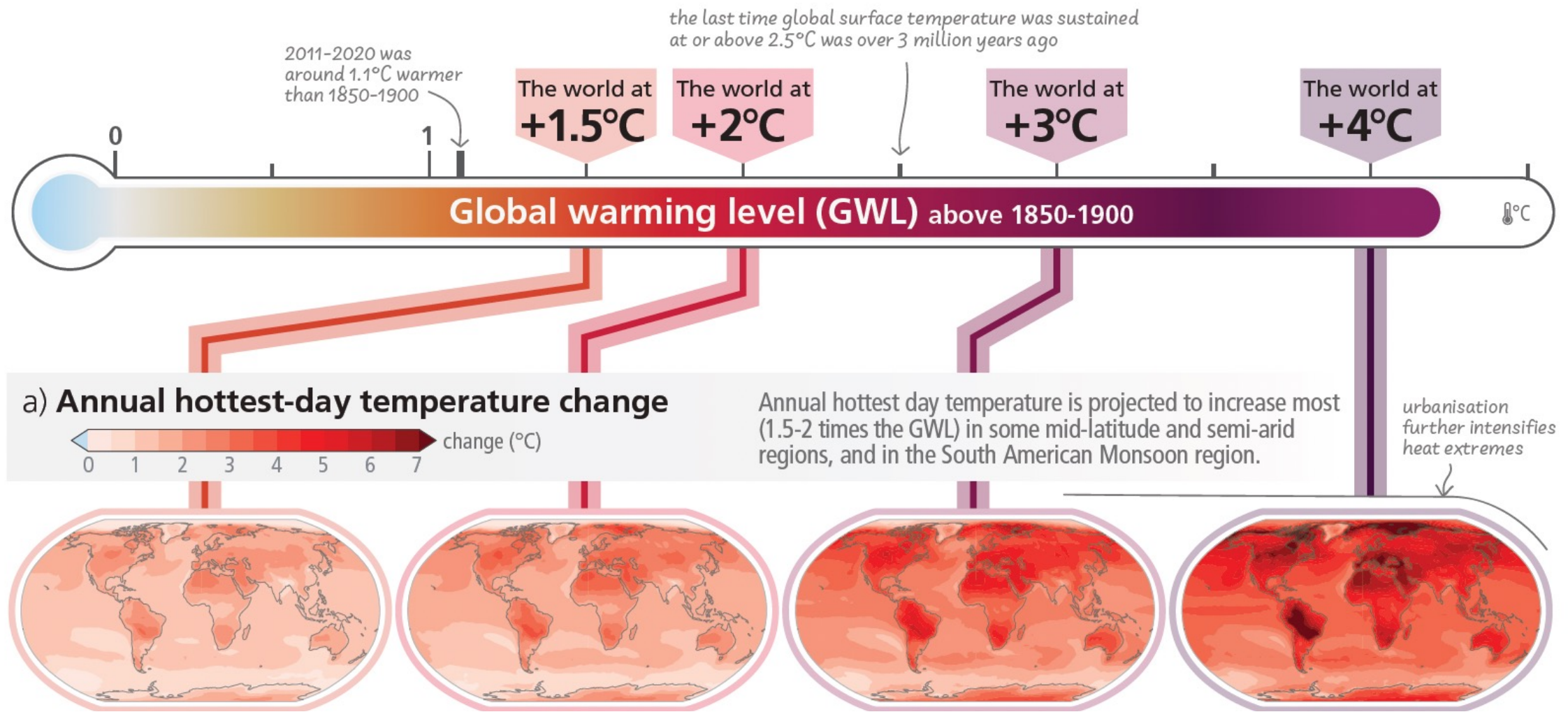
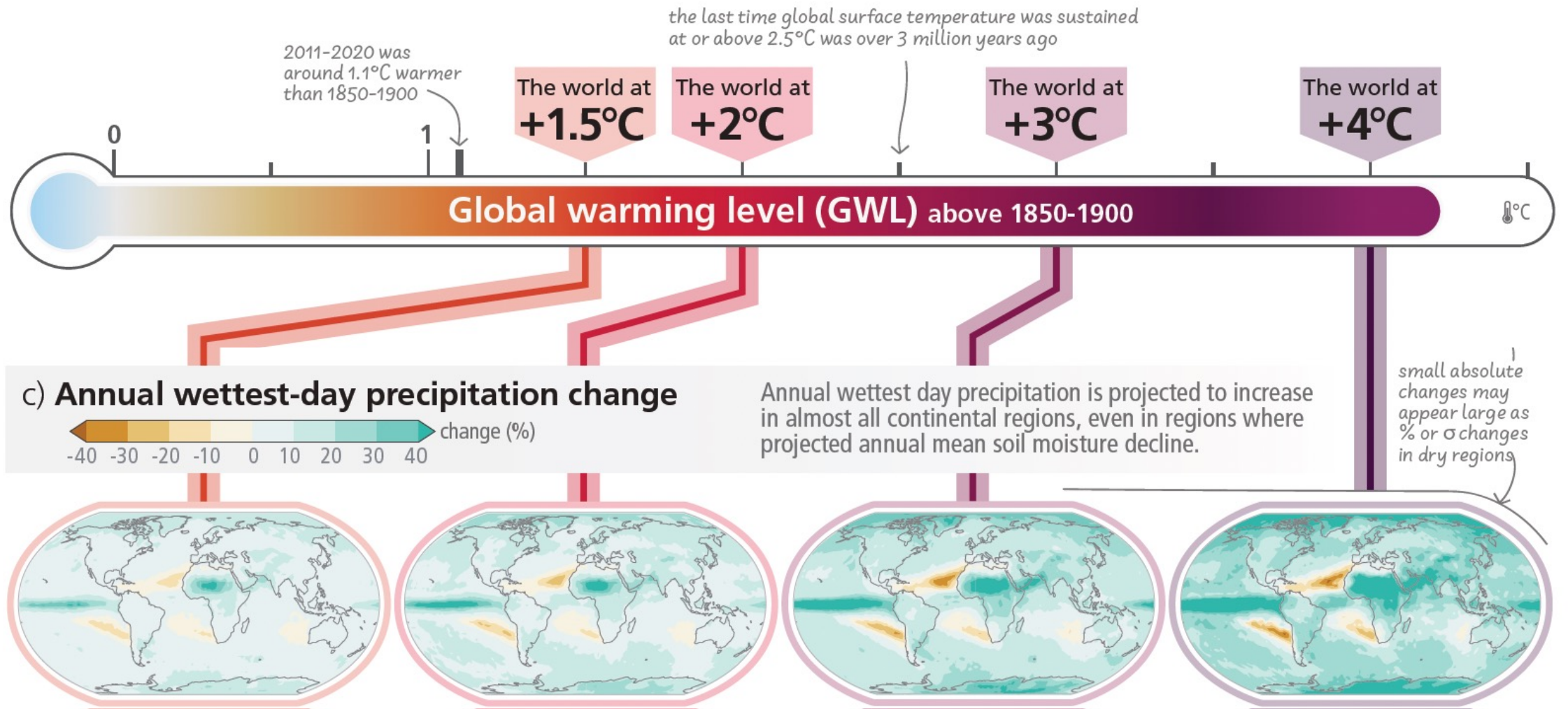


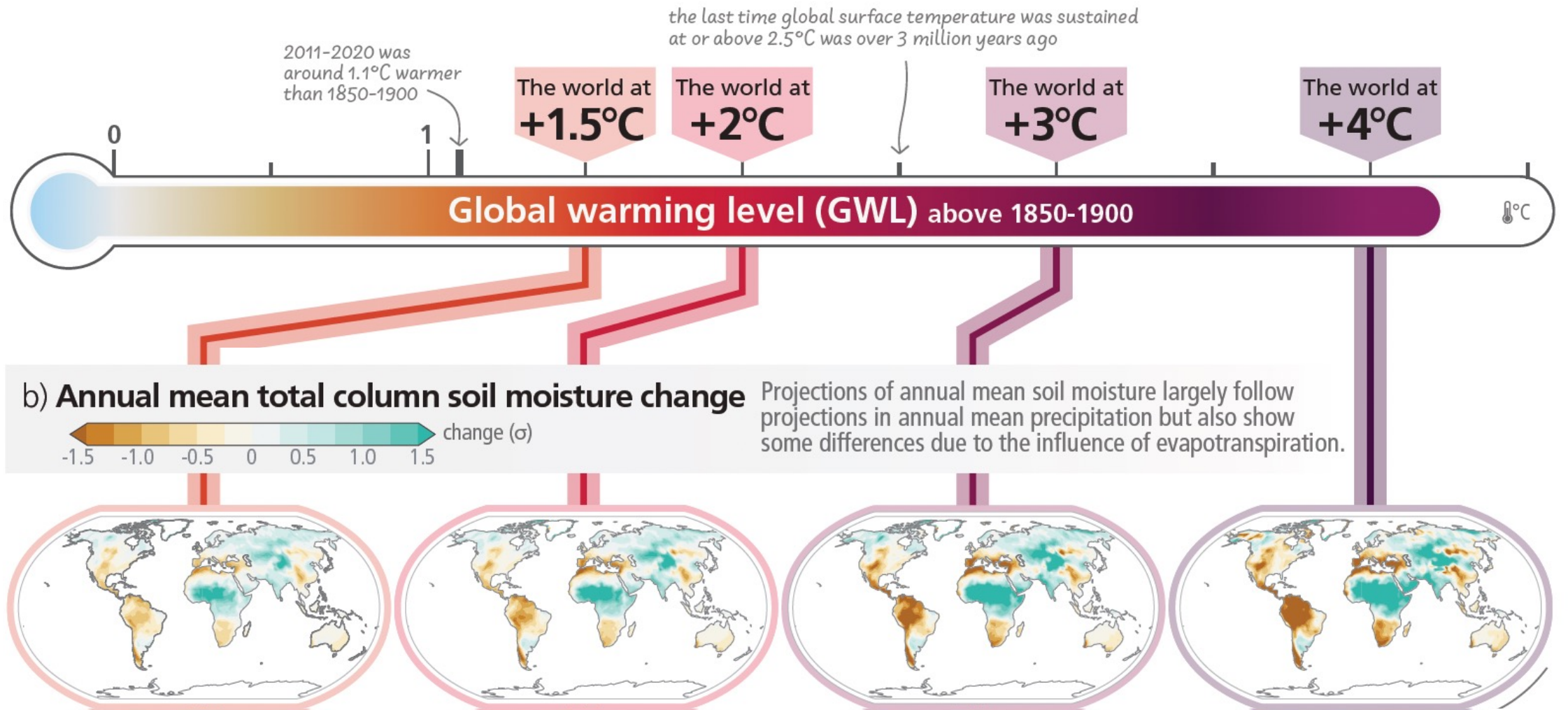


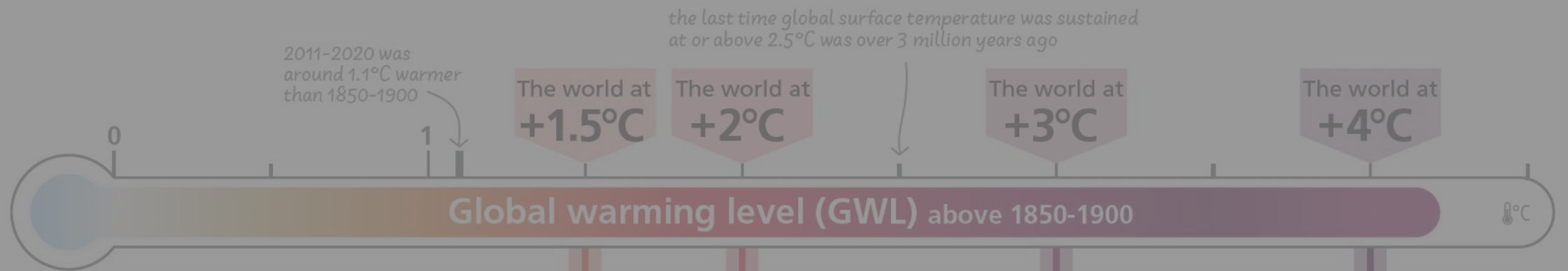
# Mudanças climáticas globais

Giuliano Maselli Locosselli  
locosselli@cena.usp.br









b) A

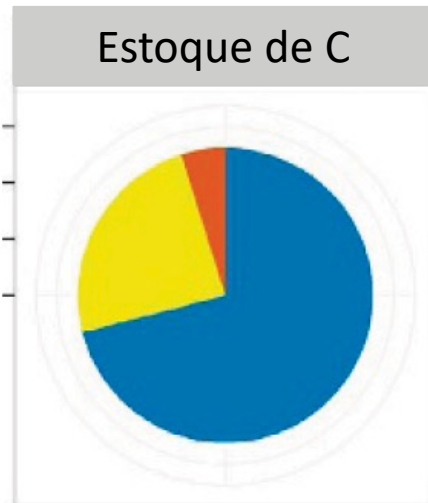
Qual o impacto destas mudanças nos ambientes naturais e antrópicos?



KEEP CALM  
AND  
AGUARDE: CENAS DOS  
PRÓXIMOS  
CAPÍTULOS



# Biodiversidade



- 71% dos estudos demonstram uma relação positiva entre o estoque de carbono e a biodiversidade.

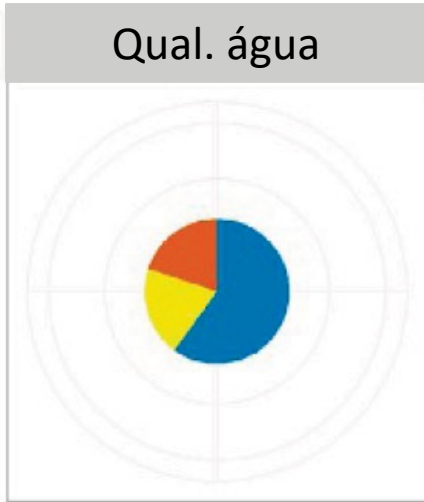


Ricketts et al 2016 Nature Communications 7: 13106





Qual. água



- 60% dos estudos demonstram uma relação positiva entre o qualidade da água superficial e a biodiversidade.



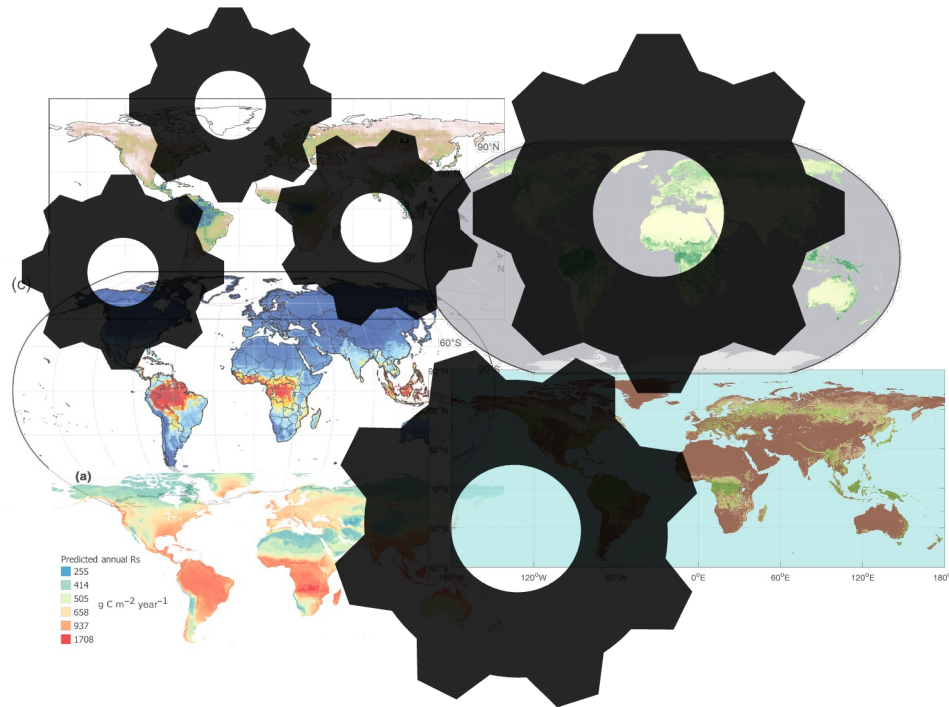
Ricketts et al 2016 Nature Communications 7: 13106





# Papel das florestas nos ciclos biogeoquímicos

## Ciclo do carbono



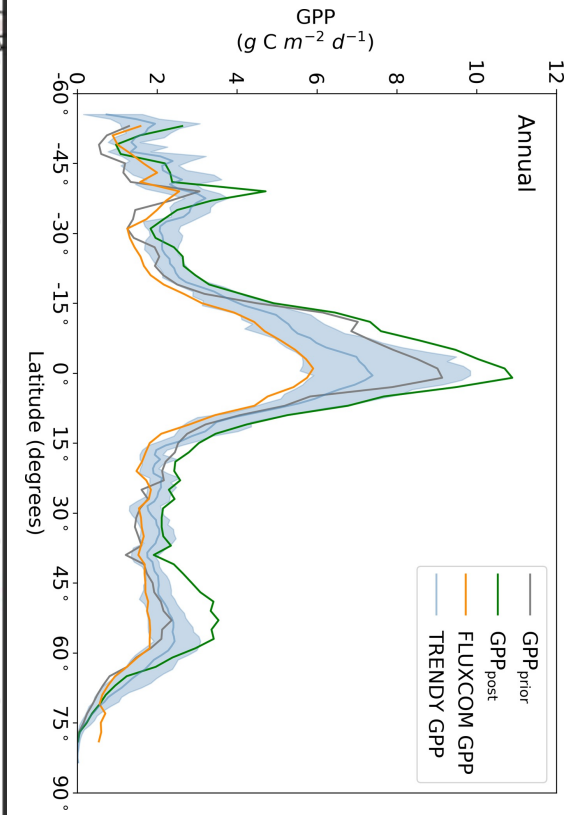
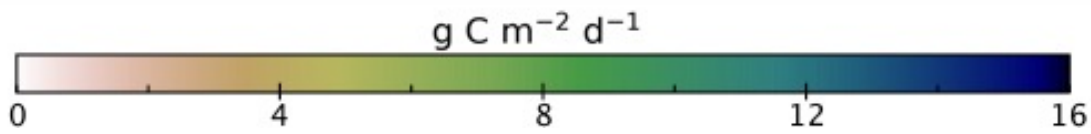
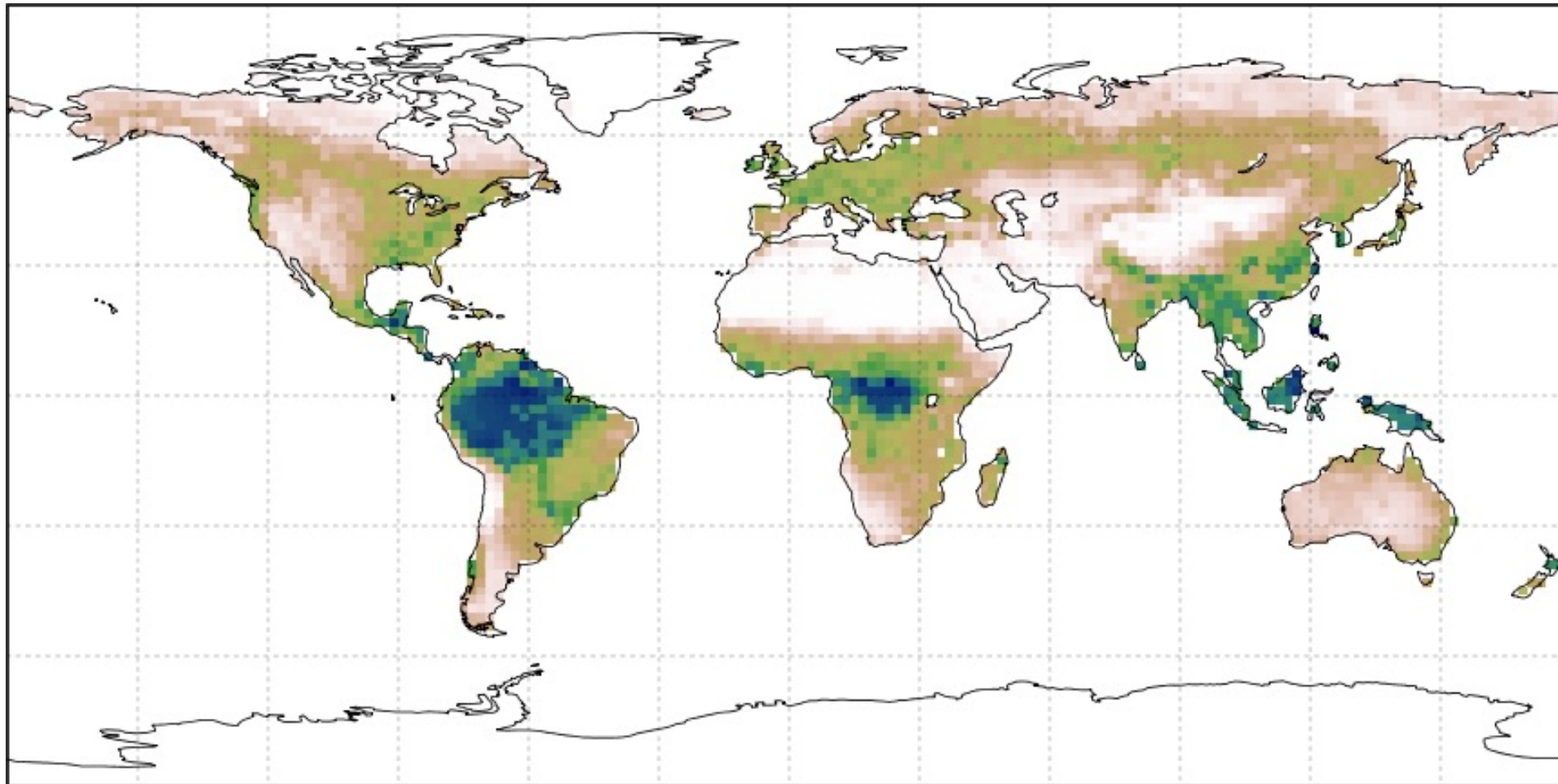
- Florestas removem 30% de todo o CO<sub>2</sub> antropogênico emitido anualmente.
- Florestas **tropicais** representam 60% da assimilação global e estocam equivalente 1/3 do CO<sub>2</sub> da atmosfera.

