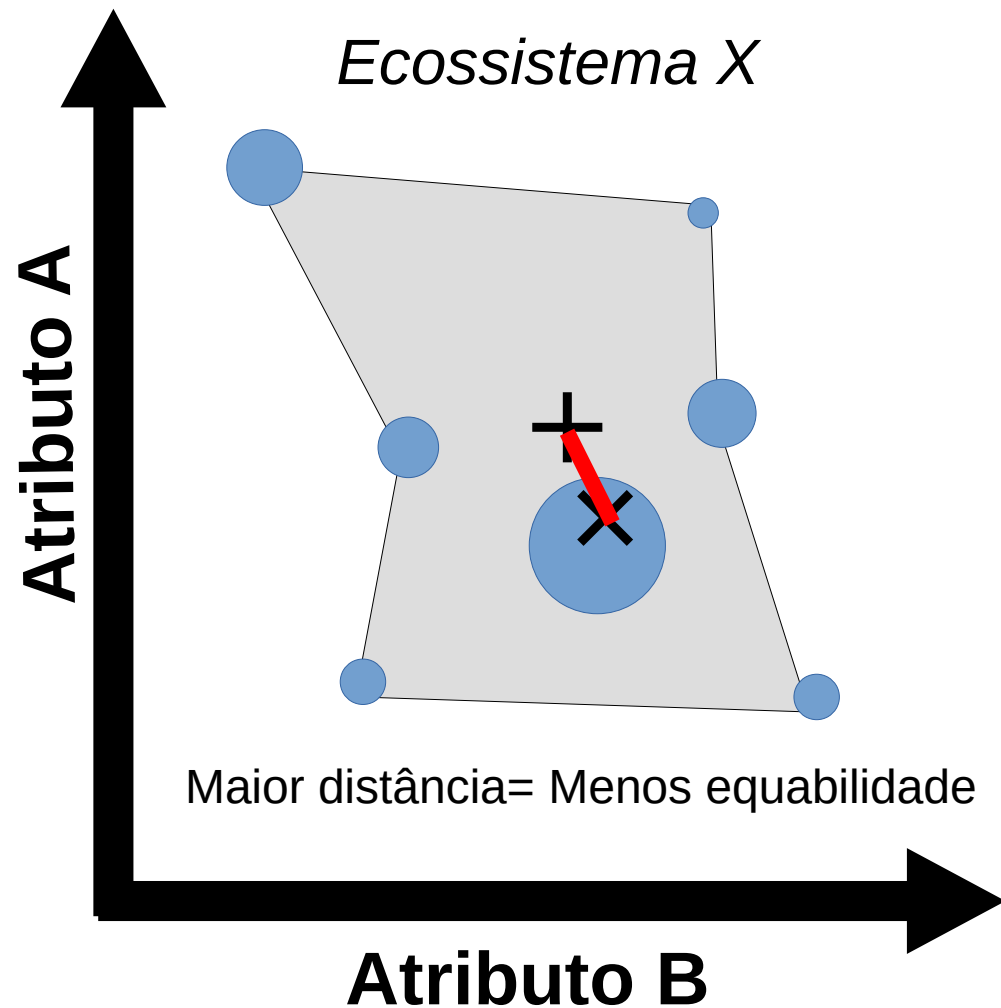
# Riqueza Funcional

## Área dos atributos