## Ciclo da água

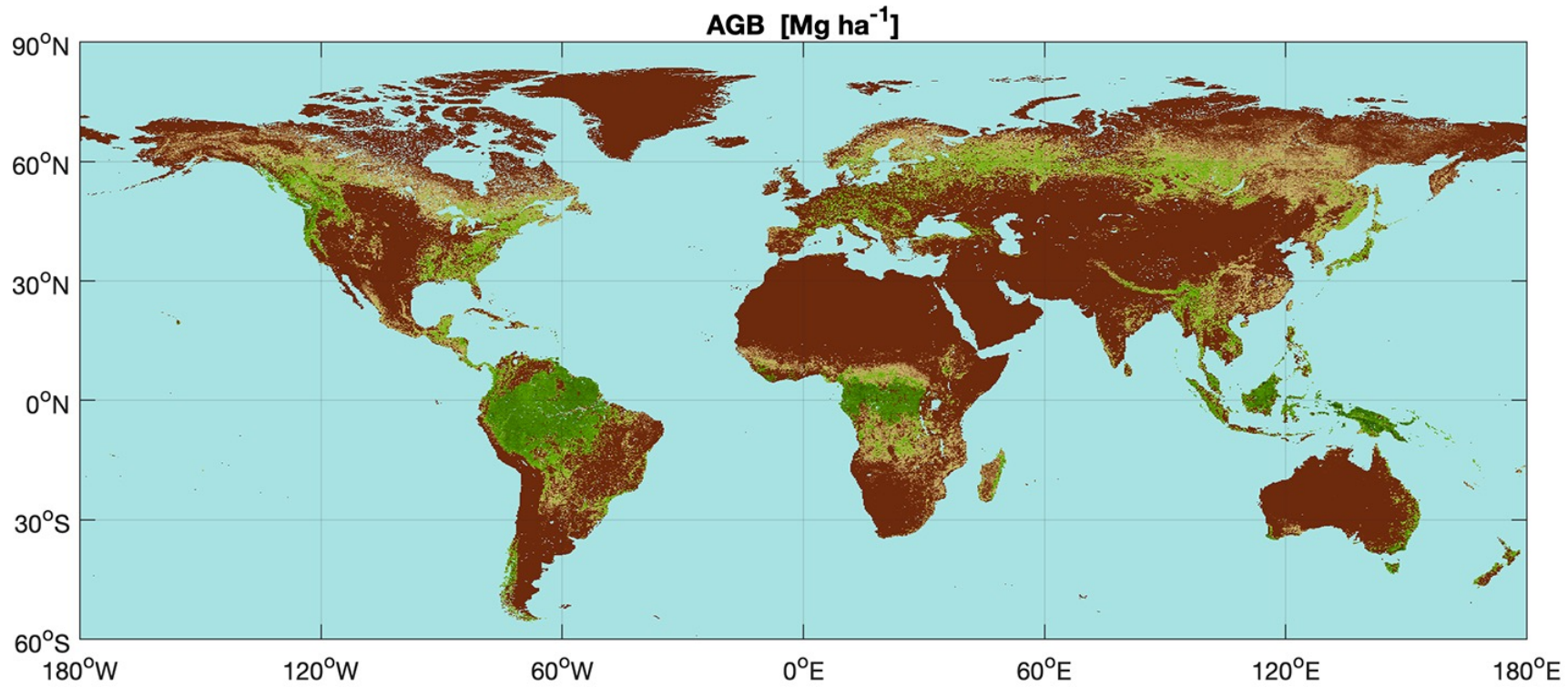


- Florestas devolvem à atmosfera 40% de toda a precipitação terrestre anualmente.
- 70% da evapotranspiração de florestas **tropicais** vem diretamente da transpiração das plantas.

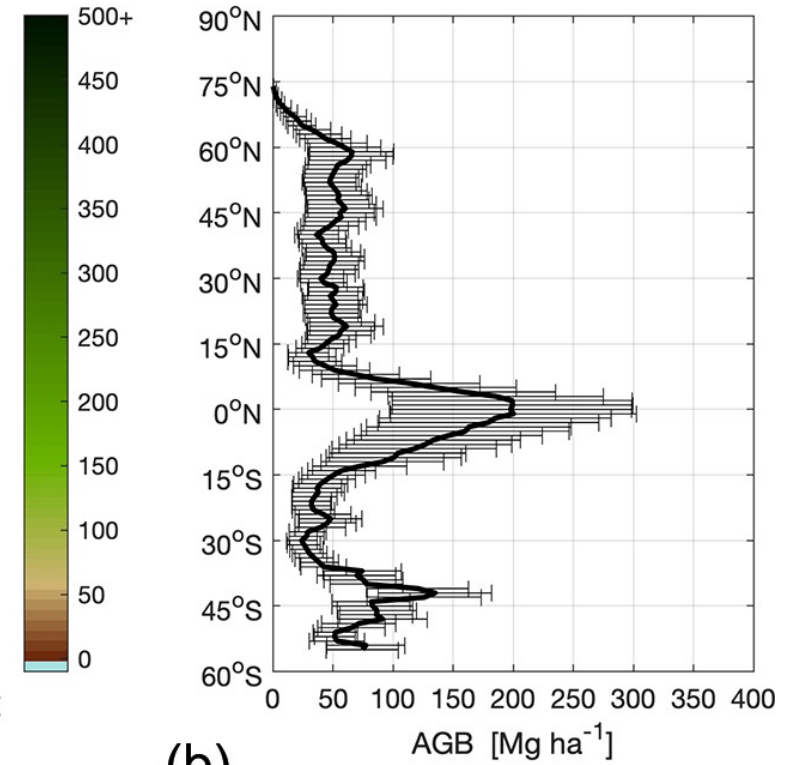
# Produtividade primária bruta



# Biomassa aérea

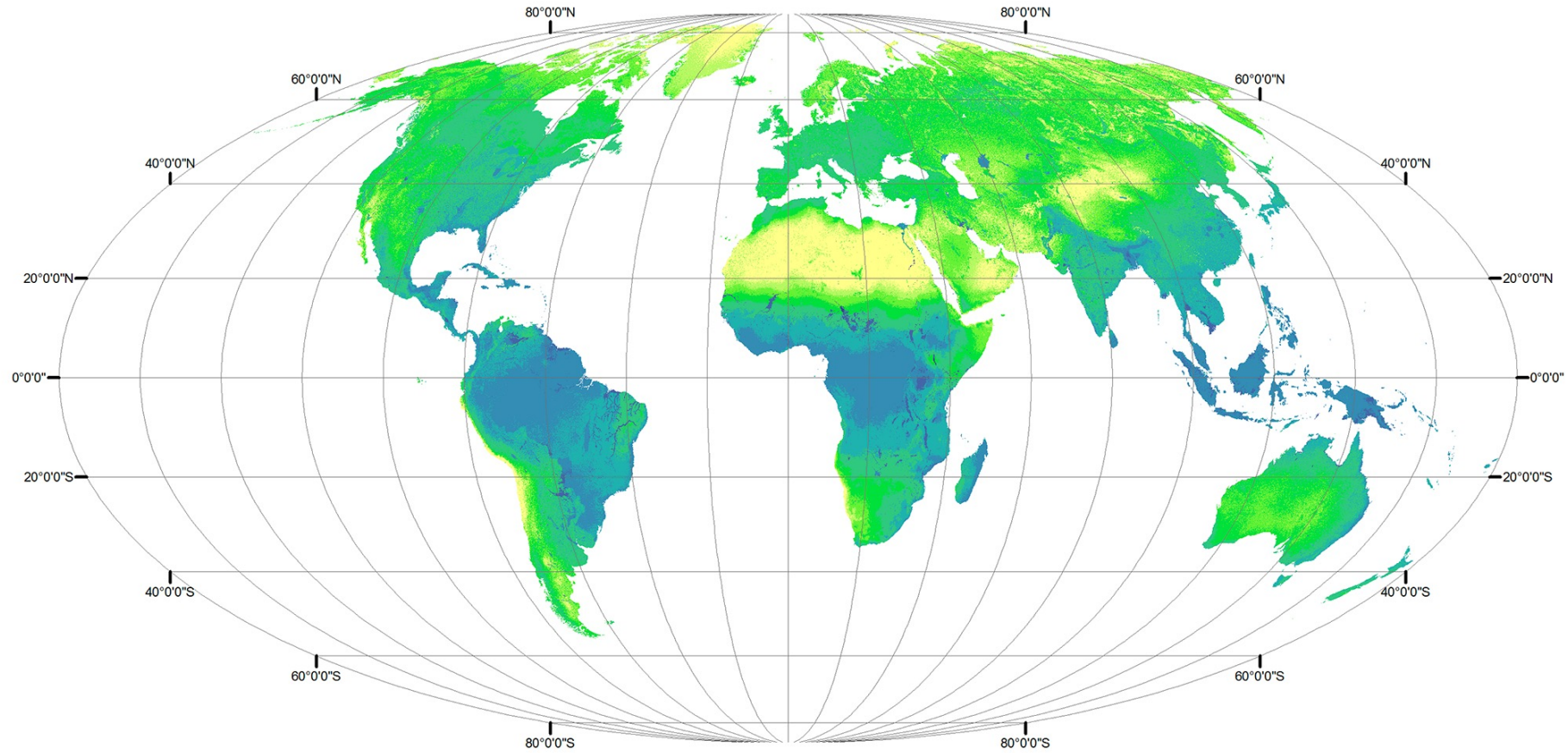


(a)



(b)

# Evapotranspiração média anual

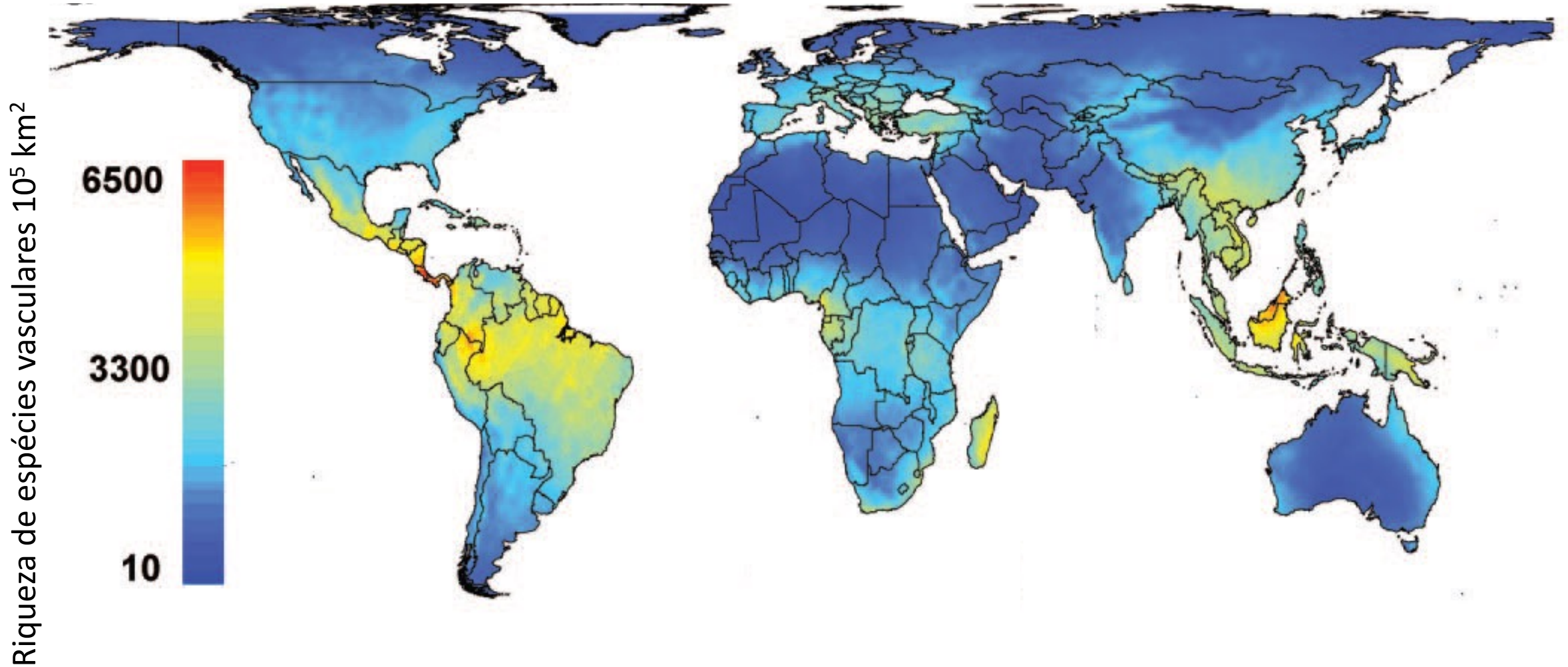


mm/year

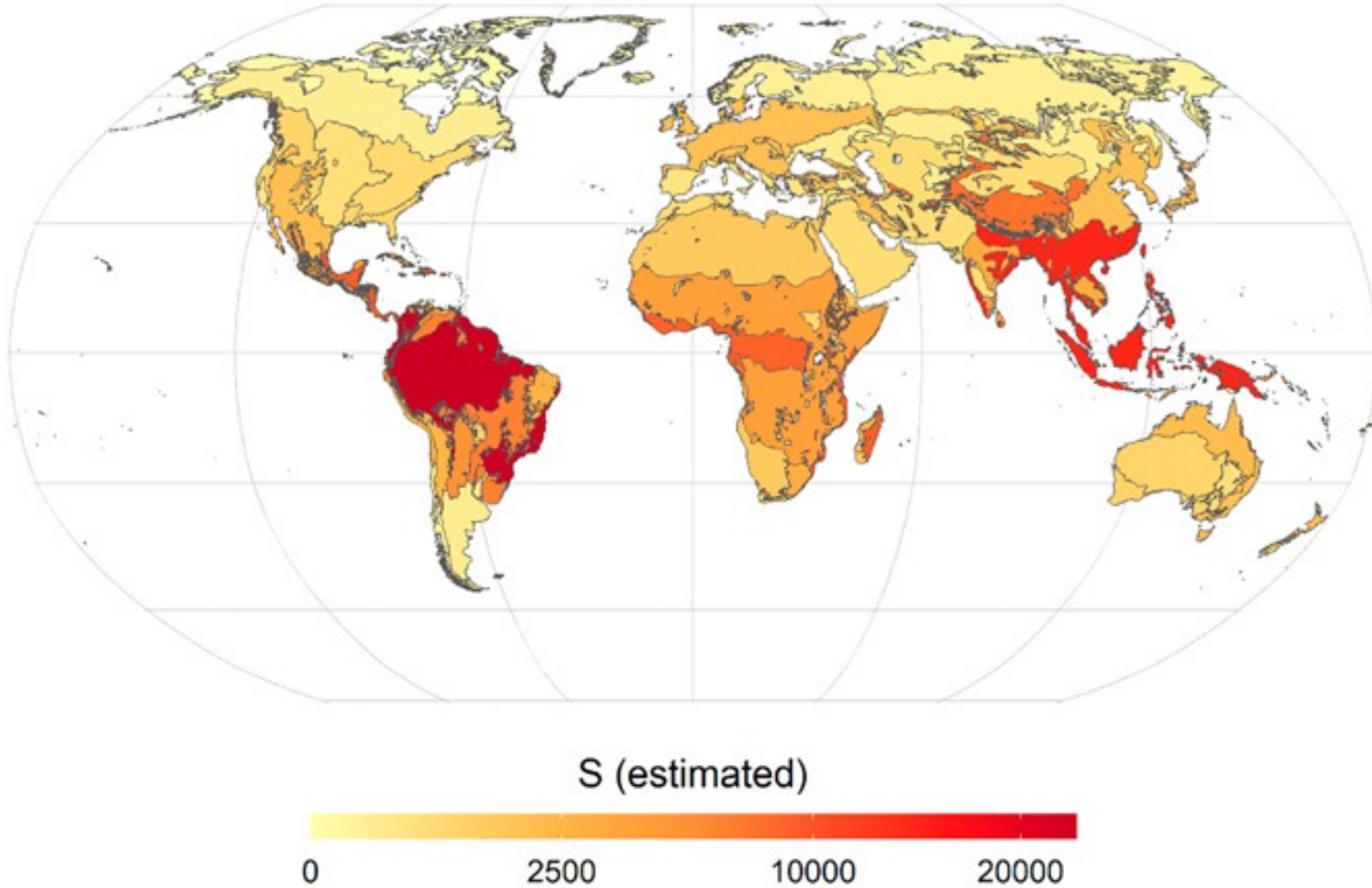


< 50 < 100 < 200 < 400 < 700 < 1 000 < 1 500 < 2 500 > 2 500

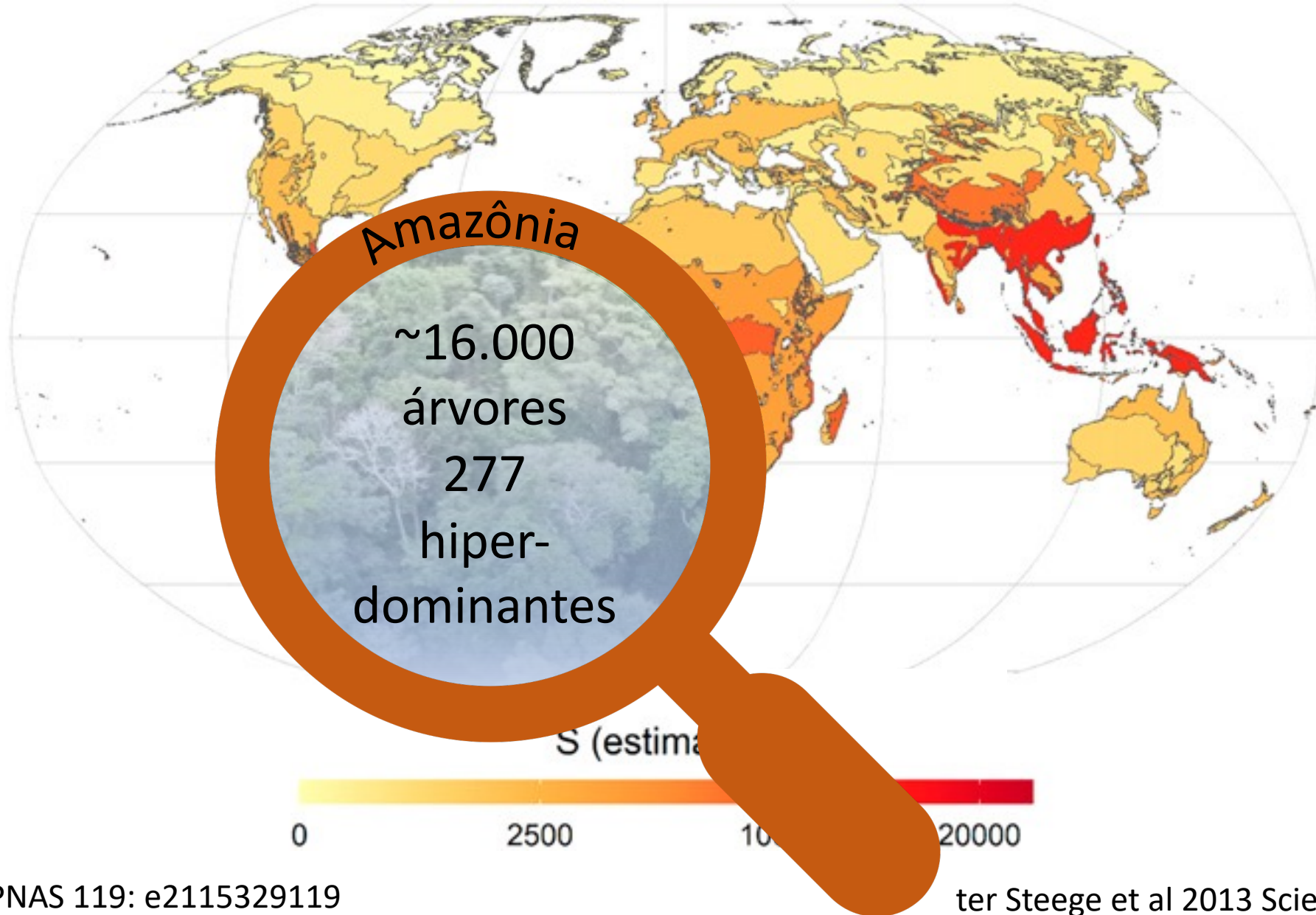
# Espécies de plantas vasculares ~ 300.000



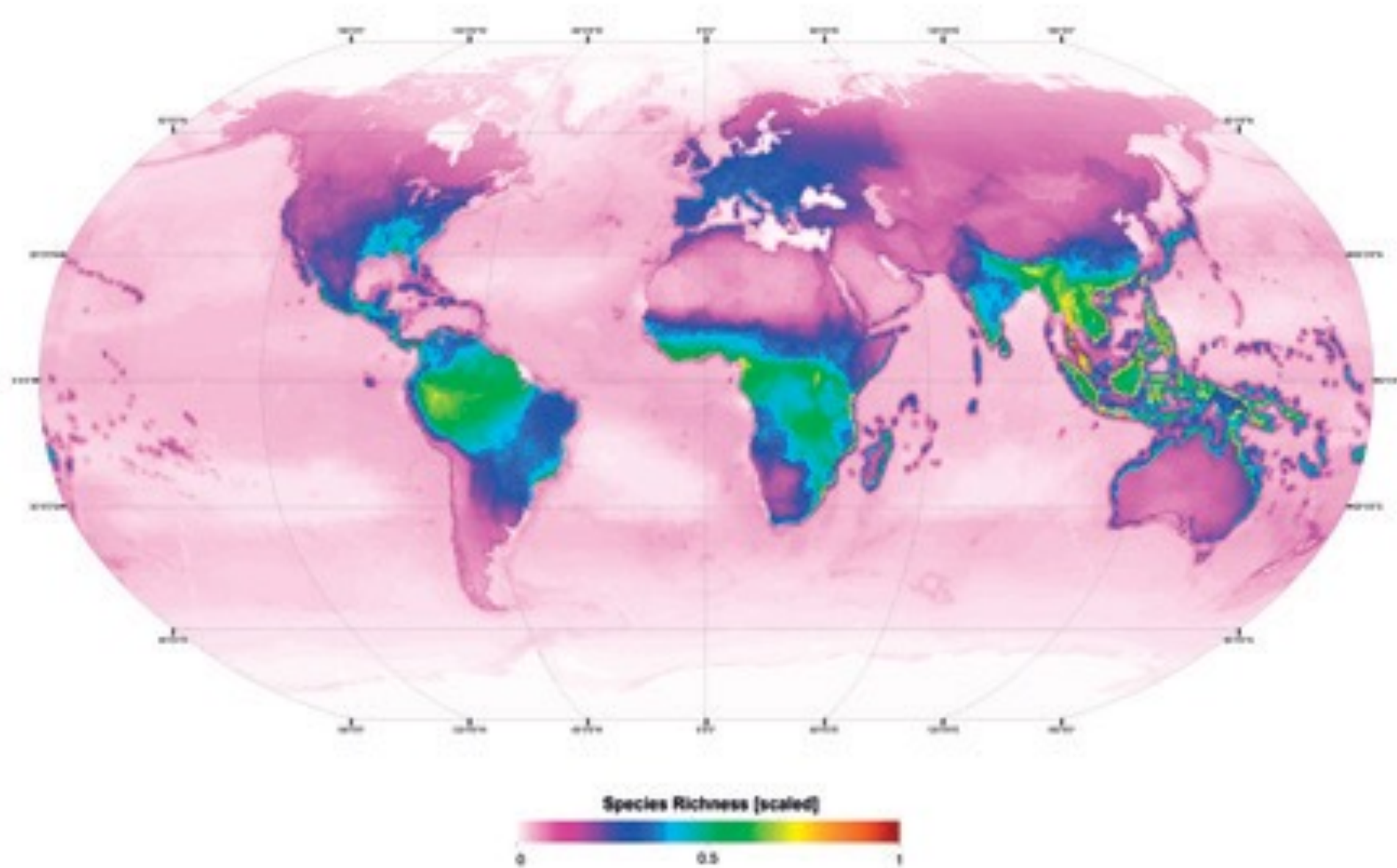
Espécies árvores = 73.000



Espécies árvores = 73.000

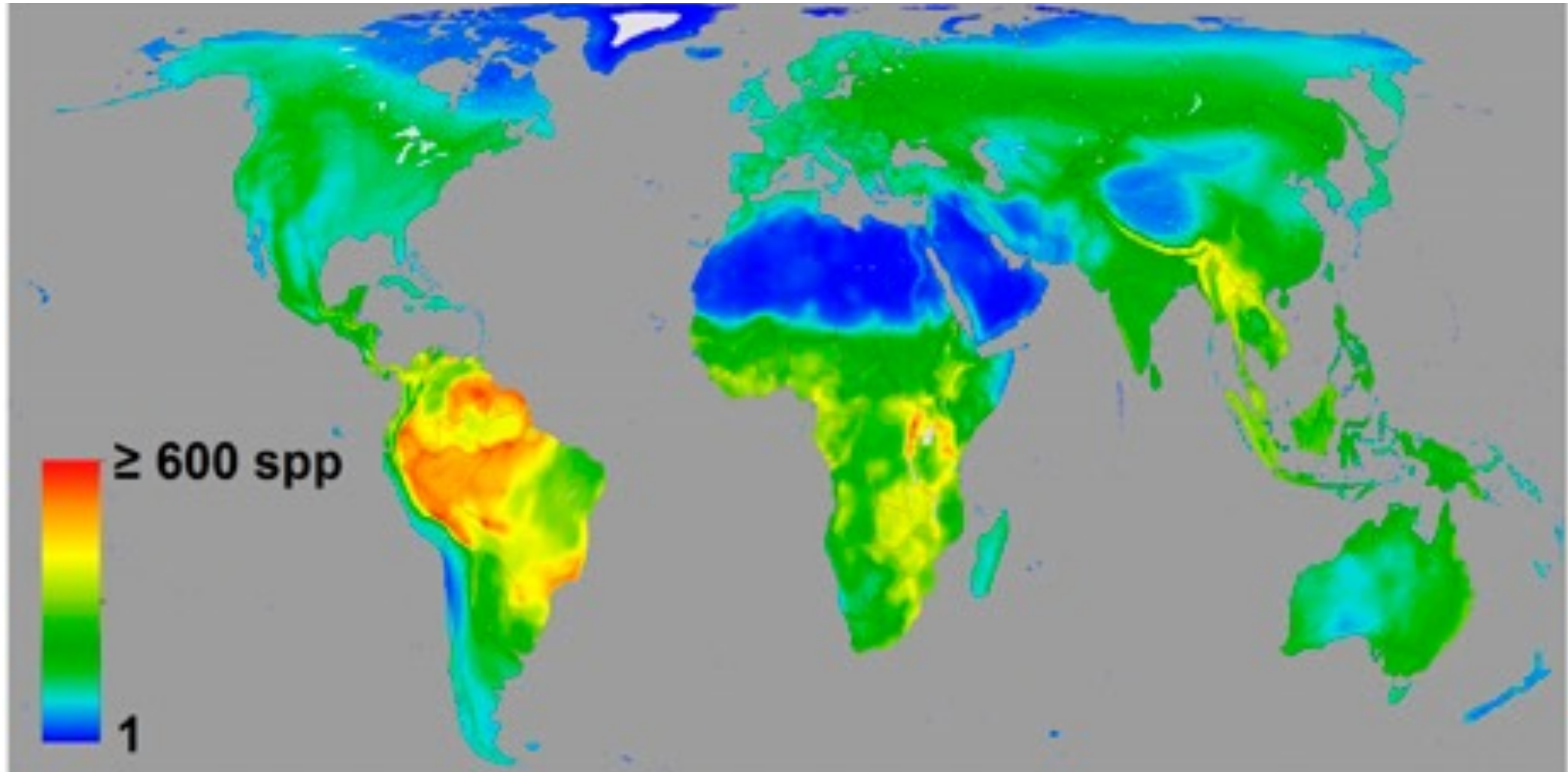


# Espécies de anfíbios répteis e mamíferos

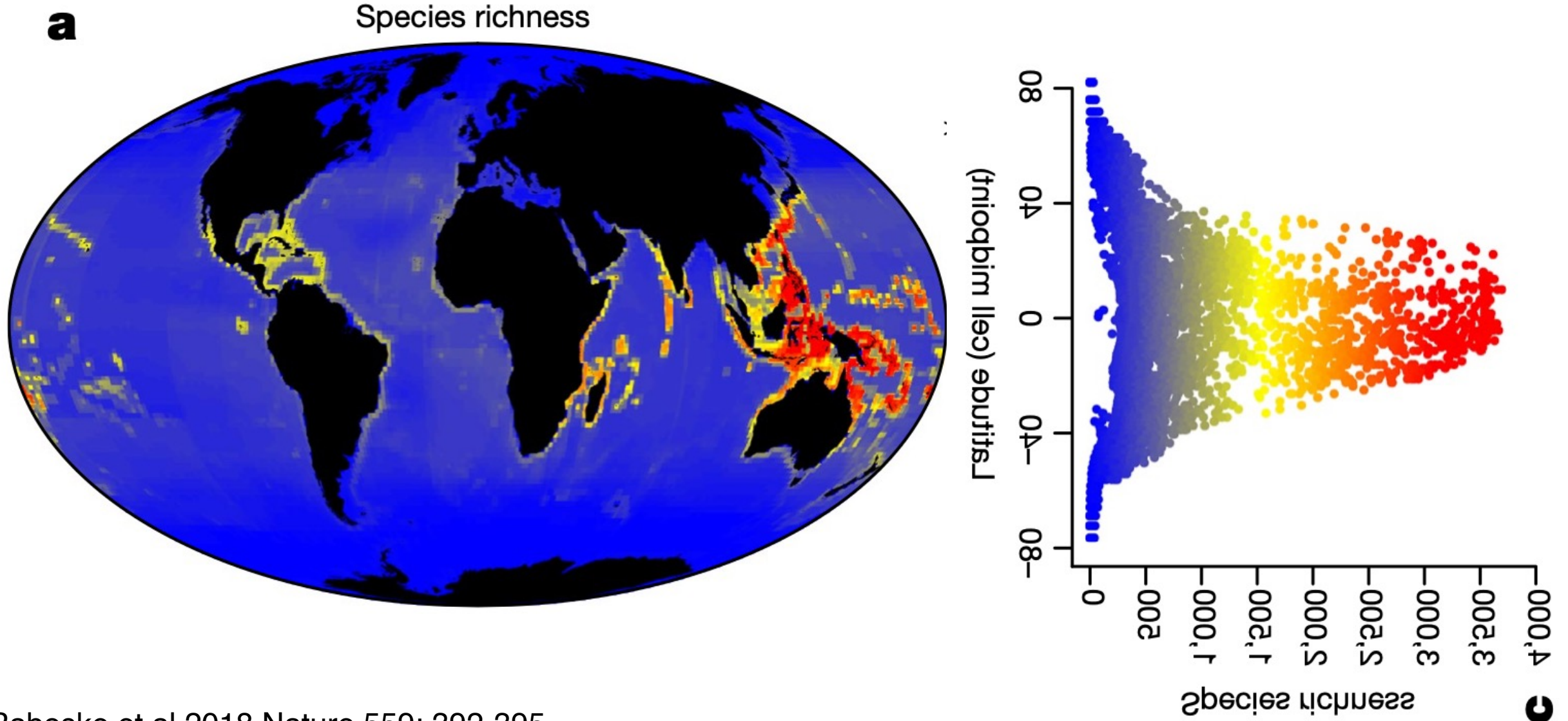




# Espécies de aves



# Espécies de peixes marinhos



# Perturbações e biodiversidade

Antropogênicas

Natural

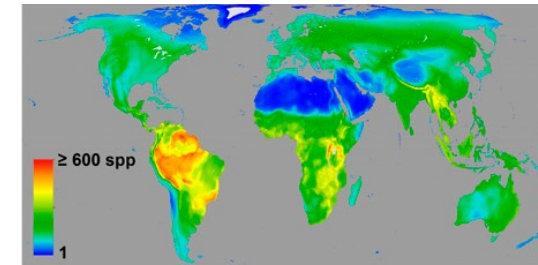
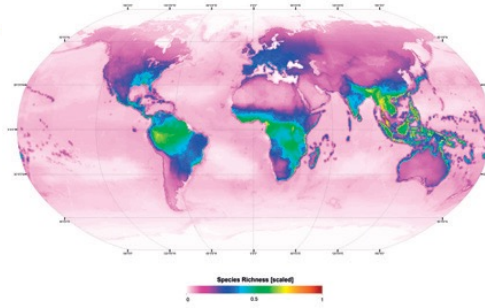
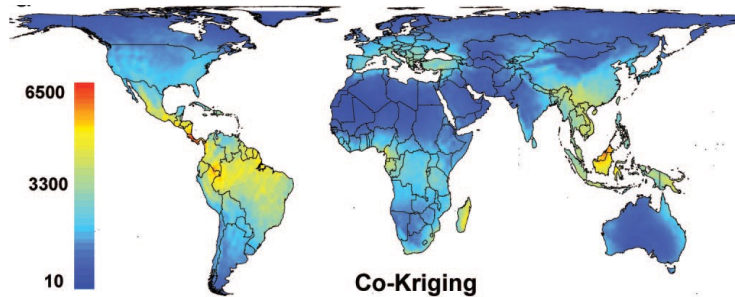
Mudança no uso do solo

Exploração direta

Poluição

Espécies invasoras

Mudanças climáticas



Mudanças em traços funcionais – plast. fenotípica/ adaptação

Mudanças composição de espécies e migração

Extinção

Berg et al (2010) Glob Change Biol 16: 587-598

IPBES 2019

# Perturbações e biodiversidade

Antropogênicas

Natural

Mudança no uso do solo

Exploração direta

Poluição

Espécies invasoras

Mudanças climáticas

Depende: I) tolerância ambiental, II) restrições de dispersão, III) interações biológicas com outras espécies

Peterson et al (2011) Monographs in Population Biology

Mudanças em traços funcionais – plat. fenotípica/ adaptação

Mudanças composição de espécies e migração

Extinção

# Mudanças climáticas: plasticidade fenotípica

**Plasticidade fenotípica:** conjunto de fenótipos (características) que um mesmo genótipo pode expressar de acordo com o ambiente.

- Plasticidade na forma e função retardam os efeitos das rápidas mudanças climáticas e assim provem tempo hábil para adaptação ou migração;
- Importantes tanto no curto quanto no longo prazo;
- Incluem tanto aumento da capacidade competitiva e reprodutiva, quanto simplesmente respostas a processos fisiológicos e limitação de recursos;
- Especialmente importante para organismos longevos como as árvores que possuem uma taxa de adaptação genética muito lenta.

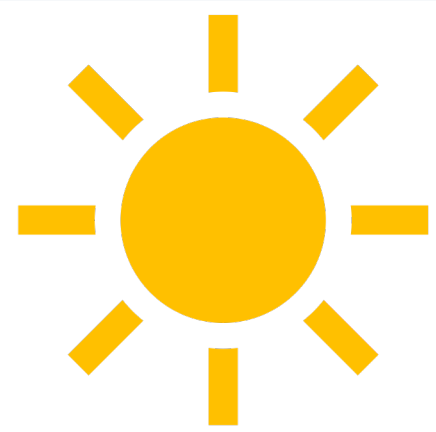
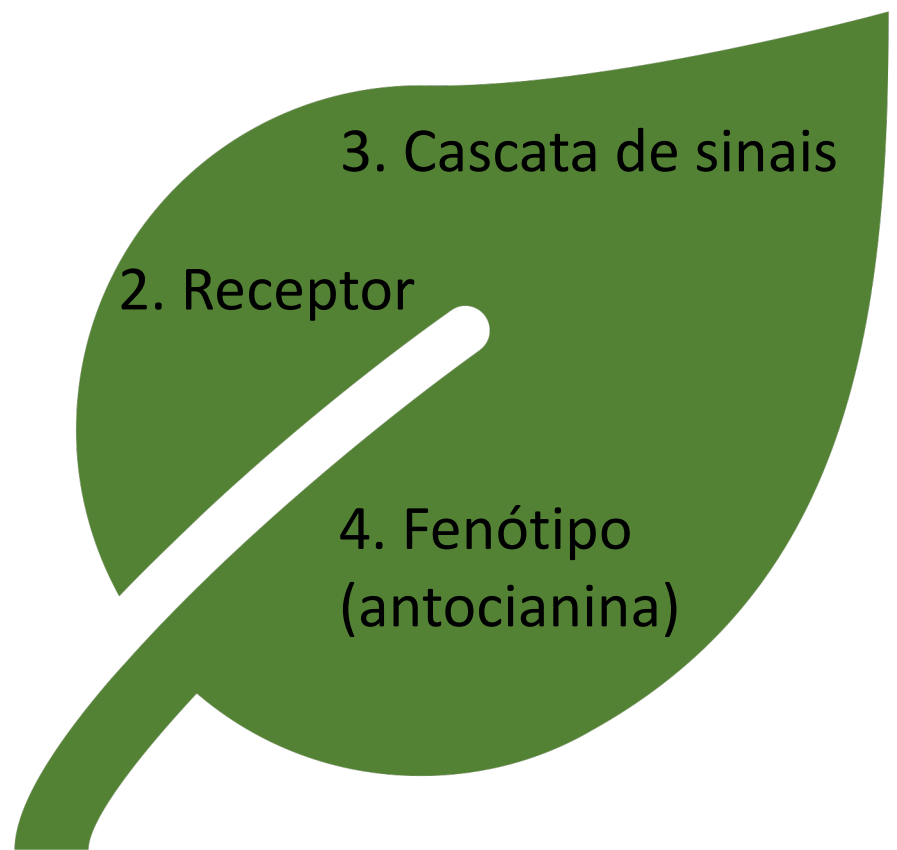




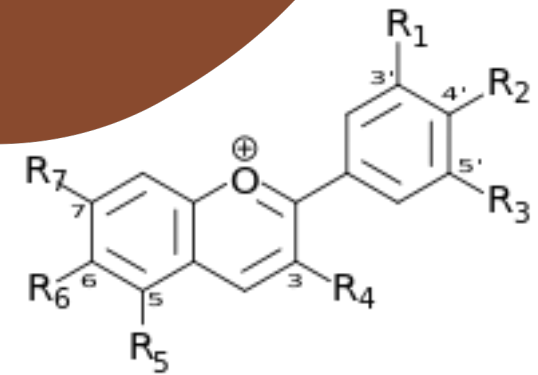
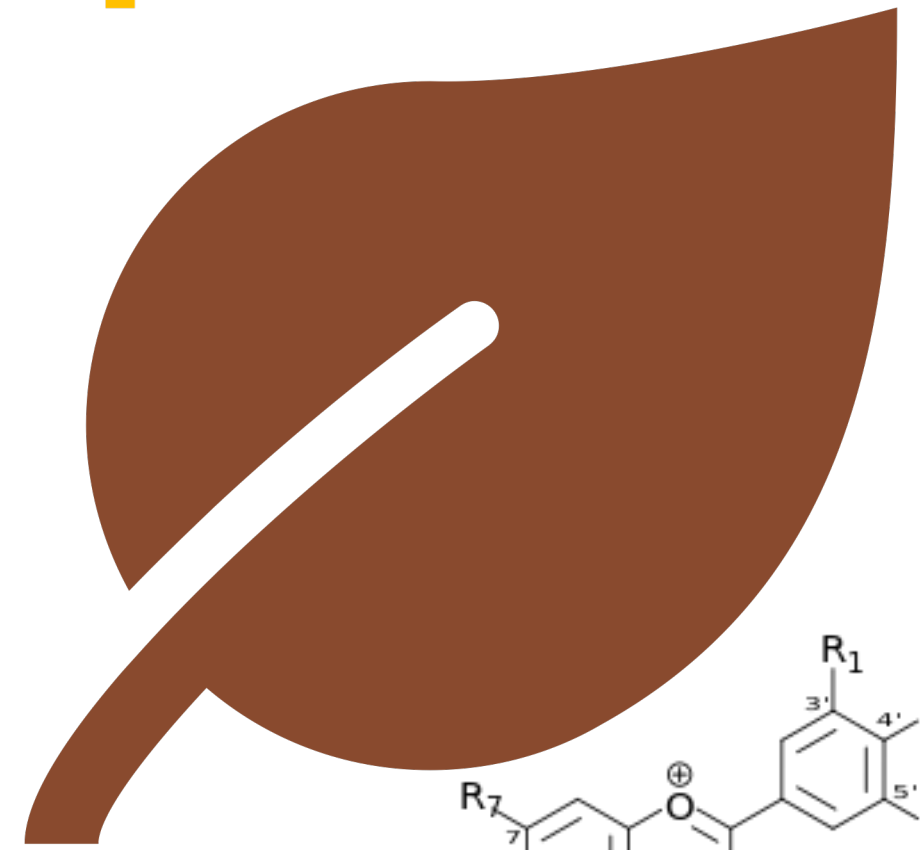