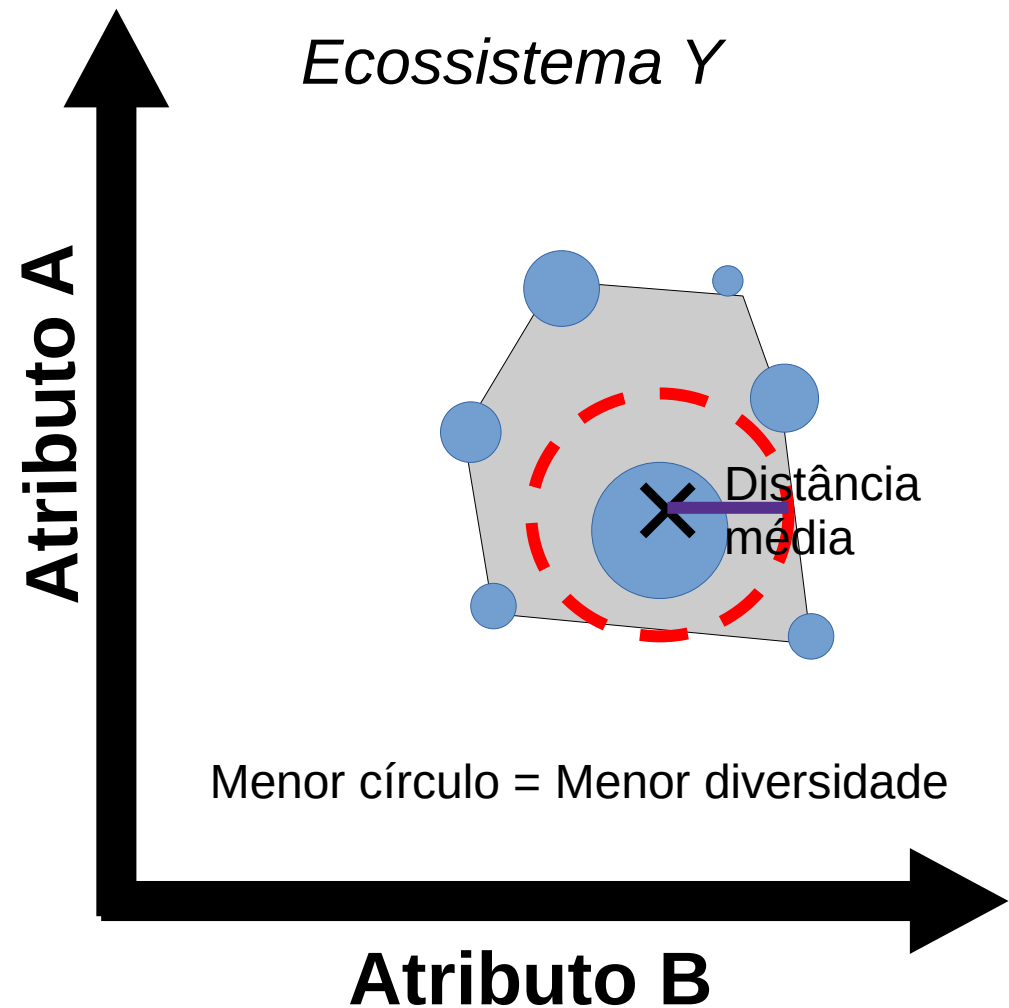
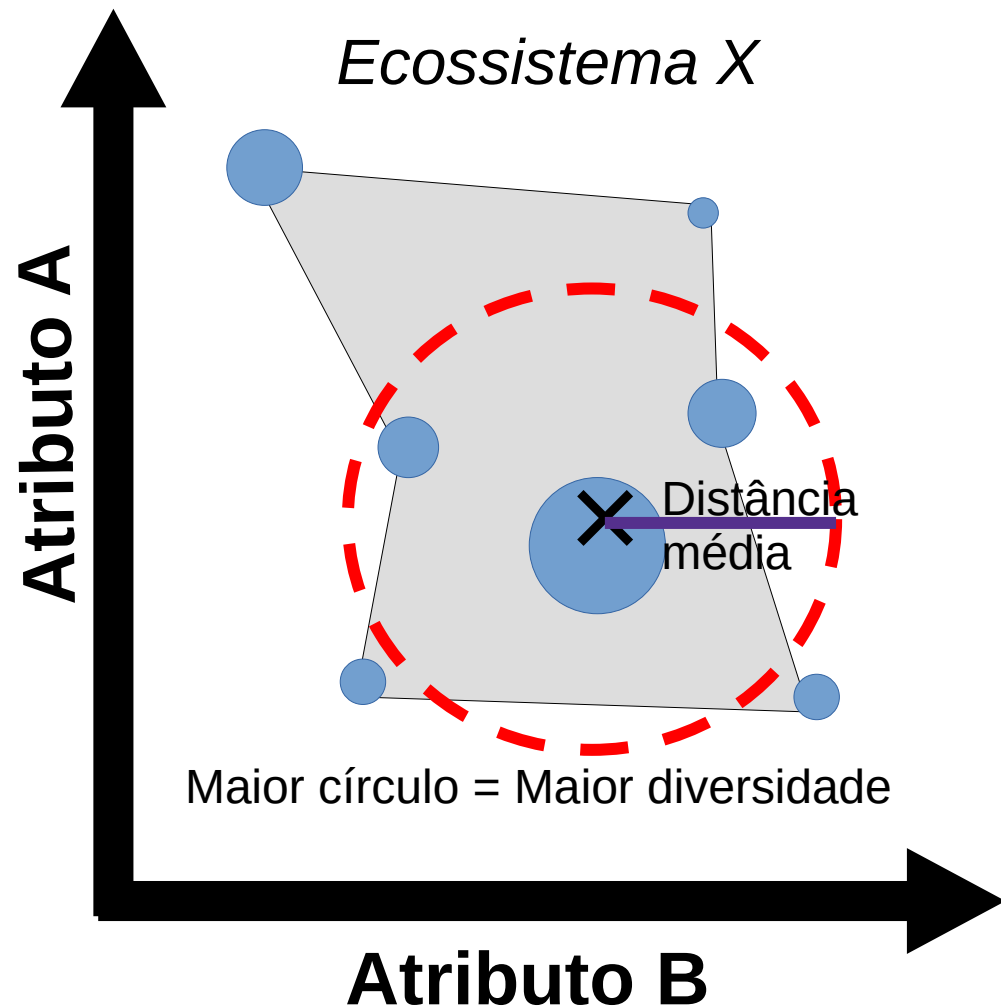
# Equabilidade Funcional

Distância do centro médio dos atributos para o centro médio do espaço de atributos



# Diversidade Funcional

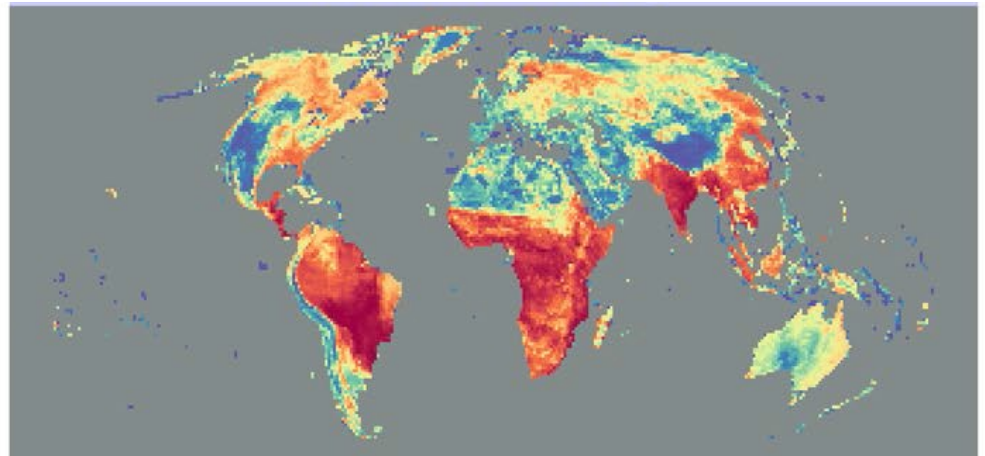
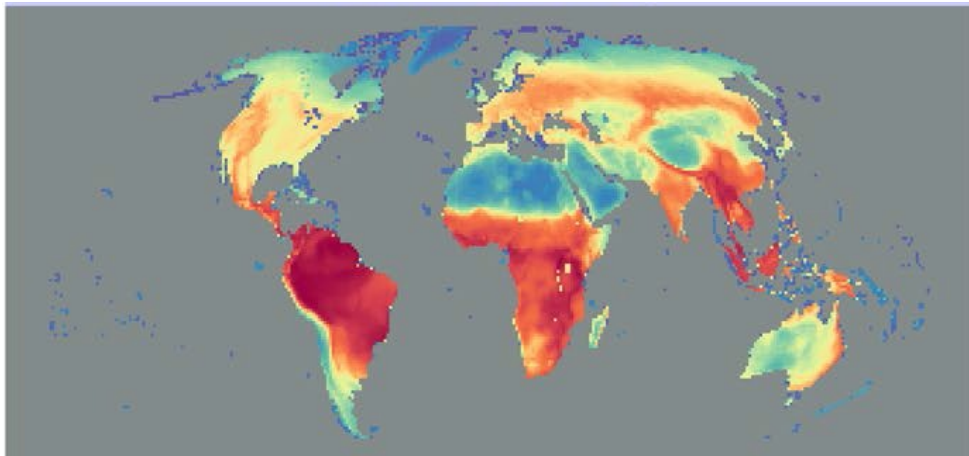
Área do círculo da distância média ao centro médio