1. Sinal (luz)

Ambiente 1

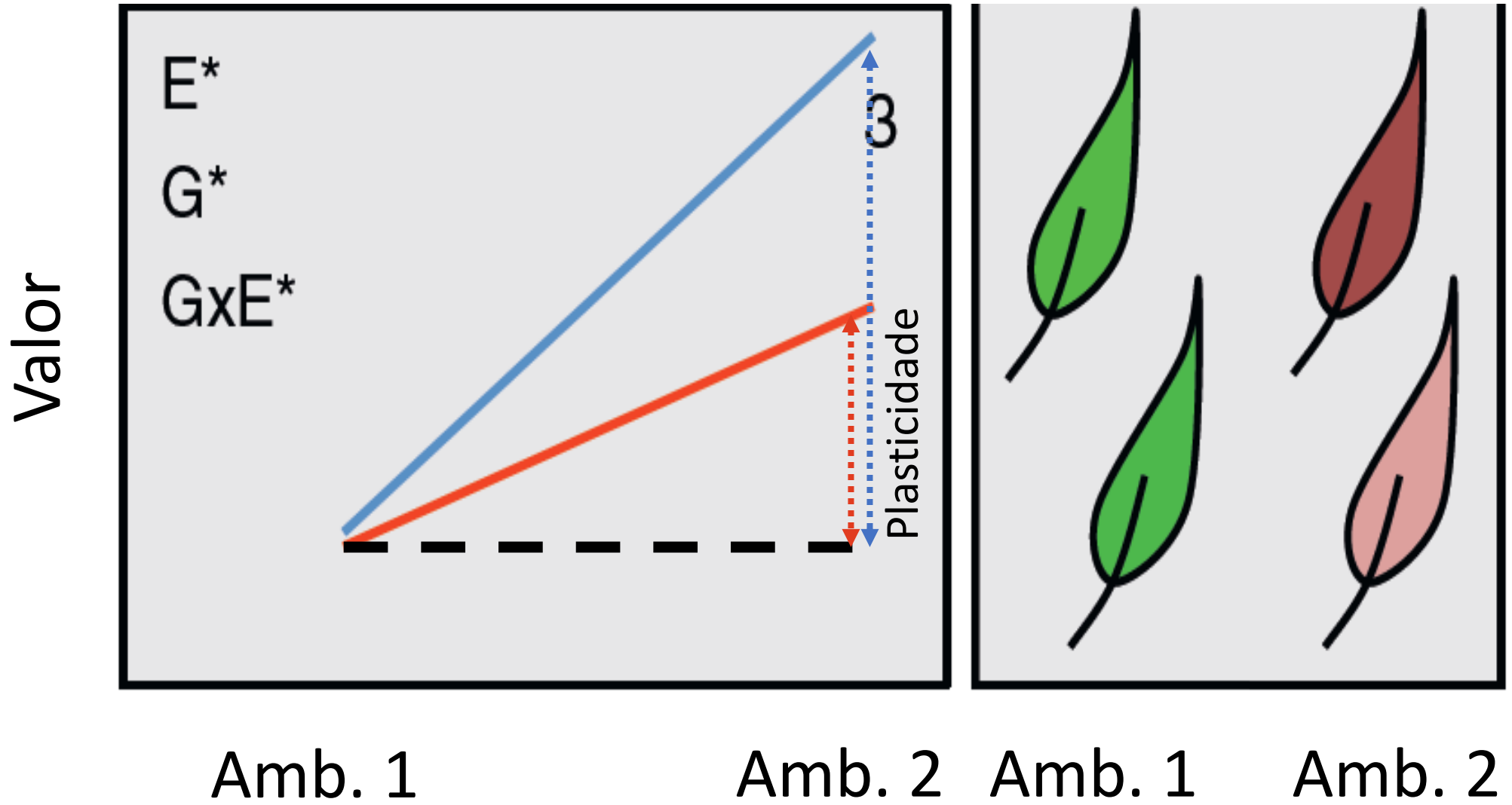


Ambiente 2

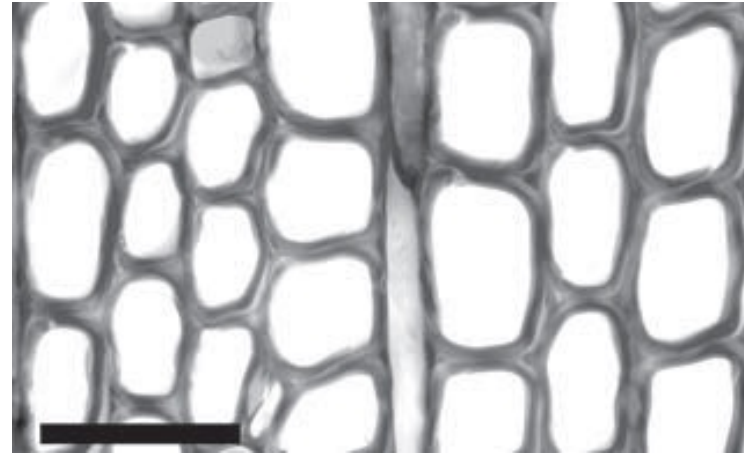




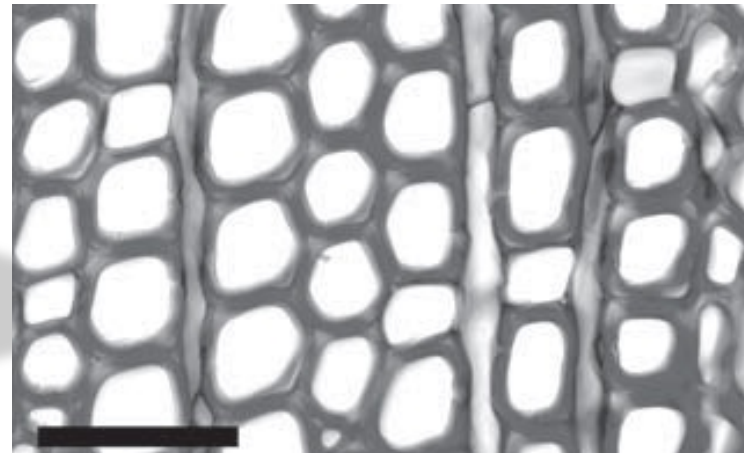




# Plasticidade *Podocarpus lambertii* (Podocarpaceae)

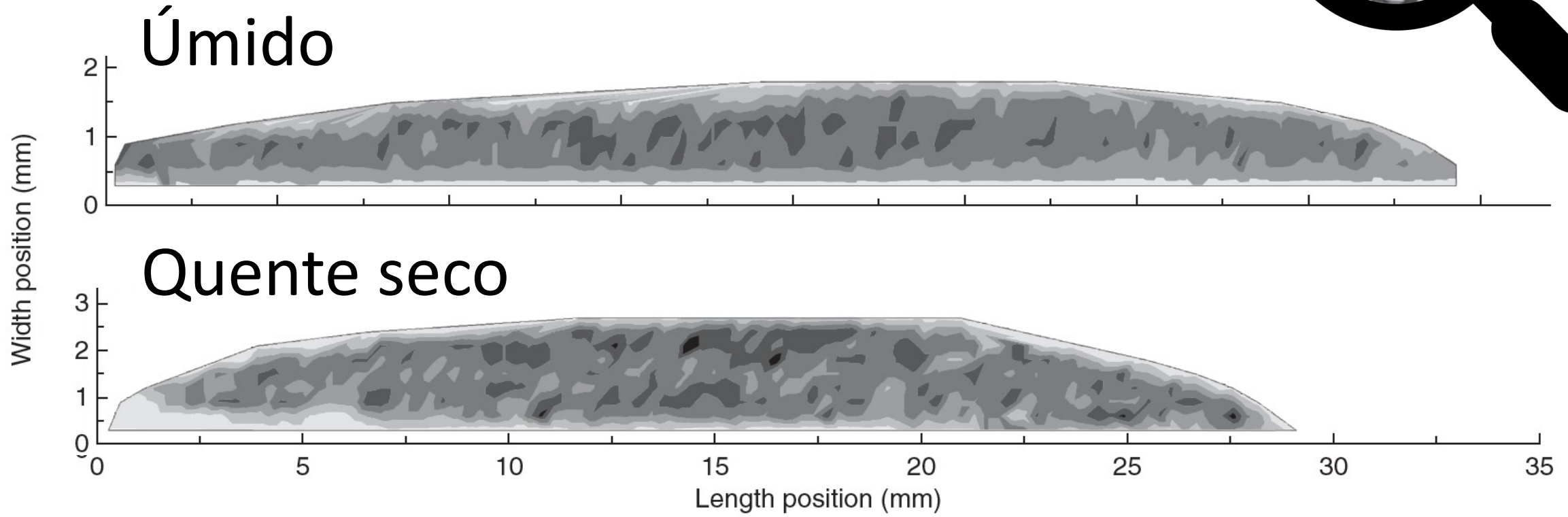
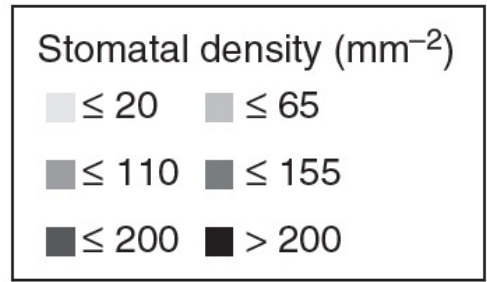


Úmido



Quente  
seco

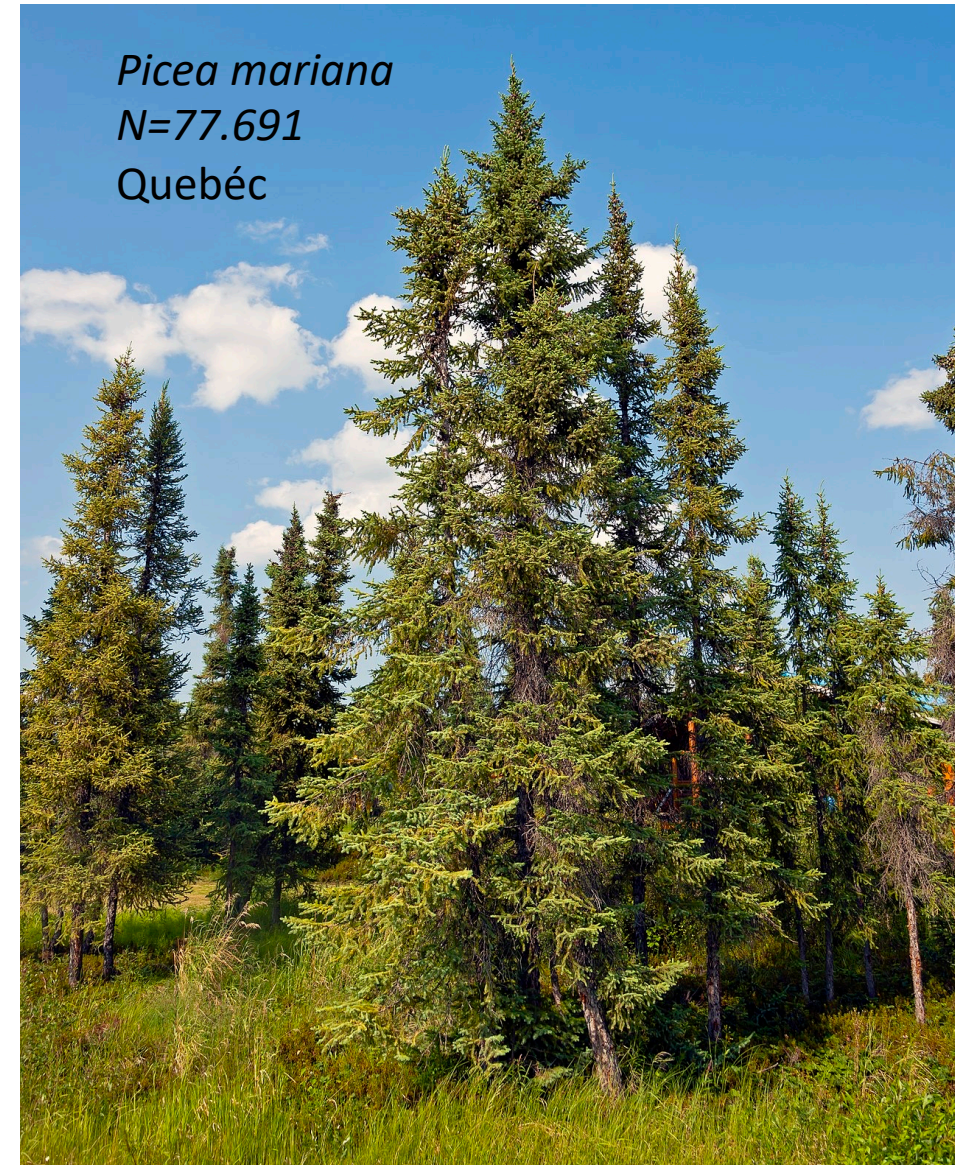
# Plasticidade *Podocarpus lambertii* (Podocarpaceae)



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

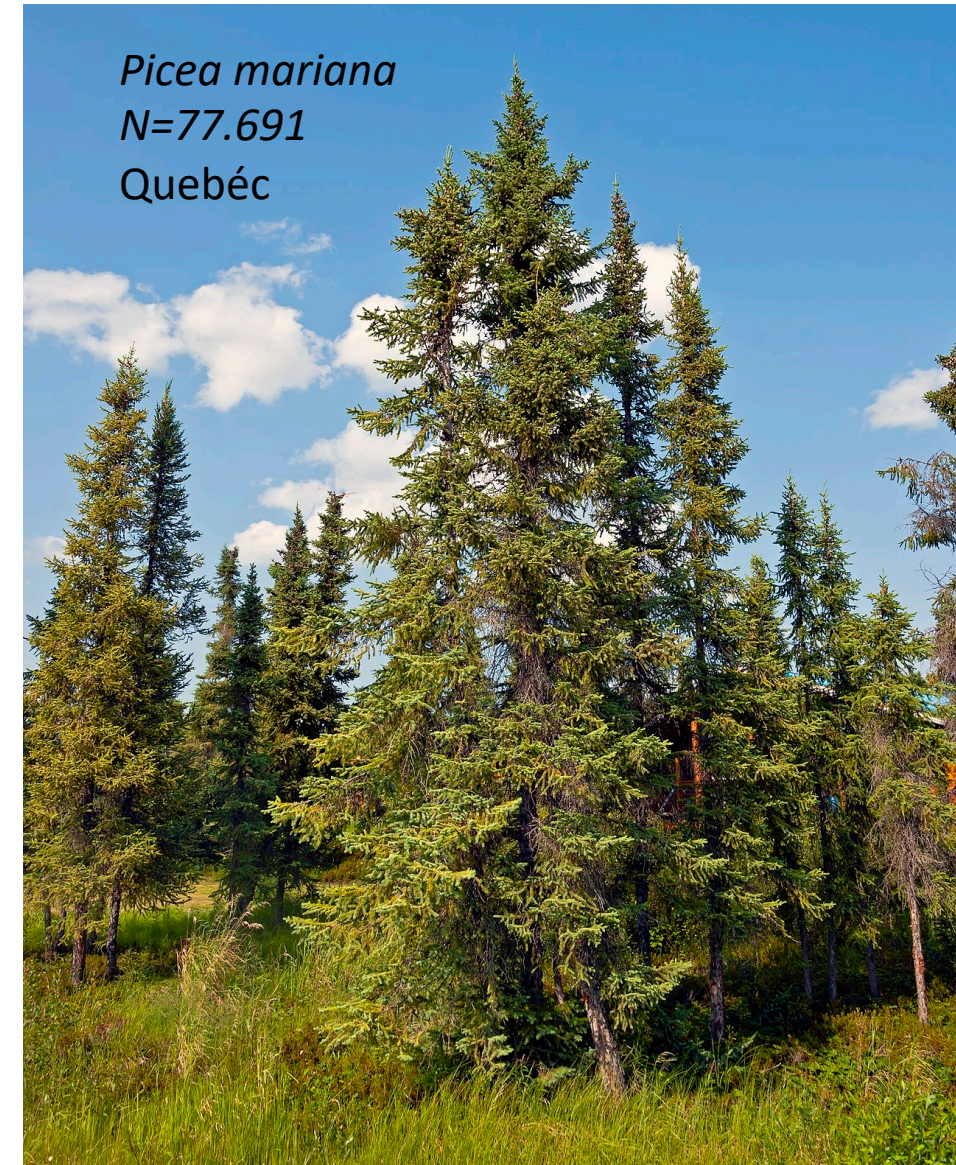
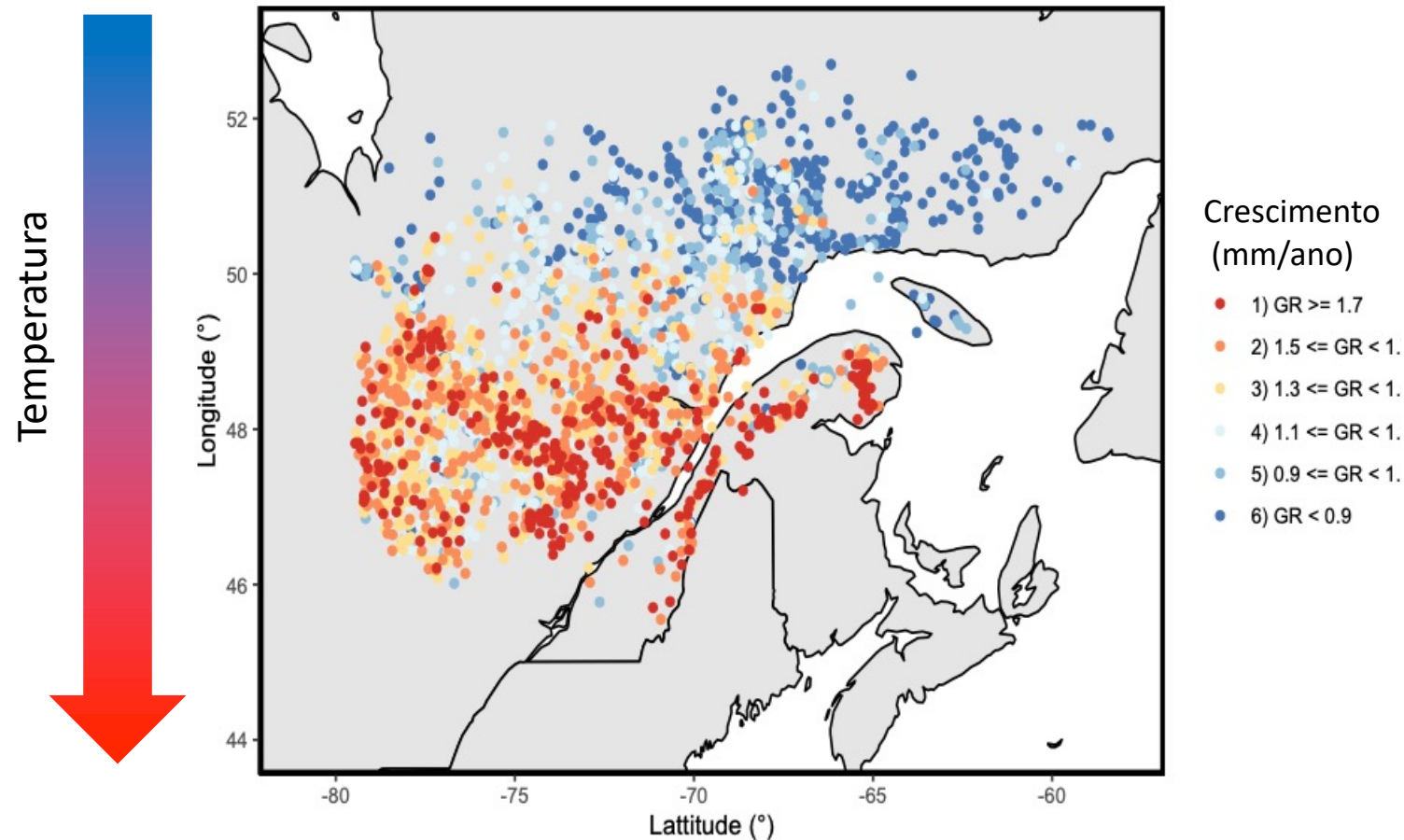
**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

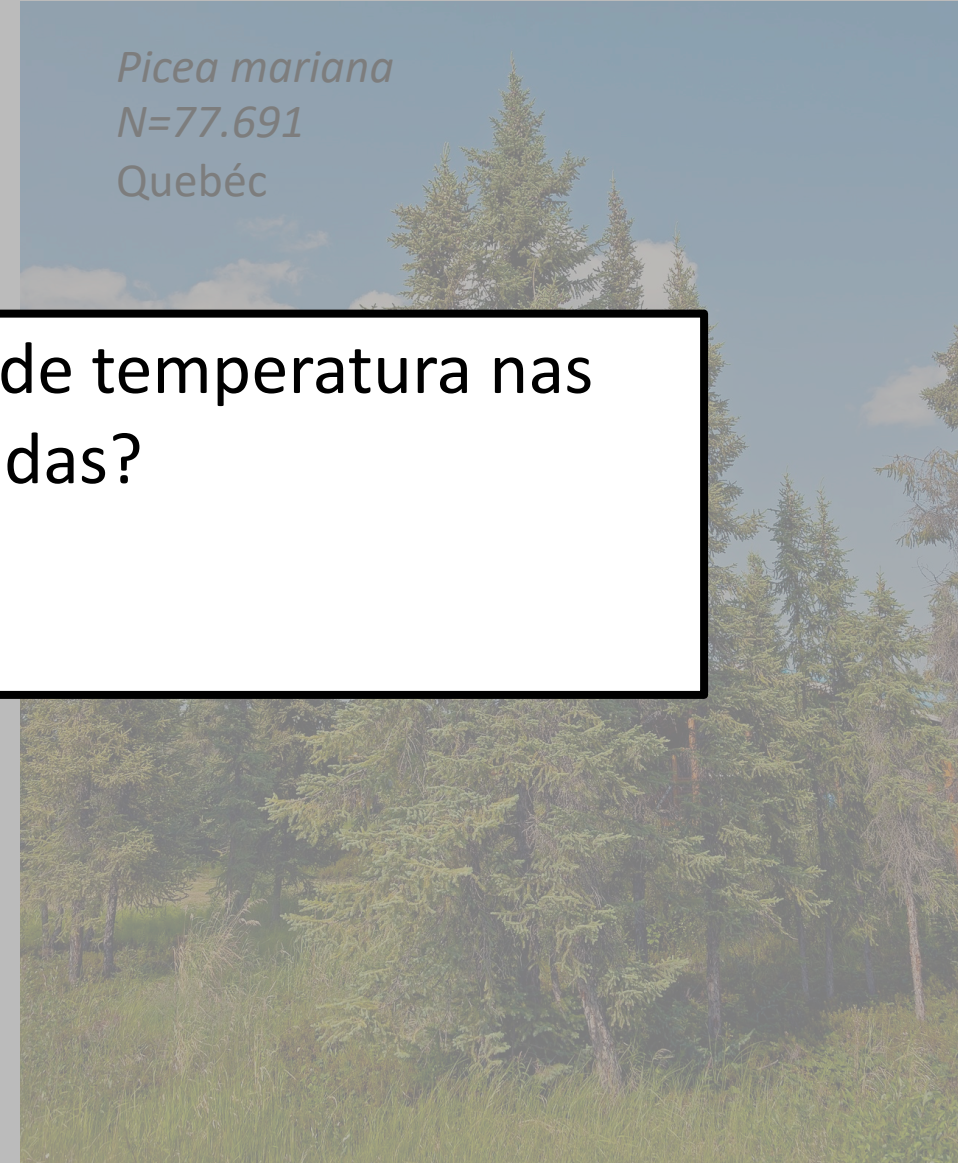
Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores

*Picea mariana*  
N=77.691  
Québec

O que deve acontecer com o aumento de temperatura nas latitudes médias e elevadas?

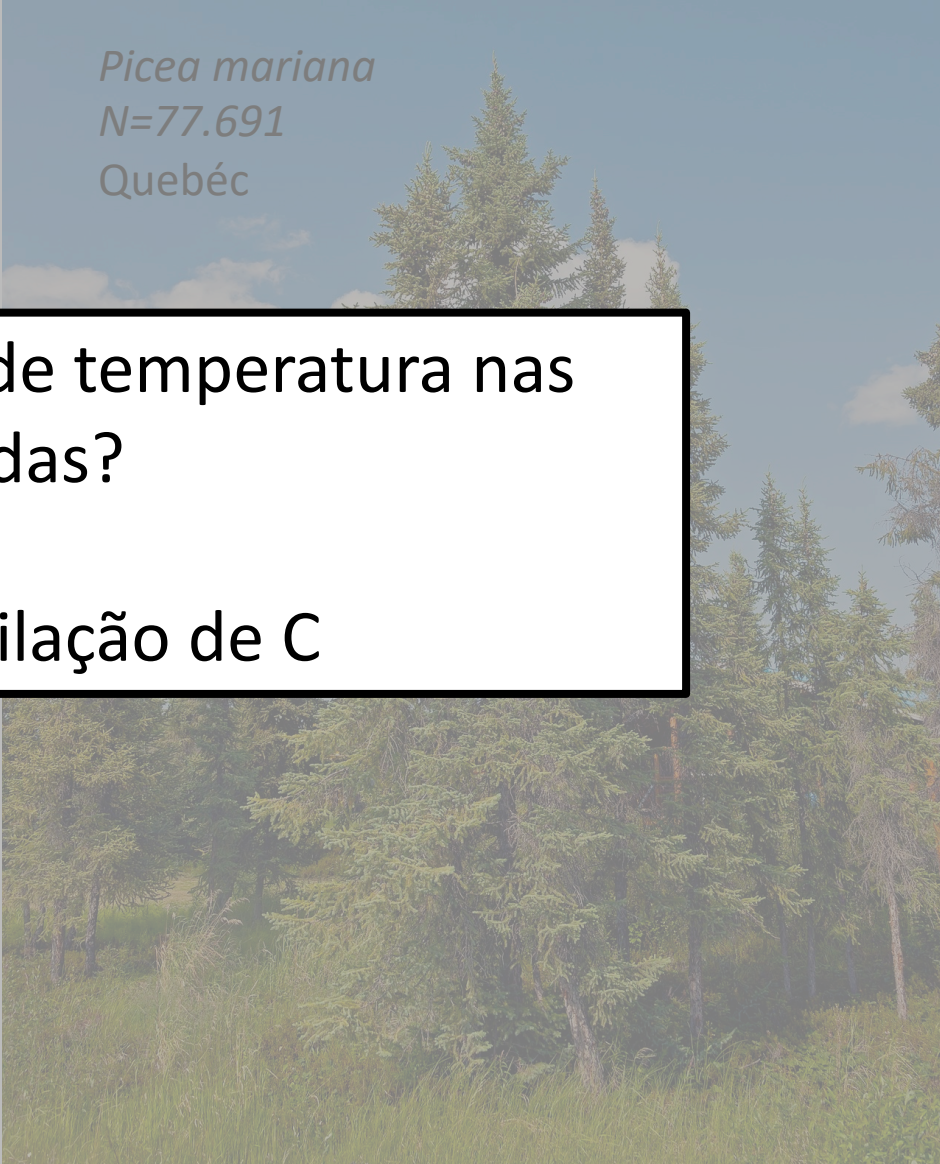
Temperatura



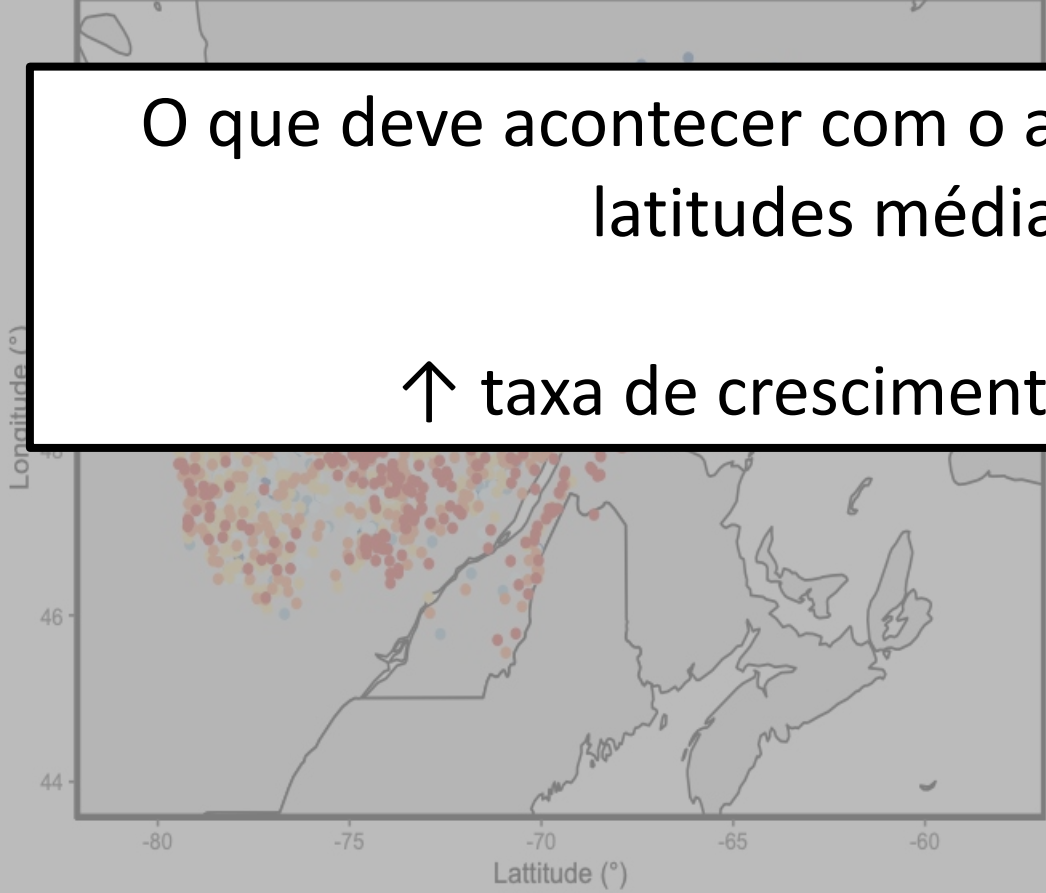
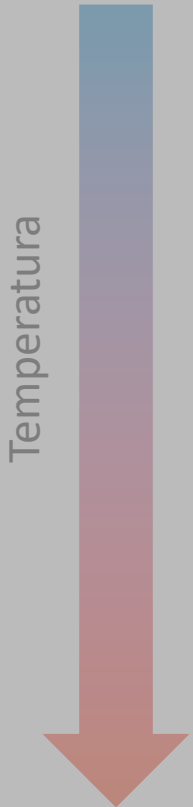
# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

Anéis de crescimento anuais: indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores



O que deve acontecer com o aumento de temperatura nas latitudes médias e elevadas?  
↑ taxa de crescimento = assimilação de C



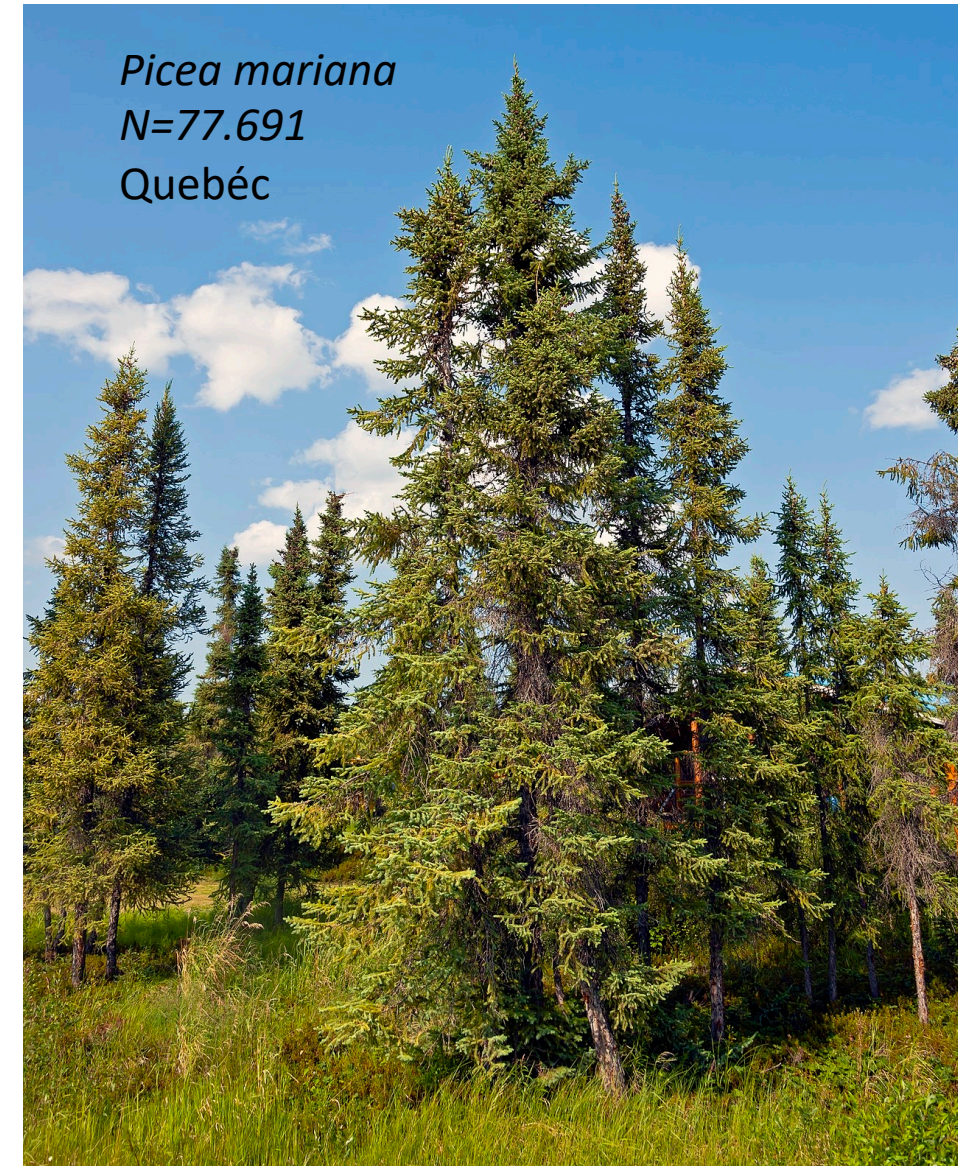
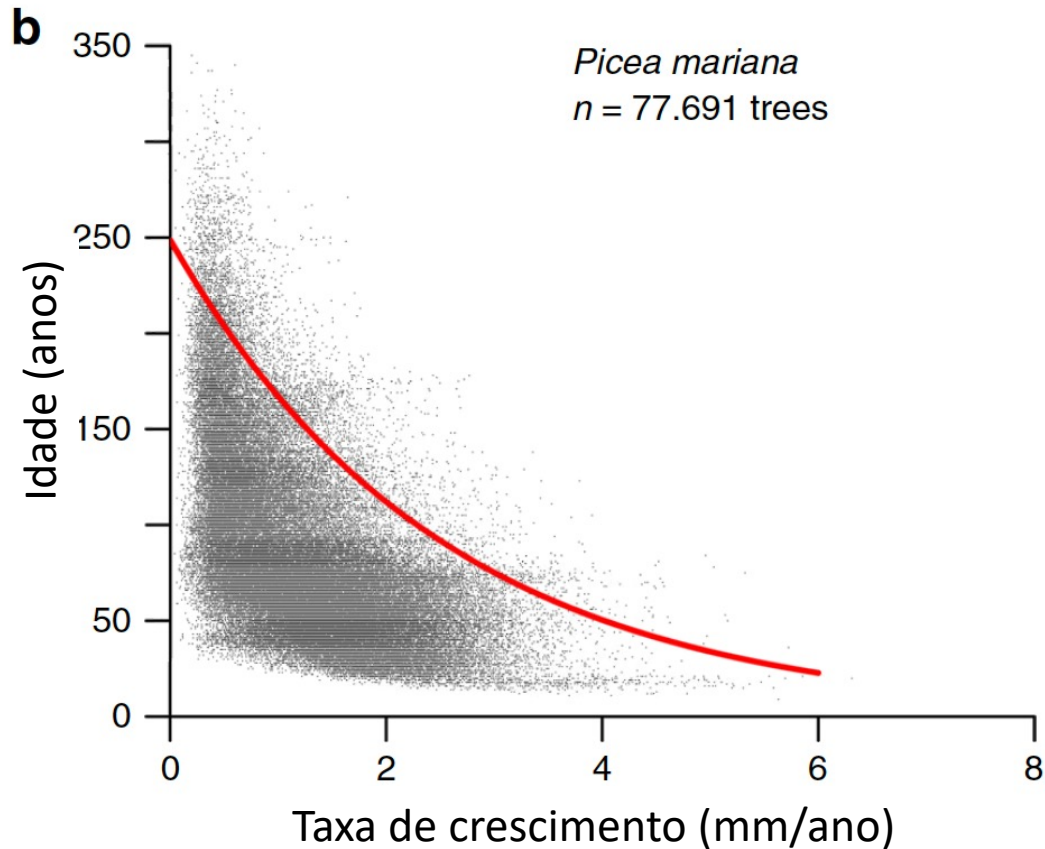
- 4) 1.1 <= GR < 1.2
- 5) 0.9 <= GR < 1.1
- 6) GR < 0.9



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

Brienen et al 2020 Nature Communications 11:4241

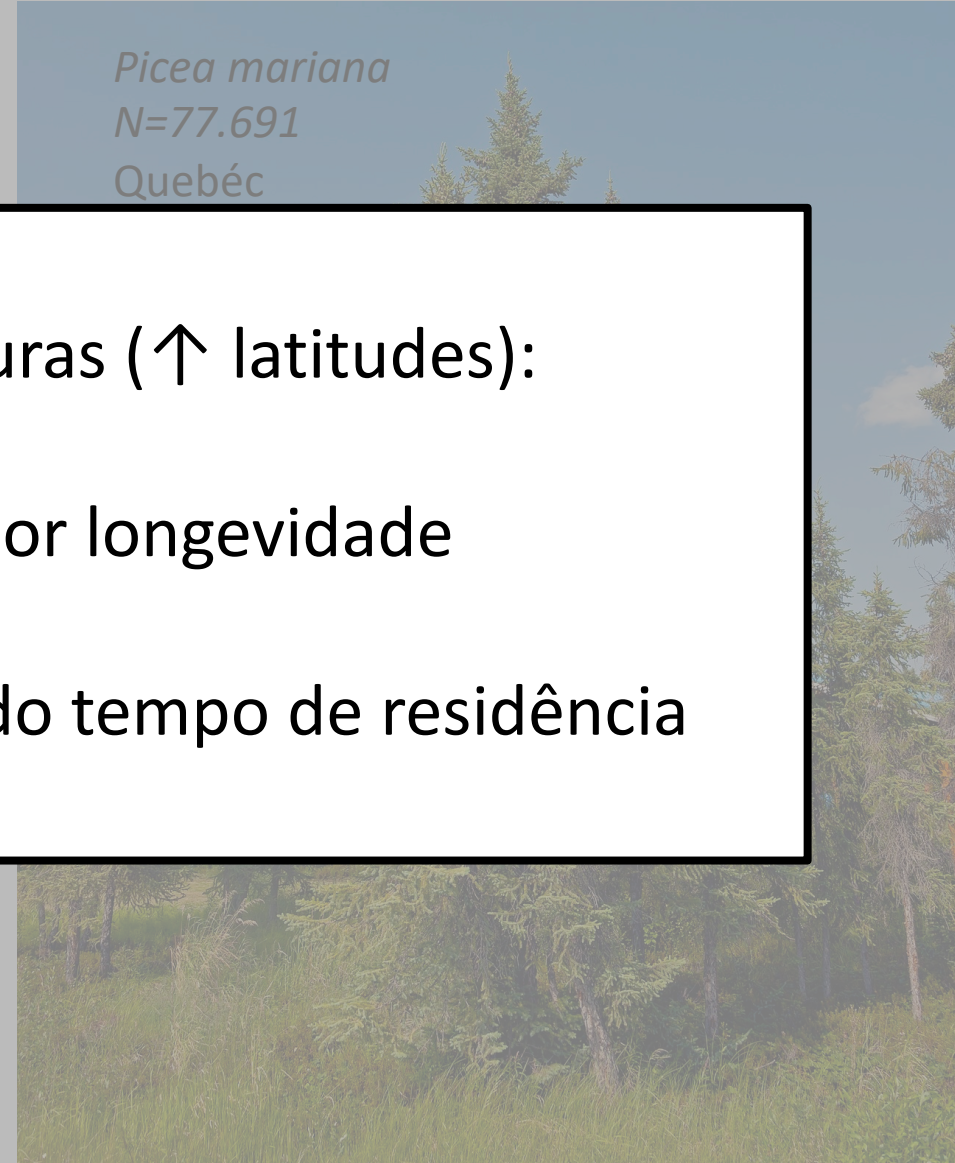
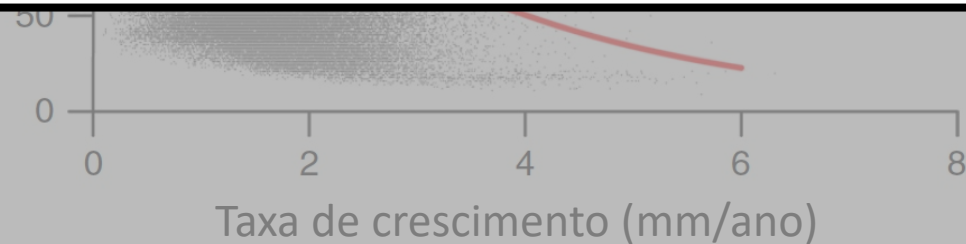
**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano e a idade das árvores

*Picea mariana*  
N=77.691  
Québec

Locais limitados por baixas temperaturas ( $\uparrow$  latitudes):

Maior taxa de crescimento  $\rightarrow$  menor longevidade

Aumento da assimilação de C  $\rightarrow$  redução do tempo de residência



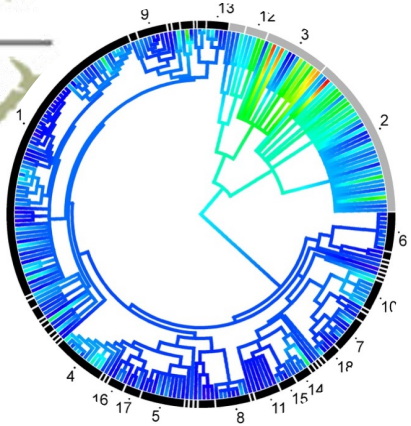
# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade



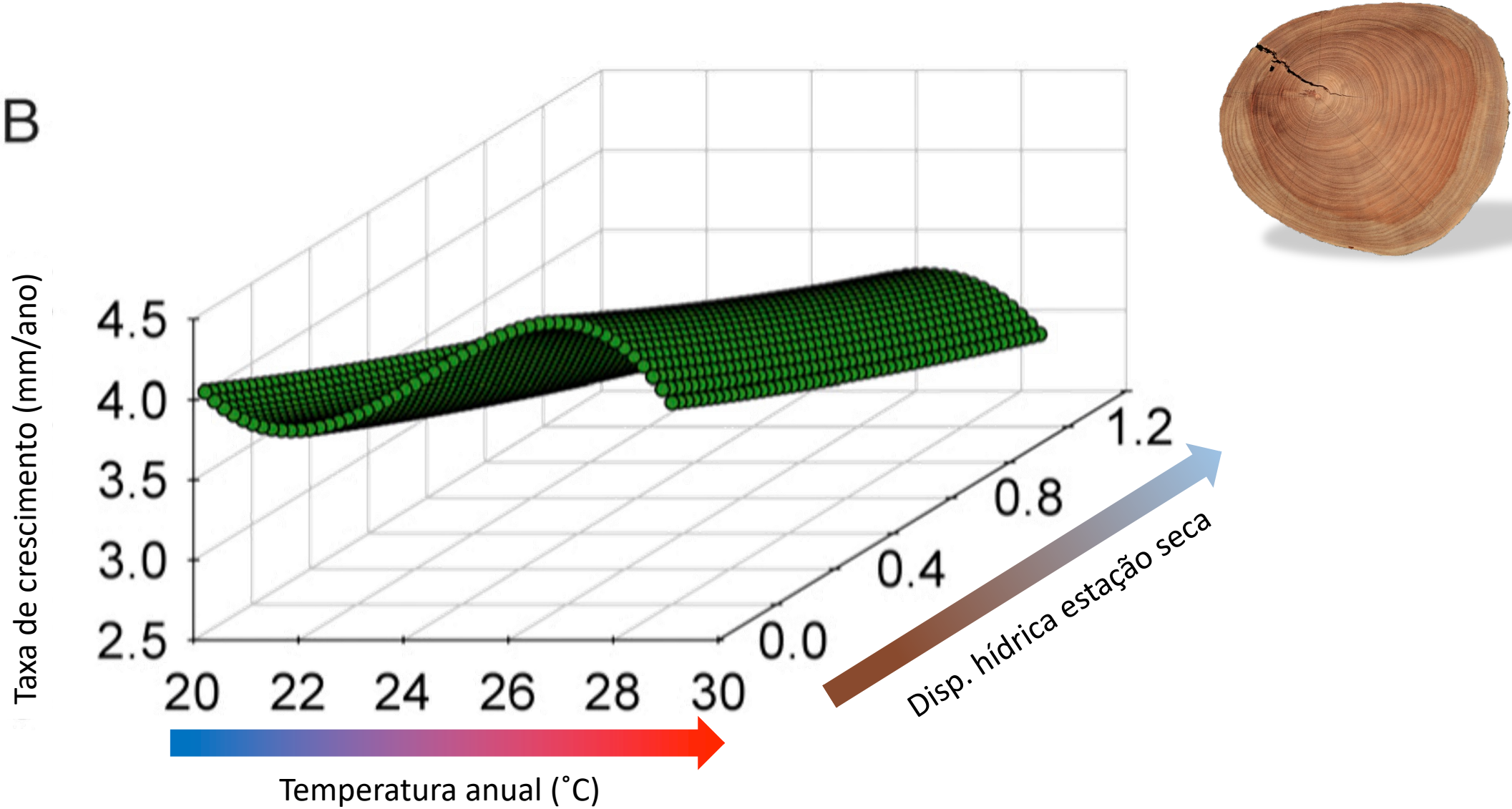
Temperatura



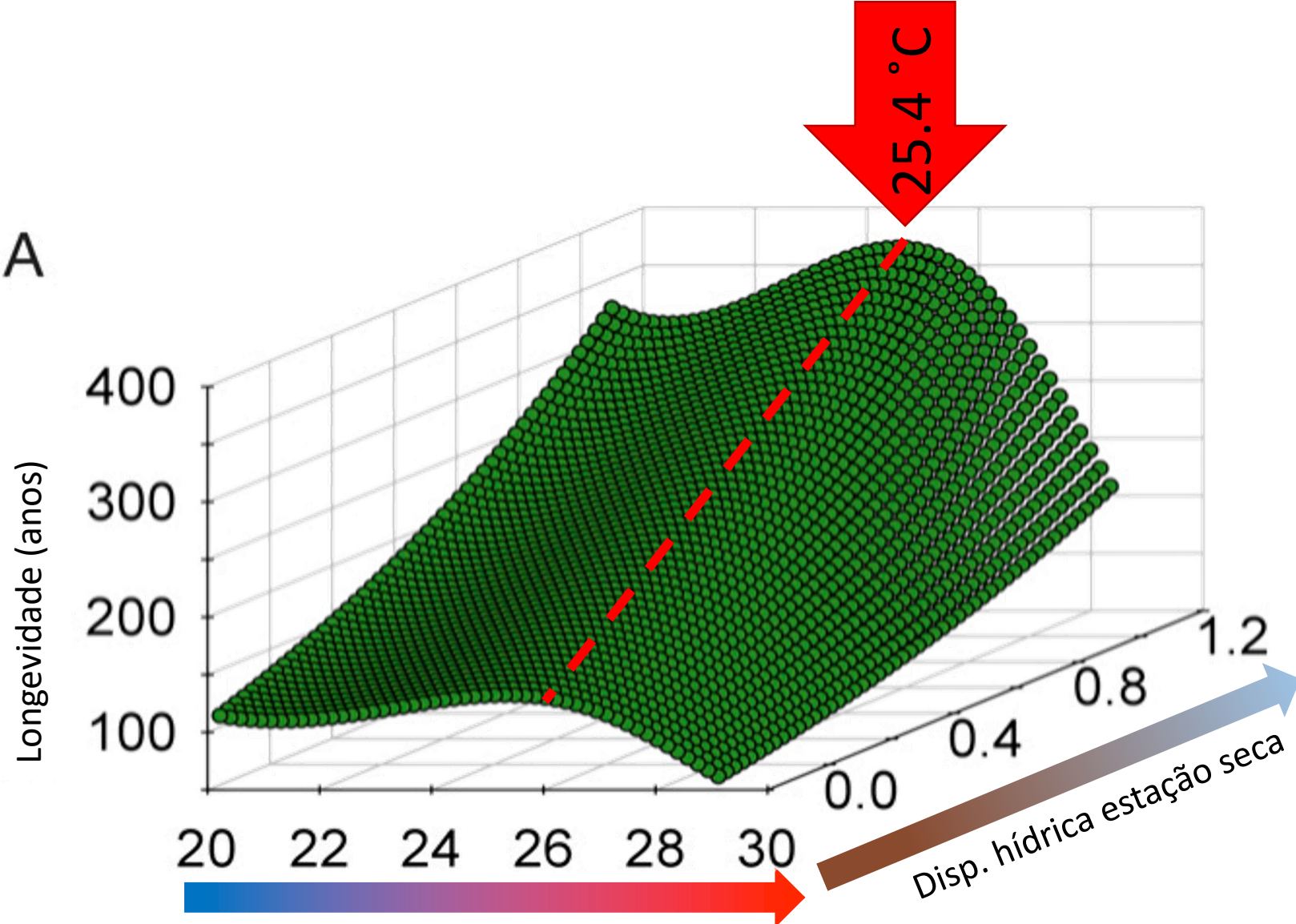
- Mais de 17 mil árvores;
- 763 populações;
- 284 espécies.



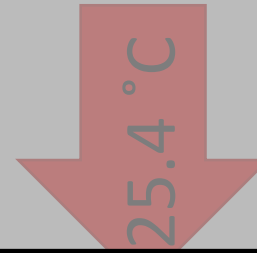
# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade



# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

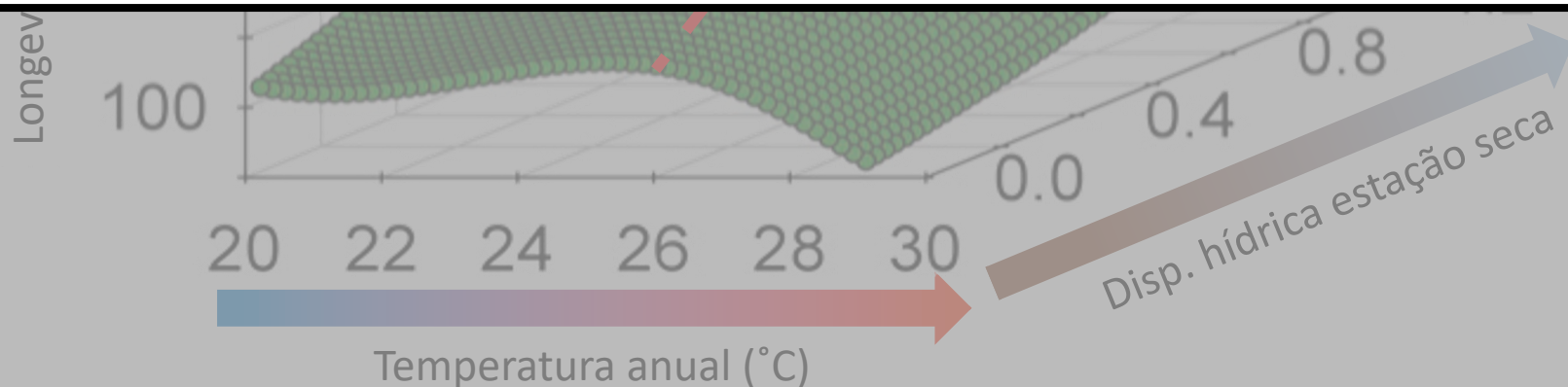


# Mudanças climáticas: plasticidade crescimento vs longevidade

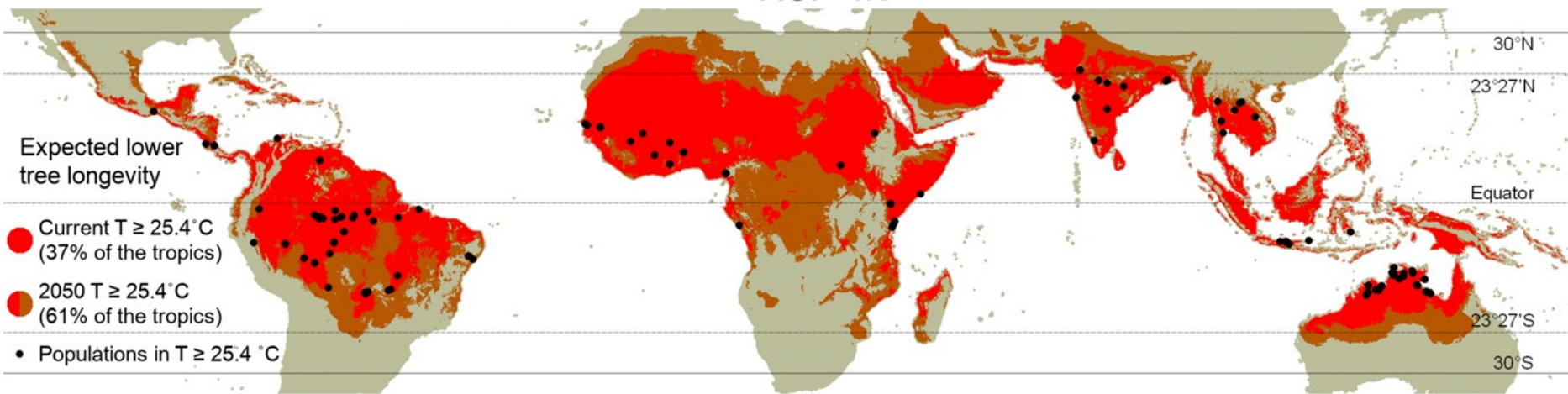


Atividades metabólicas e fisiológicas dependentes diretamente ou indiretamente da temperatura podem estar próximas dos limites nas regiões mais quente dos trópicas, deixando pouco espaço para mudanças na plasticidade fenotípica.

Nicotra et al 2010 Trends in Plant Science 15: 684-692



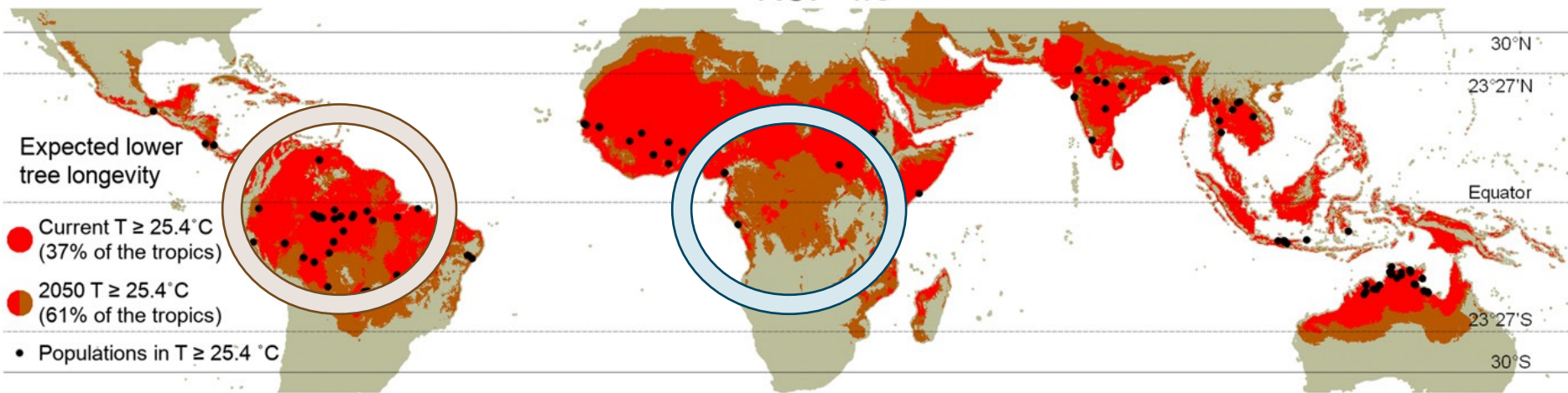
## RCP 4.5



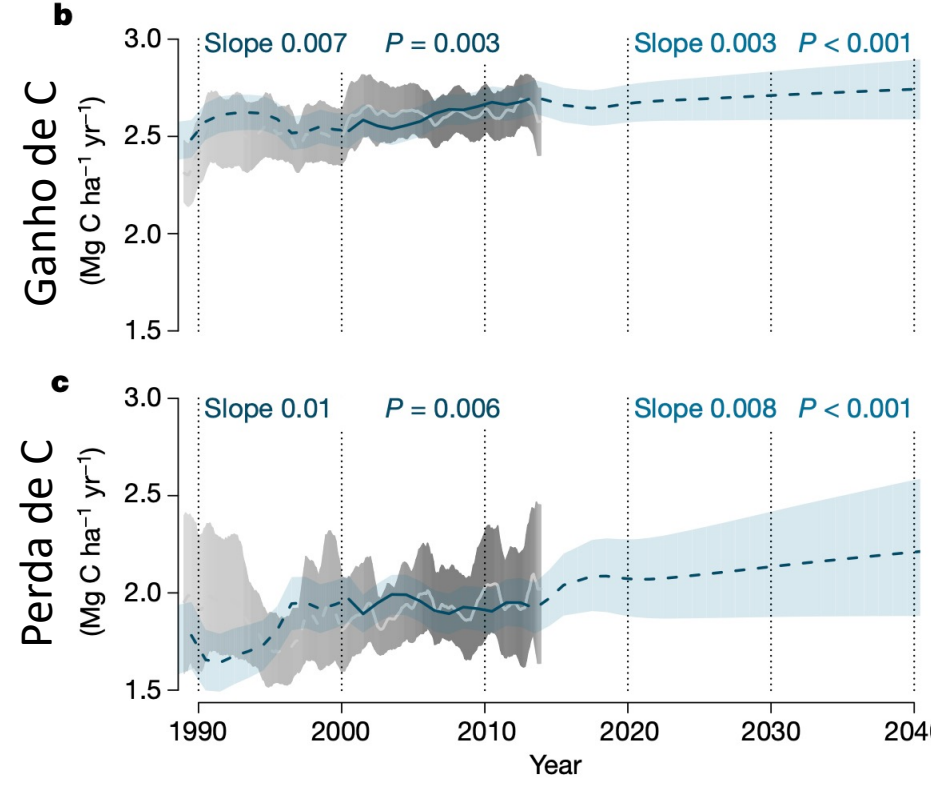
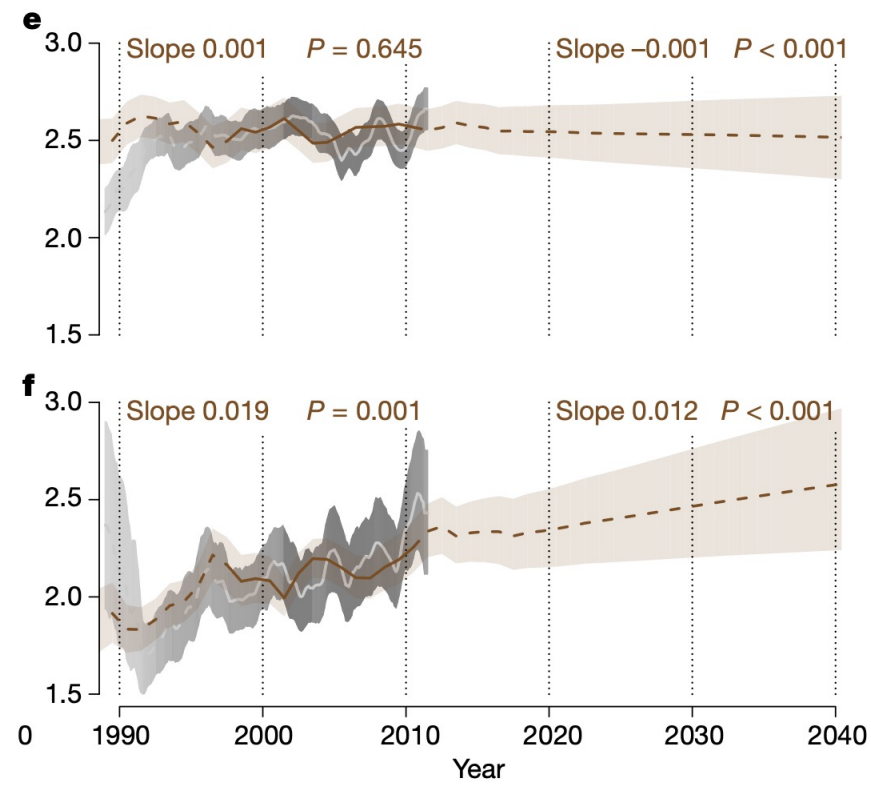
Locosselli et al 2020 PNAS 11:4241

RCP 4.5 – *Representative Concentration Pathway*  
– concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera equivalente  
a uma forçante radioativa de 4.5 W/m<sup>2</sup> em 2100.  
Cenário provável.

# RCP 4.5



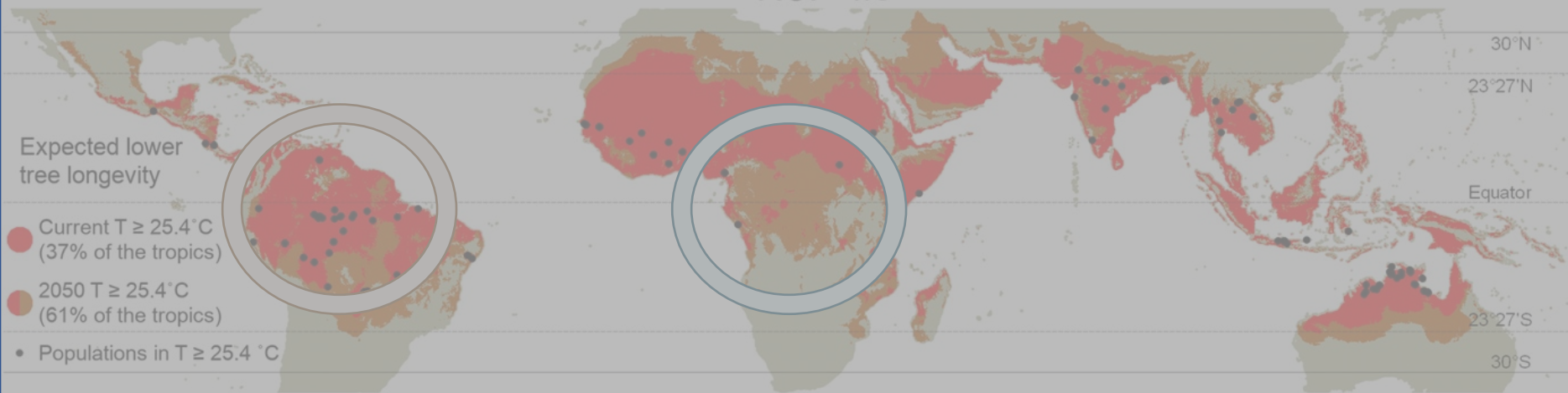
## Locosselli et al 2020 PNAS 11:4241



## Hubau et al 2020 Nature

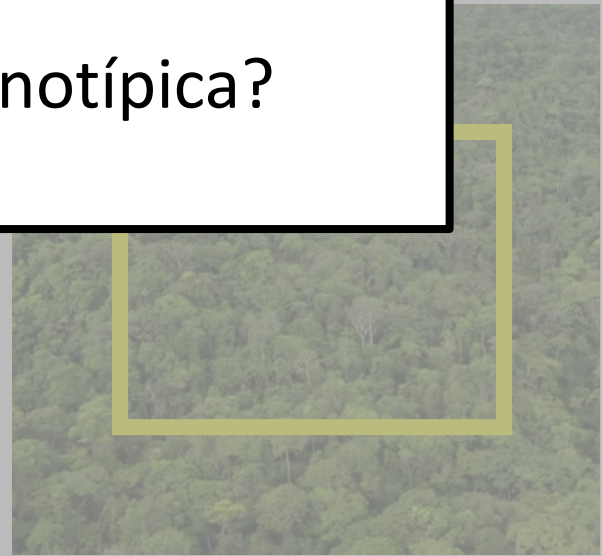
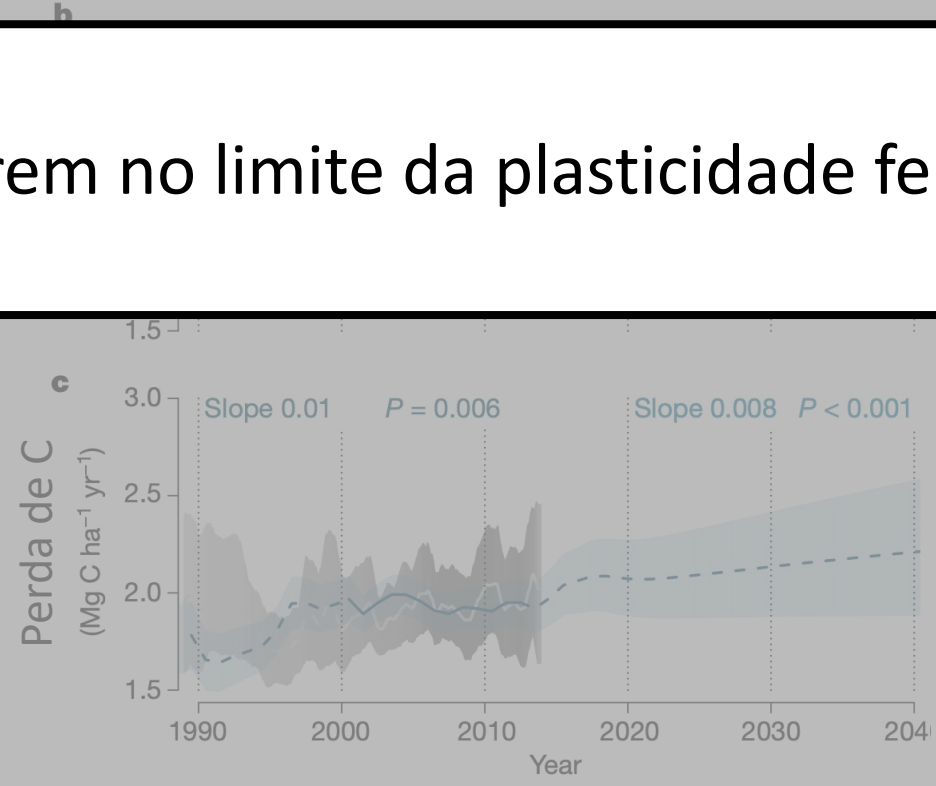
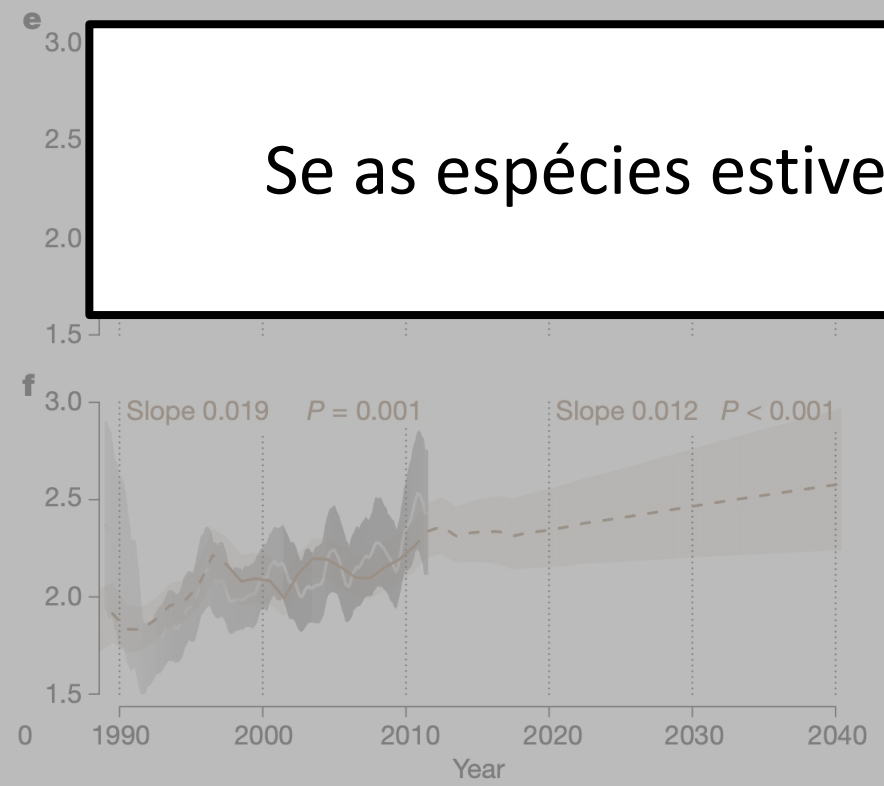