# Diversidade de Pássaros e Mamíferos

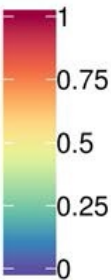
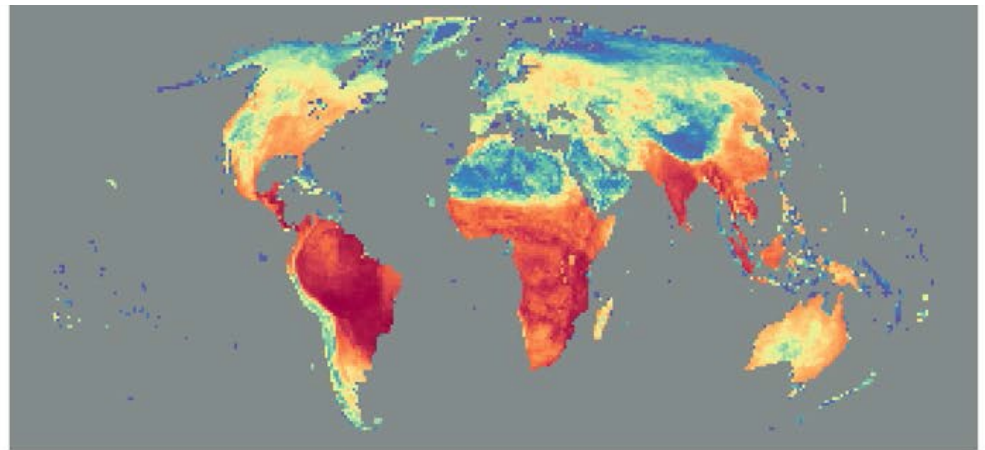
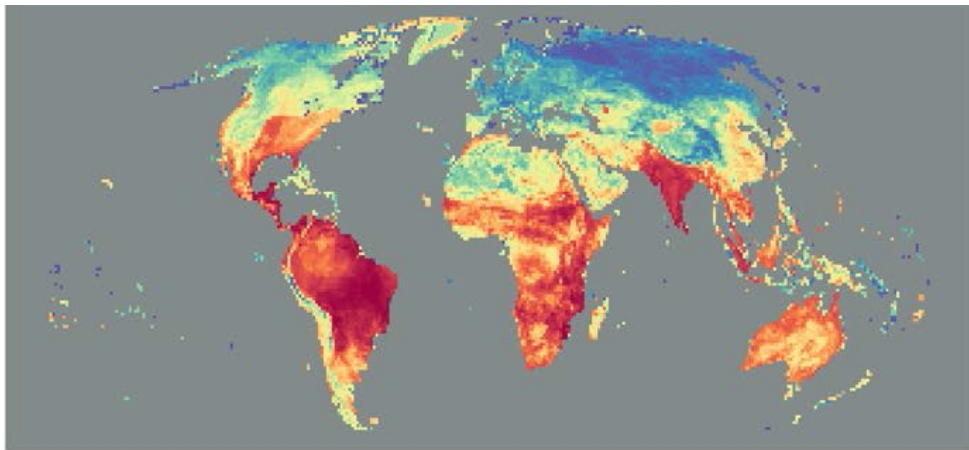
Riqueza de espécies