RCP 4.5



Locosselli et al 2020 PNAS 11:4241

Se as espécies estiverem no limite da plasticidade fenotípica?



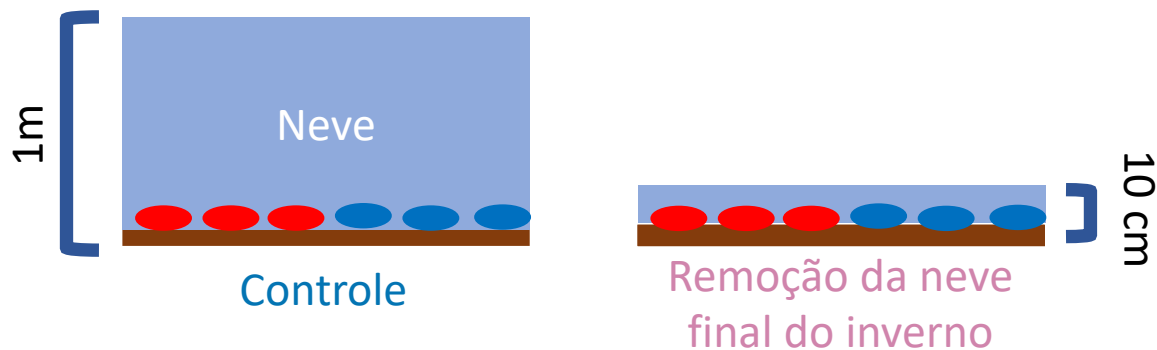
Hubau et al 2020 Nature

# Mudanças climáticas: adaptação

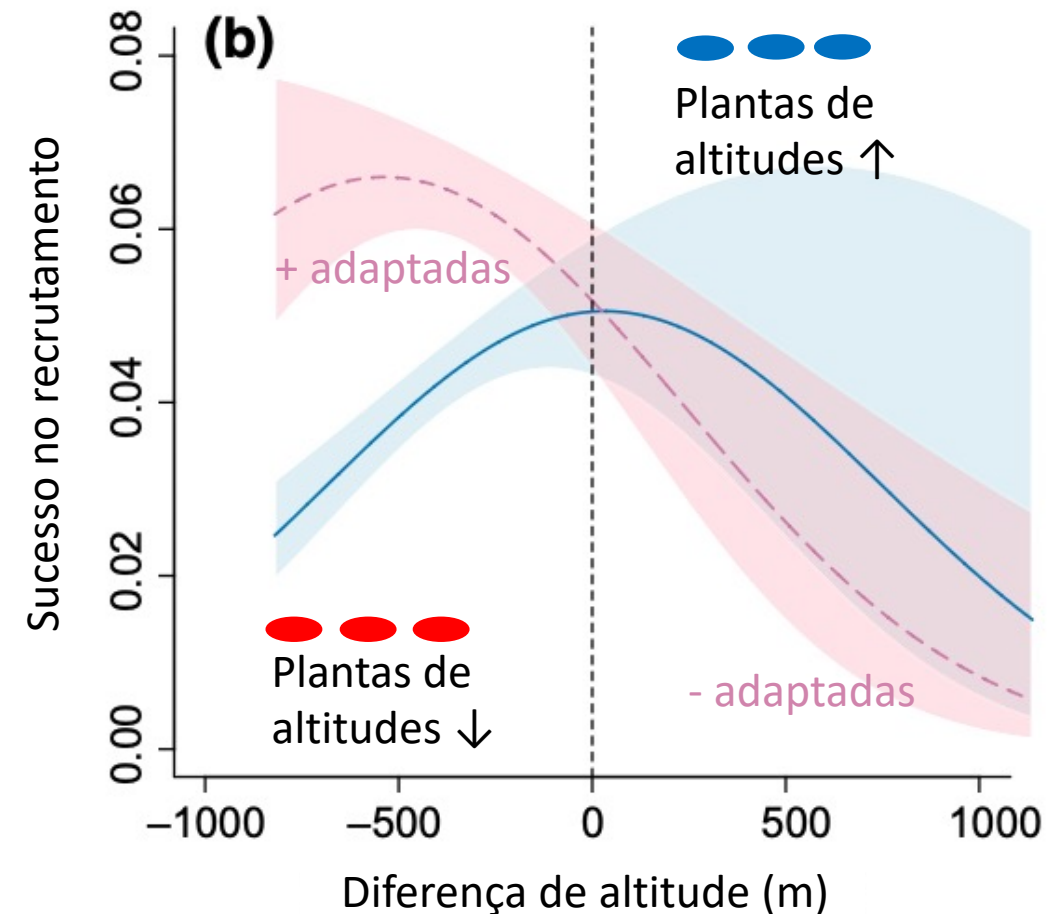
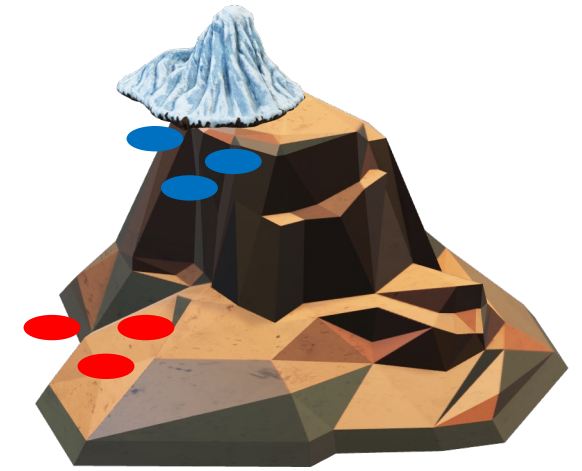
- Variação genética dentro da população;
- Fluxo gênico
- Mutações novas

# Mudanças climáticas: adaptação

- Variação genética dentro da população;

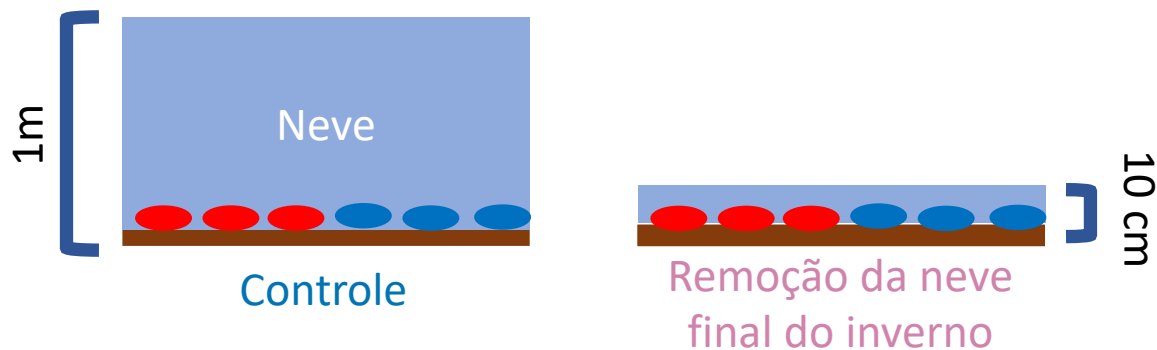


Anderson and Wadgymar 2020 Ecology Letters 23: 181-192

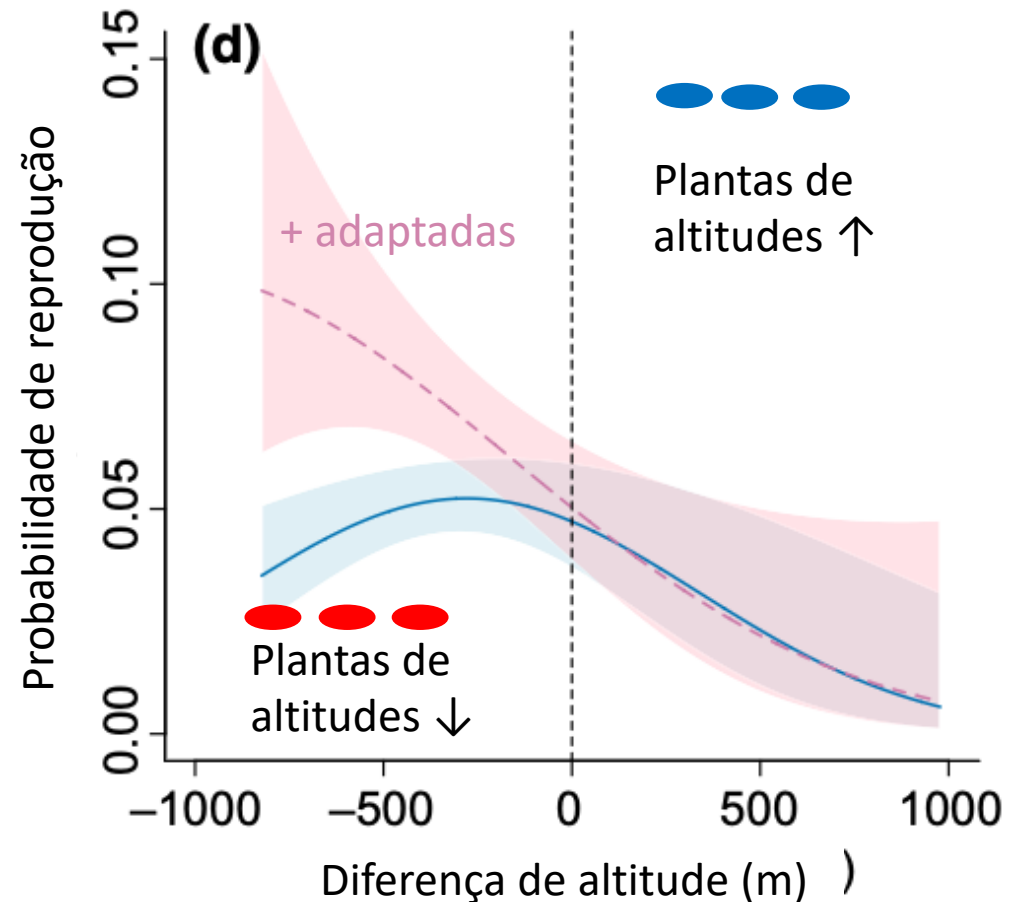
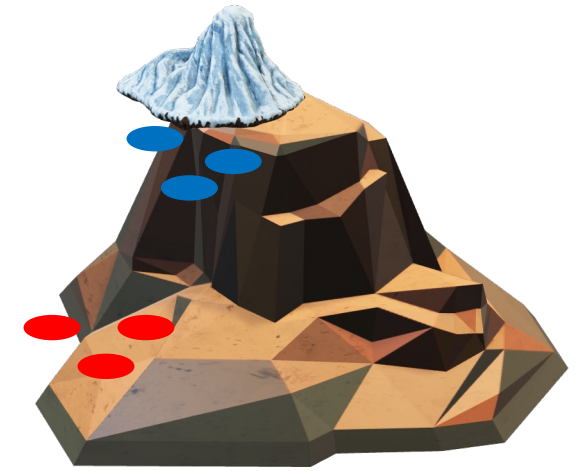


# Mudanças climáticas: adaptação

- Variação genética dentro da população;



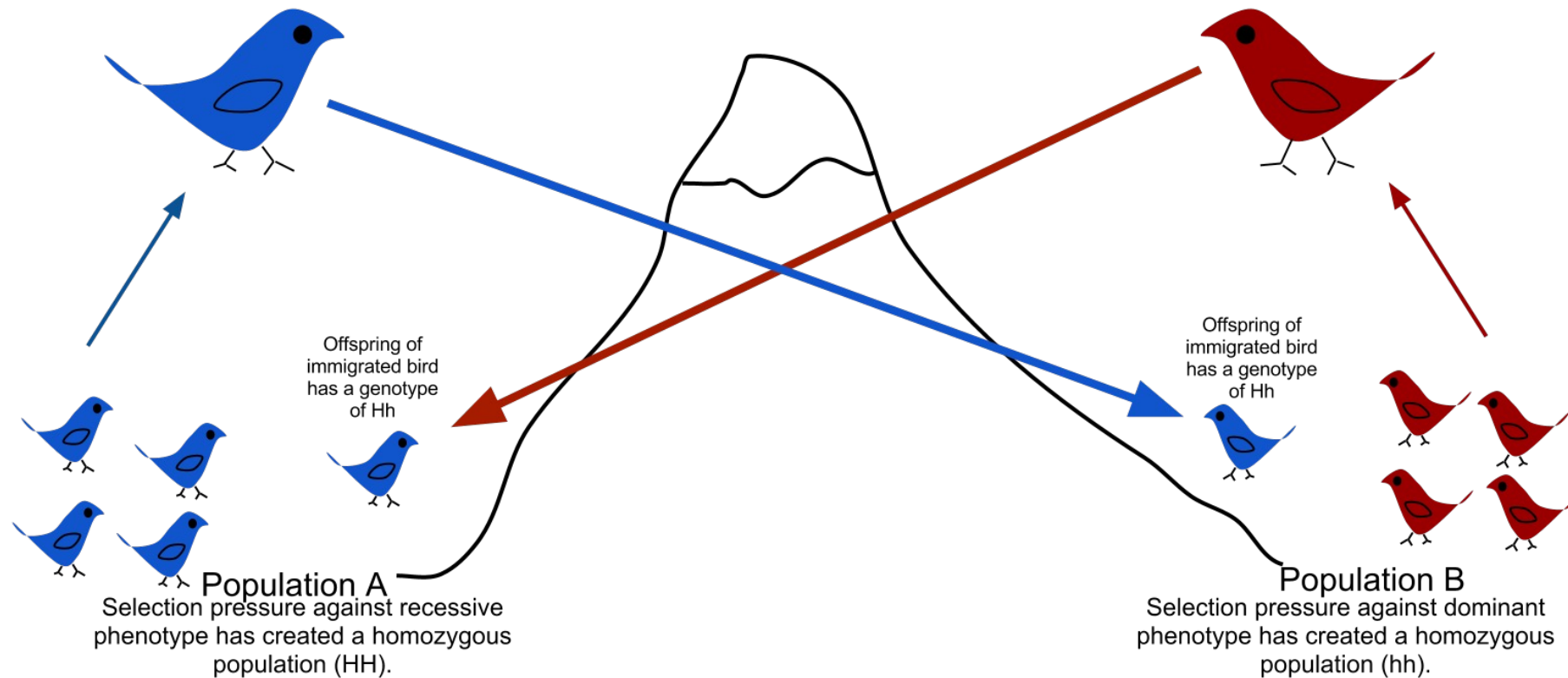
Anderson and Wadgymar 2020 Ecology Letters 23: 181-192



# Mudanças climáticas: adaptação

- Fluxo gênico

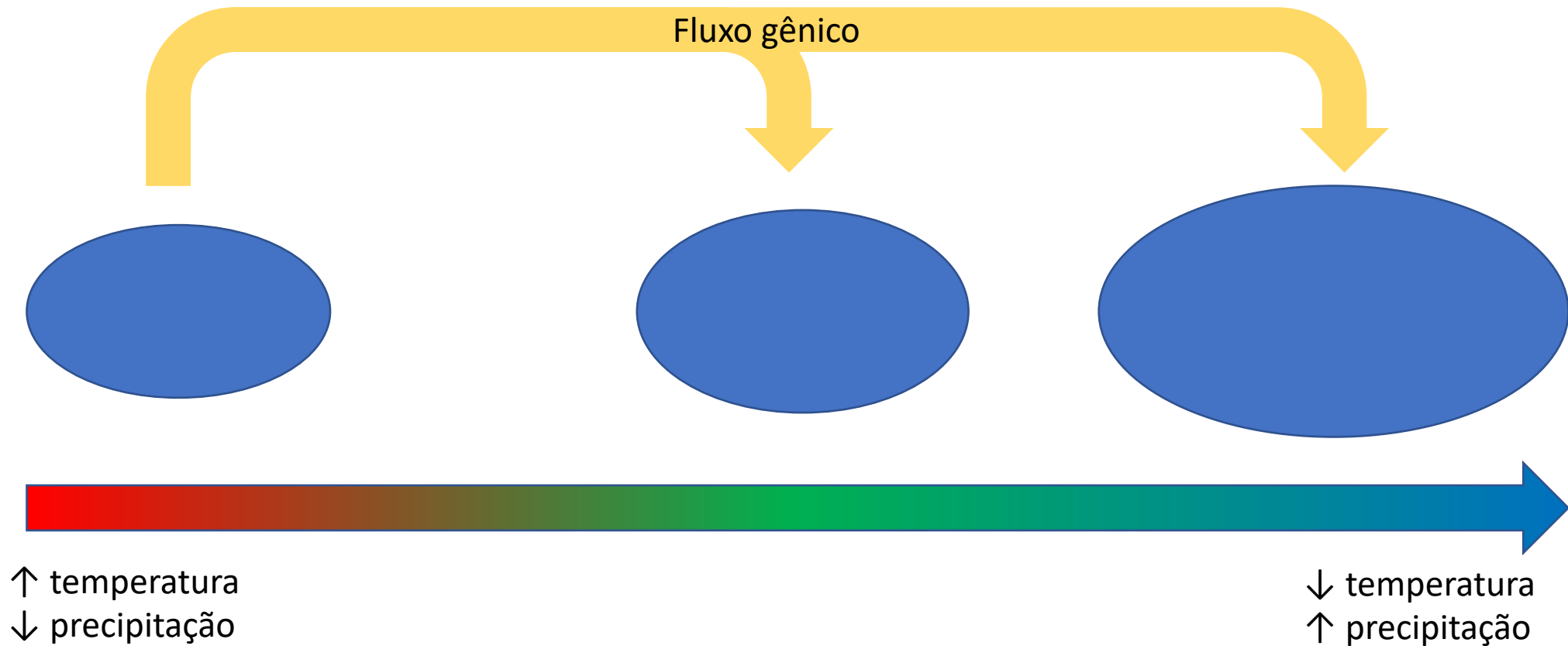
**Meta-população:** grupo de populações de uma mesma espécie separadas especialmente mas que interagem em algum nível.