Diversidade Funcional



Diversidade Filogenética

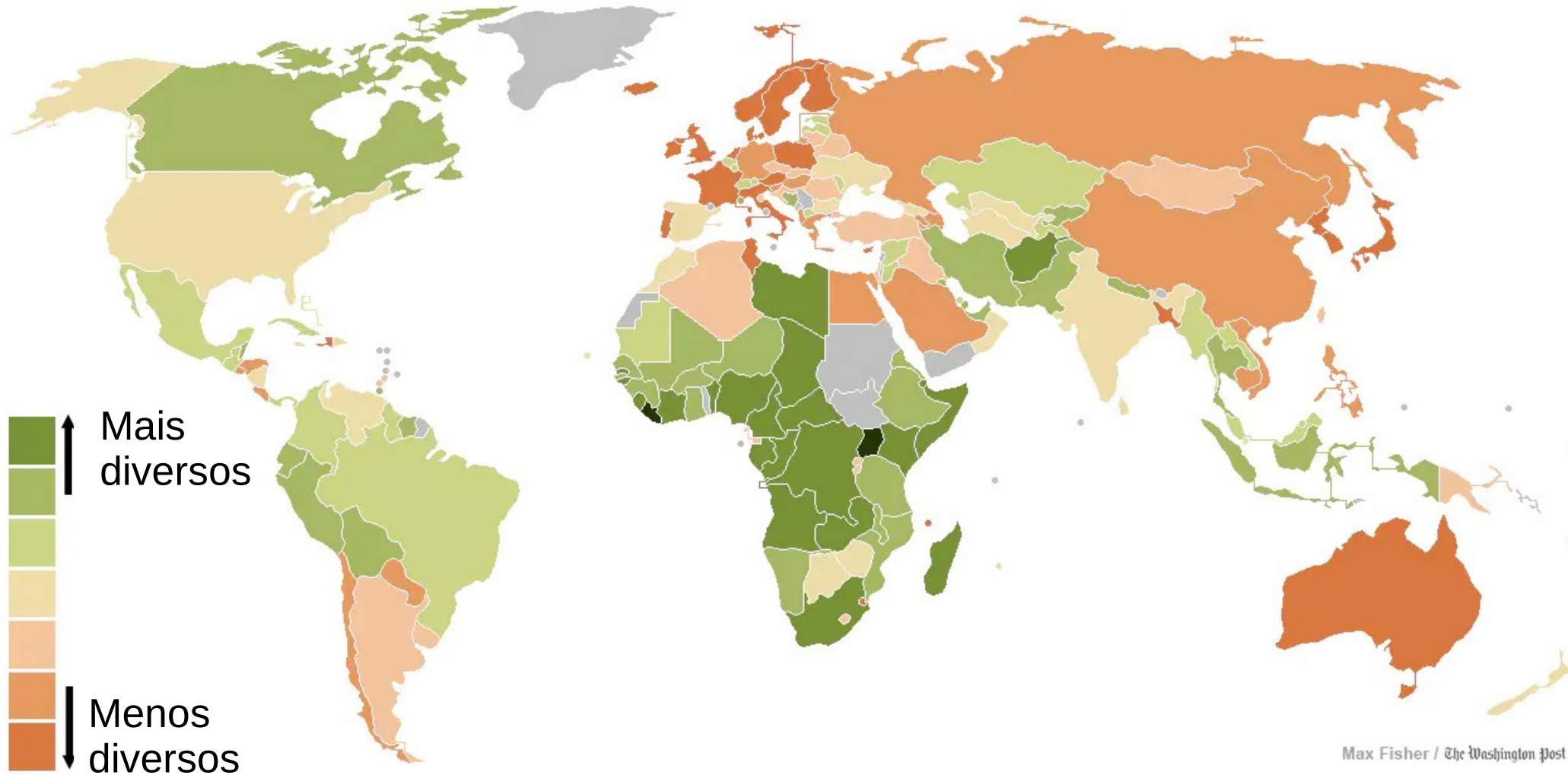
Média dos 3 índices de Biodiversidade



GIRARDELLO, Marco et al. Global synergies and trade-offs between multiple dimensions of biodiversity and ecosystem services. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 5636, 2019.

# Diversidade Cultural

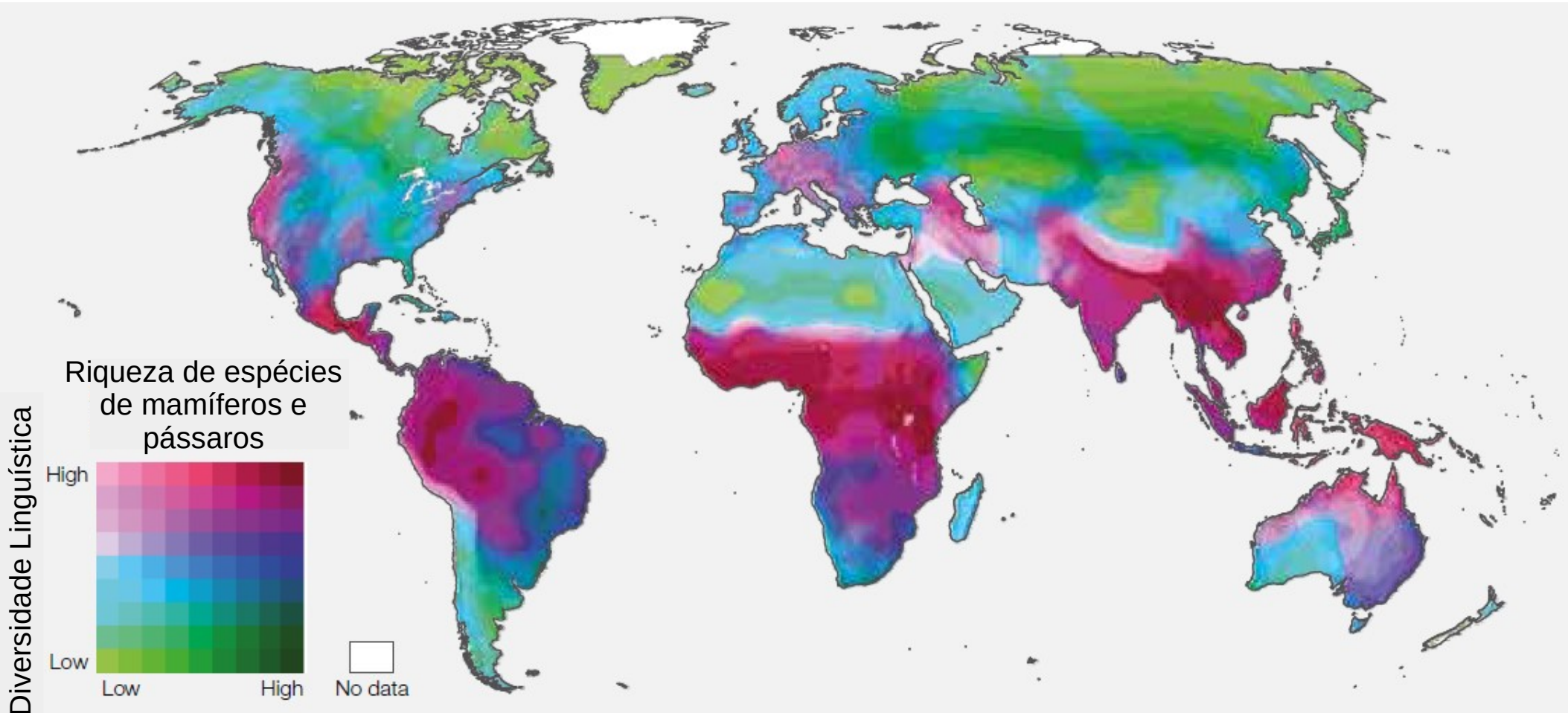
*Riqueza e equabilidade de etnias, linguagens e religiões*



Fisher, M. (2013). A revealing map of the world's most and least ethnically diverse countries. The Washington Post, 16.



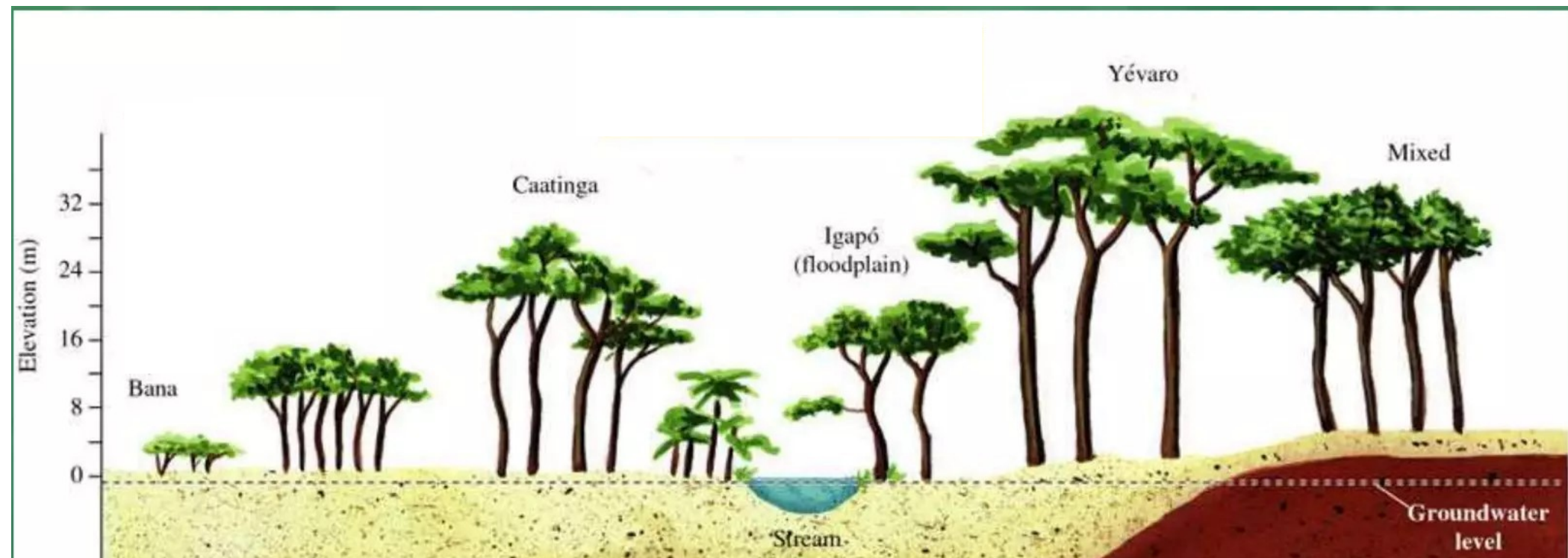
# Biodiversidade x Diversidade de linguagens



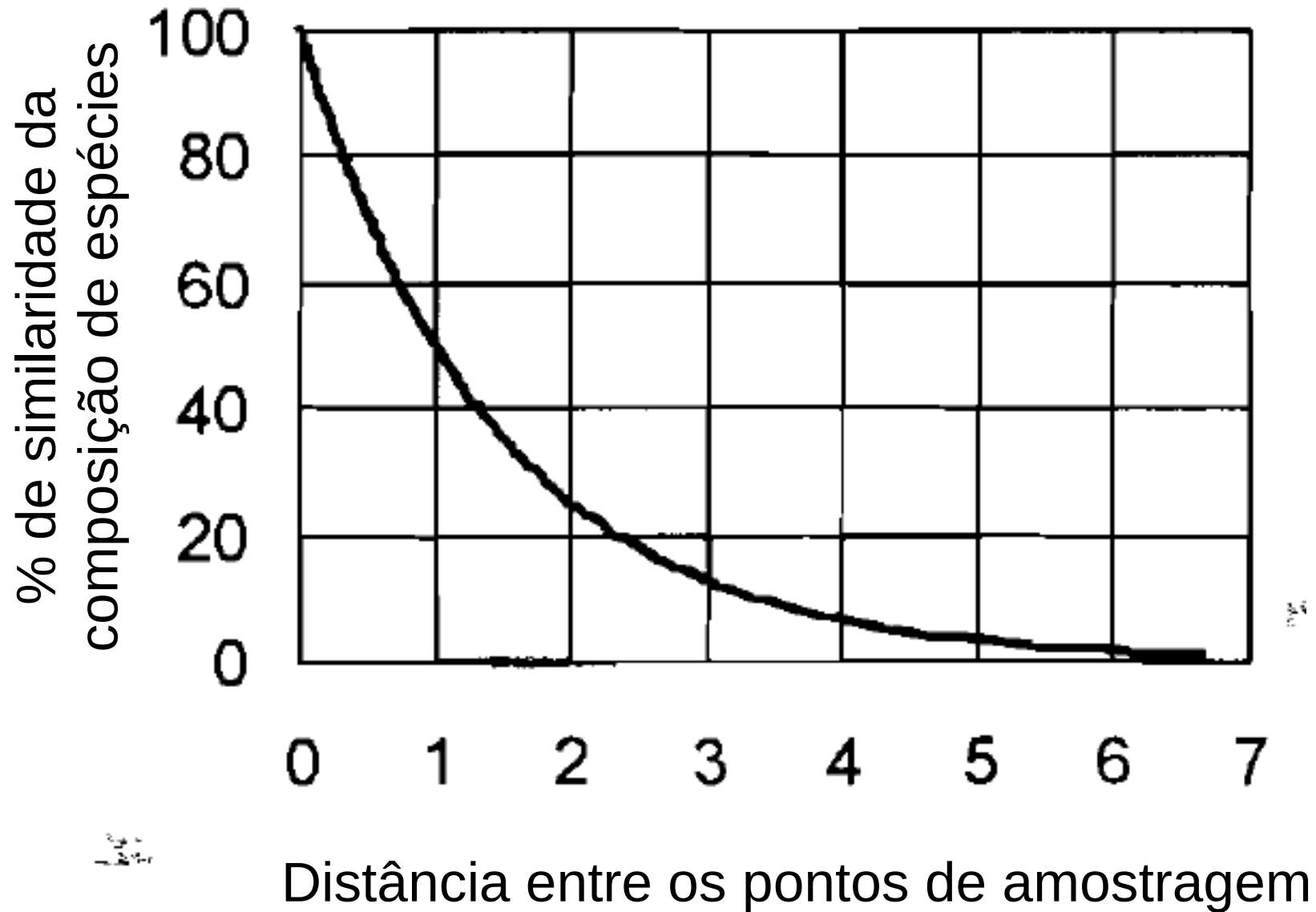
Scholes, R., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M., ... & Willemen, L. (2018). The assessment report on Land degradation and restoration. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany [accessed 2021 January 04]. [https://ipbes.net/sites/default/files/2018\\_ldr\\_full\\_report\\_book\\_v4\\_pages.pdf](https://ipbes.net/sites/default/files/2018_ldr_full_report_book_v4_pages.pdf)

# Biodiversidade na paisagem

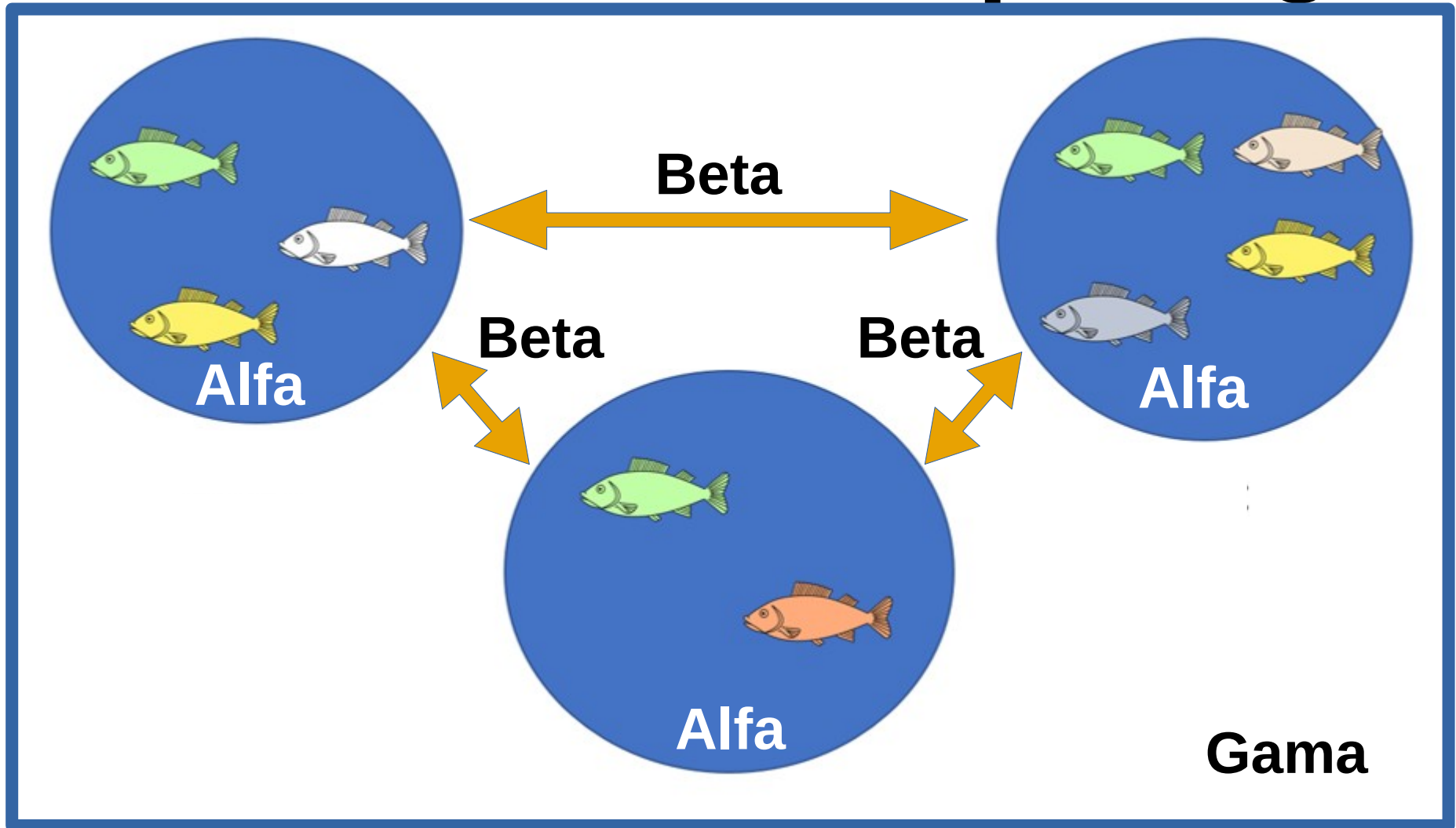
- Conforme se caminha em uma paisagem, que espécies
  - Deixam de aparecer?
  - Começam a aparecer?
  - Continuam aparecendo?



# Biodiversidade na paisagem



# Biodiversidade na paisagem



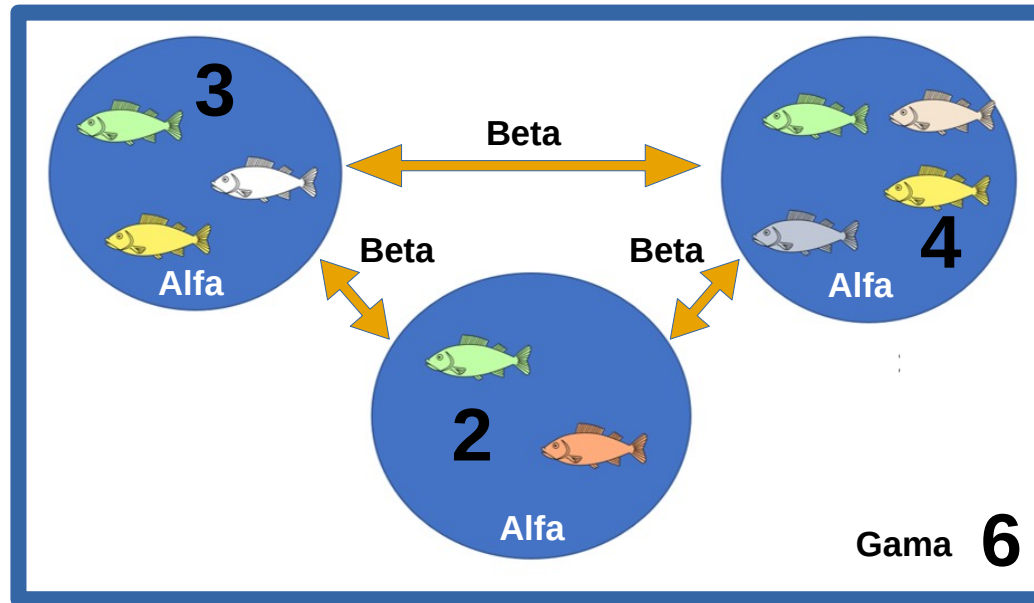
Diversidade:

Alfa = dentro de cada unidade de amostragem

Beta = diferença entre as unidades de amostragem

Gama = diversidade considerando todas as unidades de amostragem juntas

# Diversidade Beta



## Multiplicativa:

Beta =  $\frac{\text{Diversidade Gama}}{\text{Média das diversidades alfa}}$

$$\text{Beta} = \frac{6}{3} = 2$$

## Aditiva:

Beta = Diversidade gama - Média das diversidades alfa

$$\text{Beta} = 6 - 3 = 3$$

O que vocês aprenderam  
nesta aula, até agora,  
comparado ao conteúdo  
aprendido na disciplina de  
**“Biodiversidade: interações  
entre organismos e  
ambiente?”**



Muito obrigado!

Dúvidas?

Comentários?