# Mudanças climáticas: adaptação

- Fluxo gênico

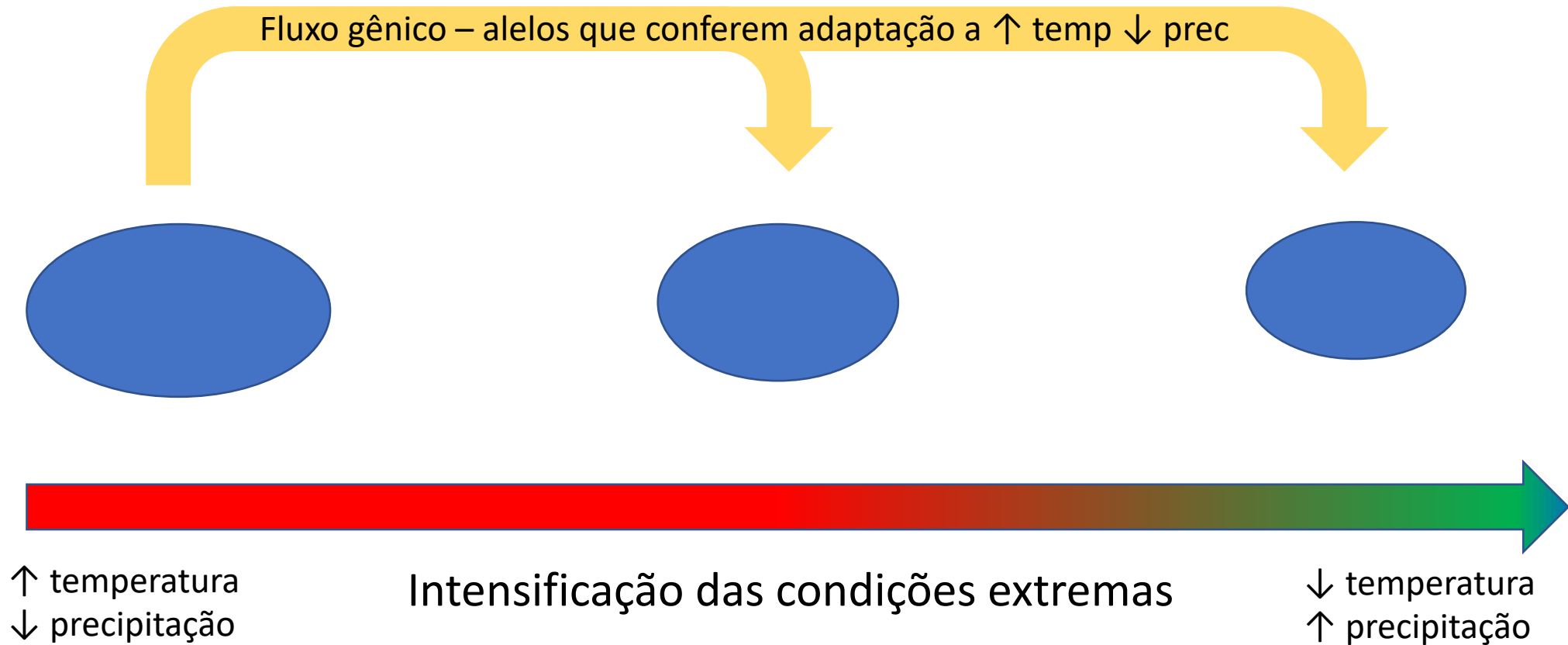
**Meta-população:** grupo de populações de uma mesma espécie separadas especialmente mas que interagem em algum nível.



# Mudanças climáticas: adaptação

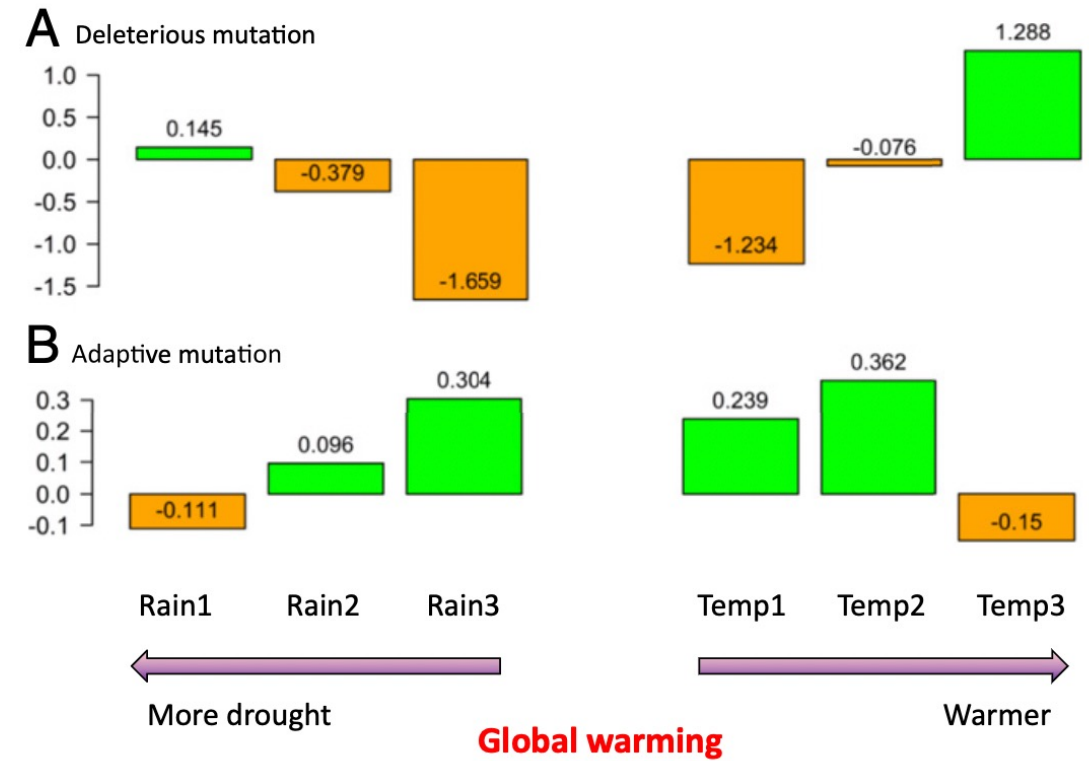
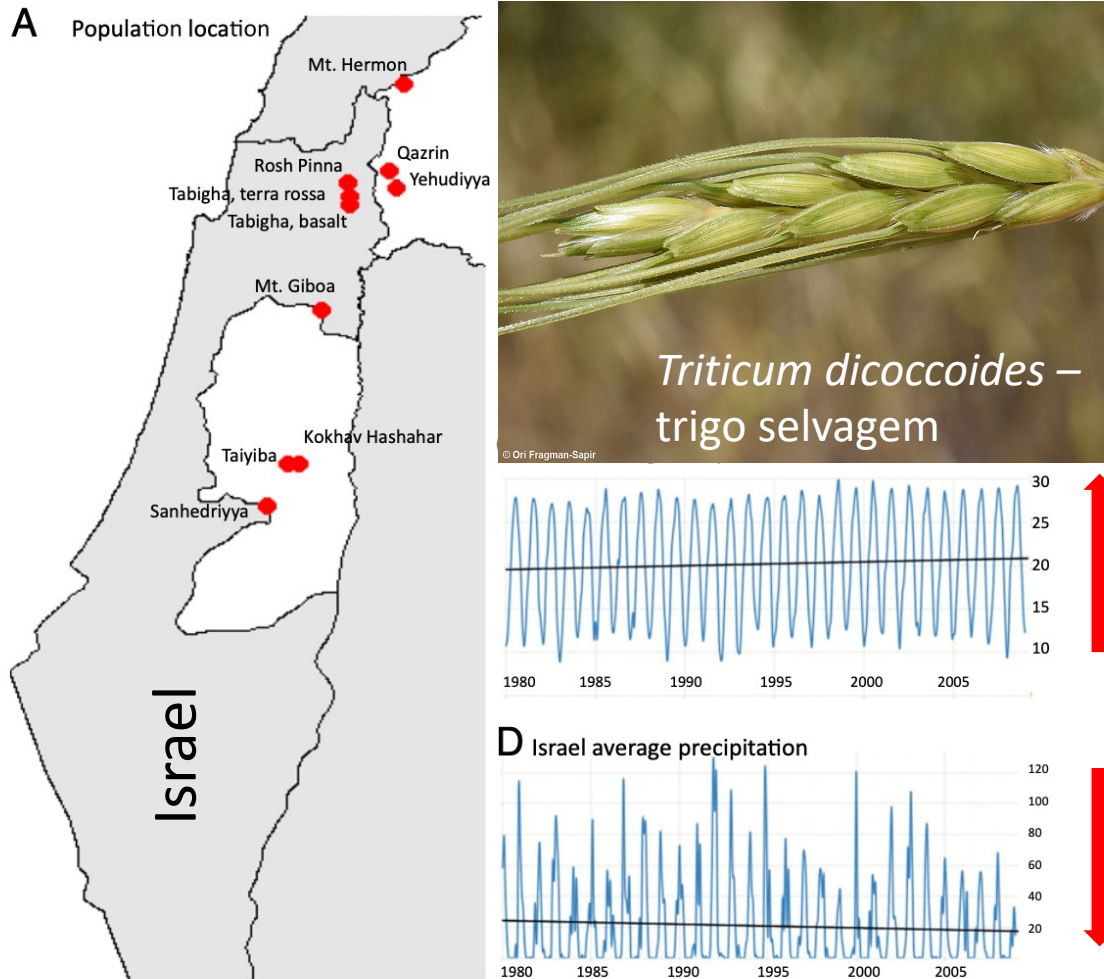
- Fluxo gênico

**Meta-população:** grupo de populações de uma mesma espécie separadas especialmente mas que interagem em algum nível.



# Mudanças climáticas: adaptação

- Mutações

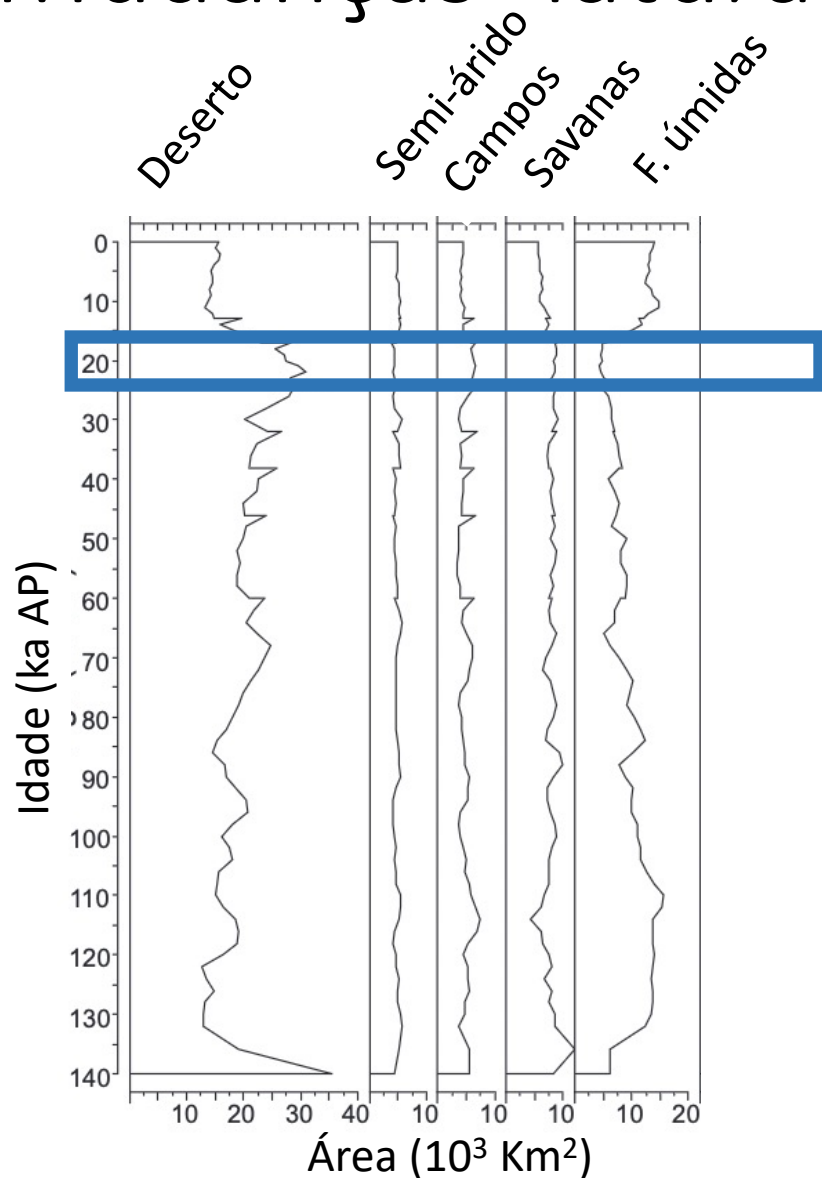


- Em 28 anos, elevada seleção, menor diversidade, carregam um maior peso de mutações para as gerações futuras.
- Mais mutações deletérias por substituições de bases, e menos mutações adaptativas sob as condições mais quentes e secas

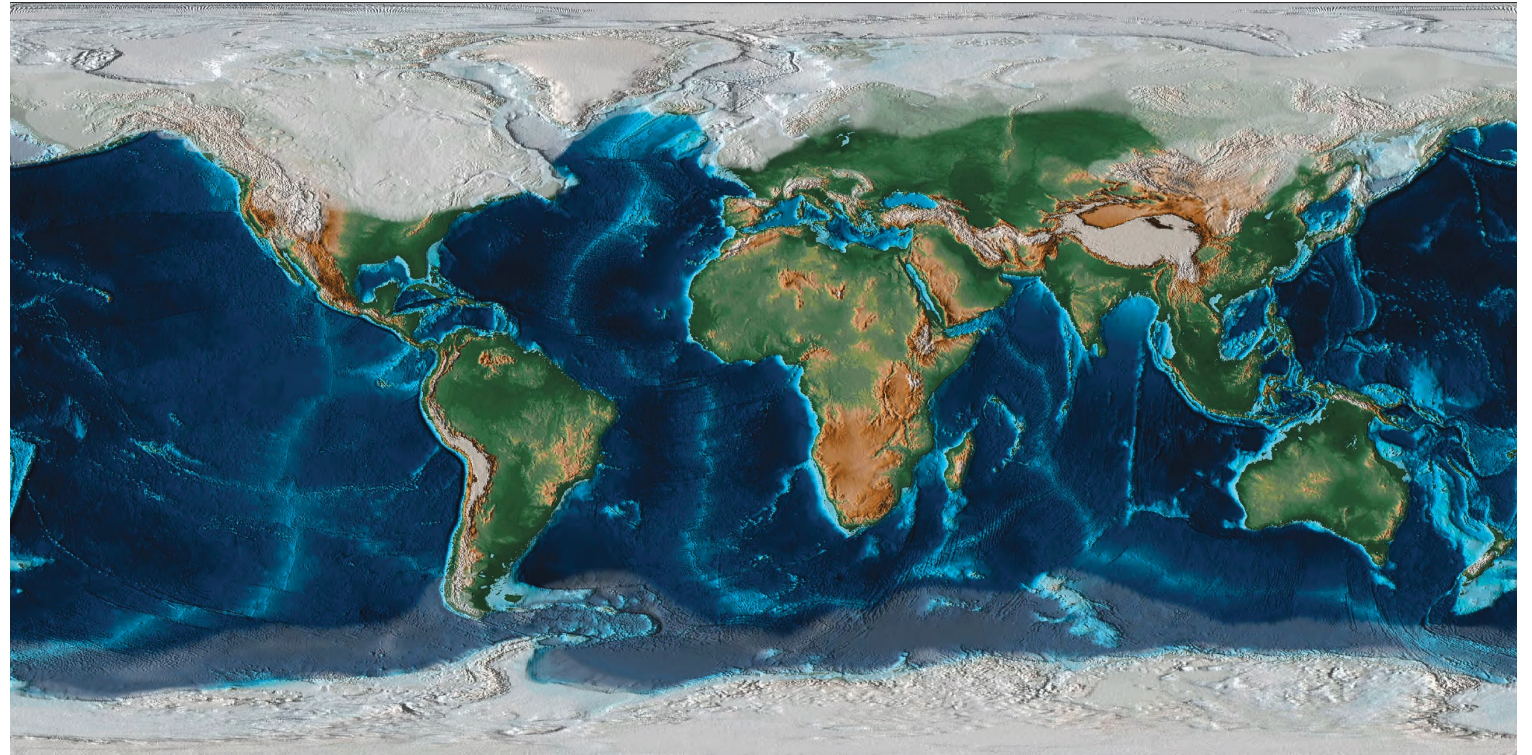


Espécies não conseguem adaptar?

# Mudanças naturais nos biomas globais

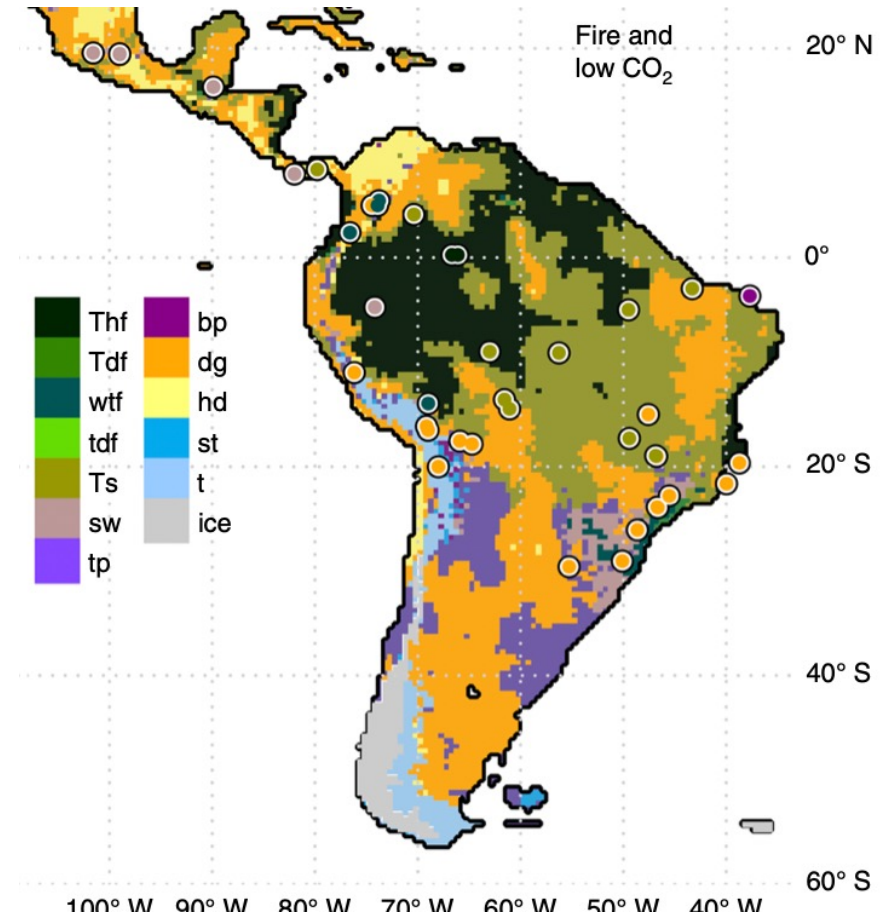
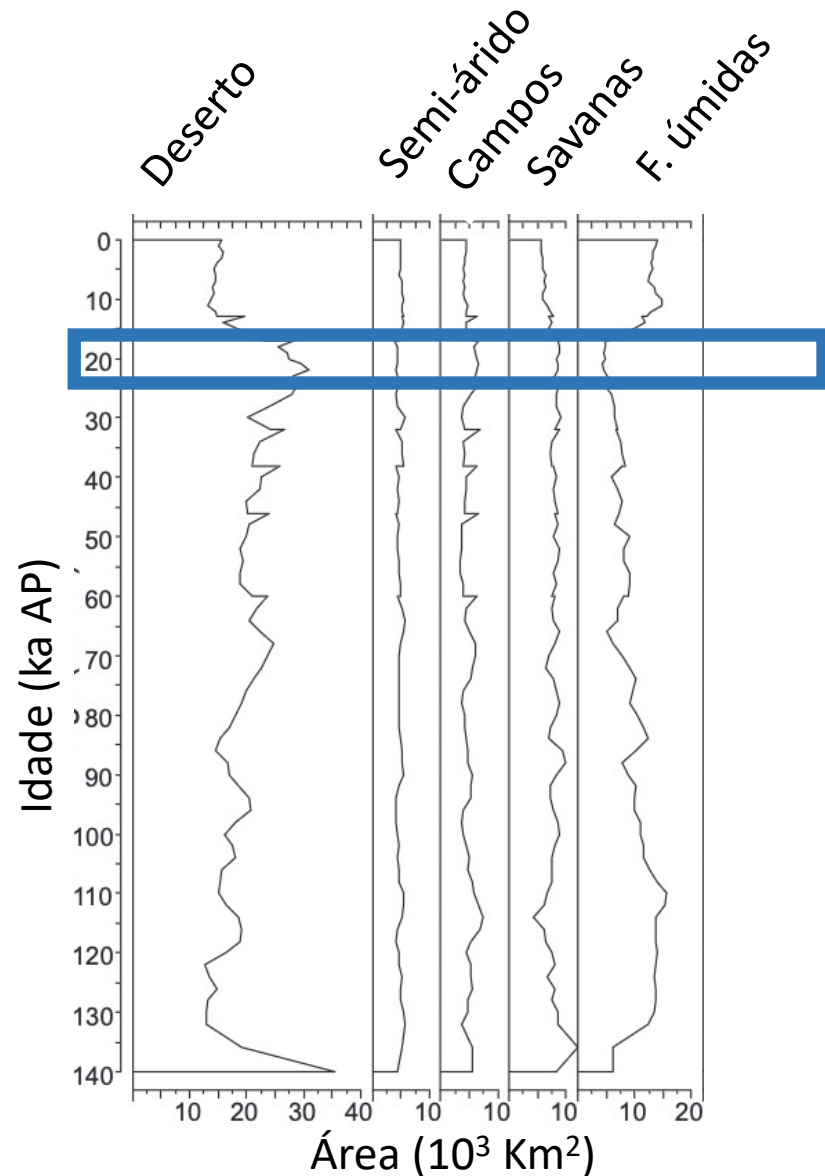


Último máximo glacial

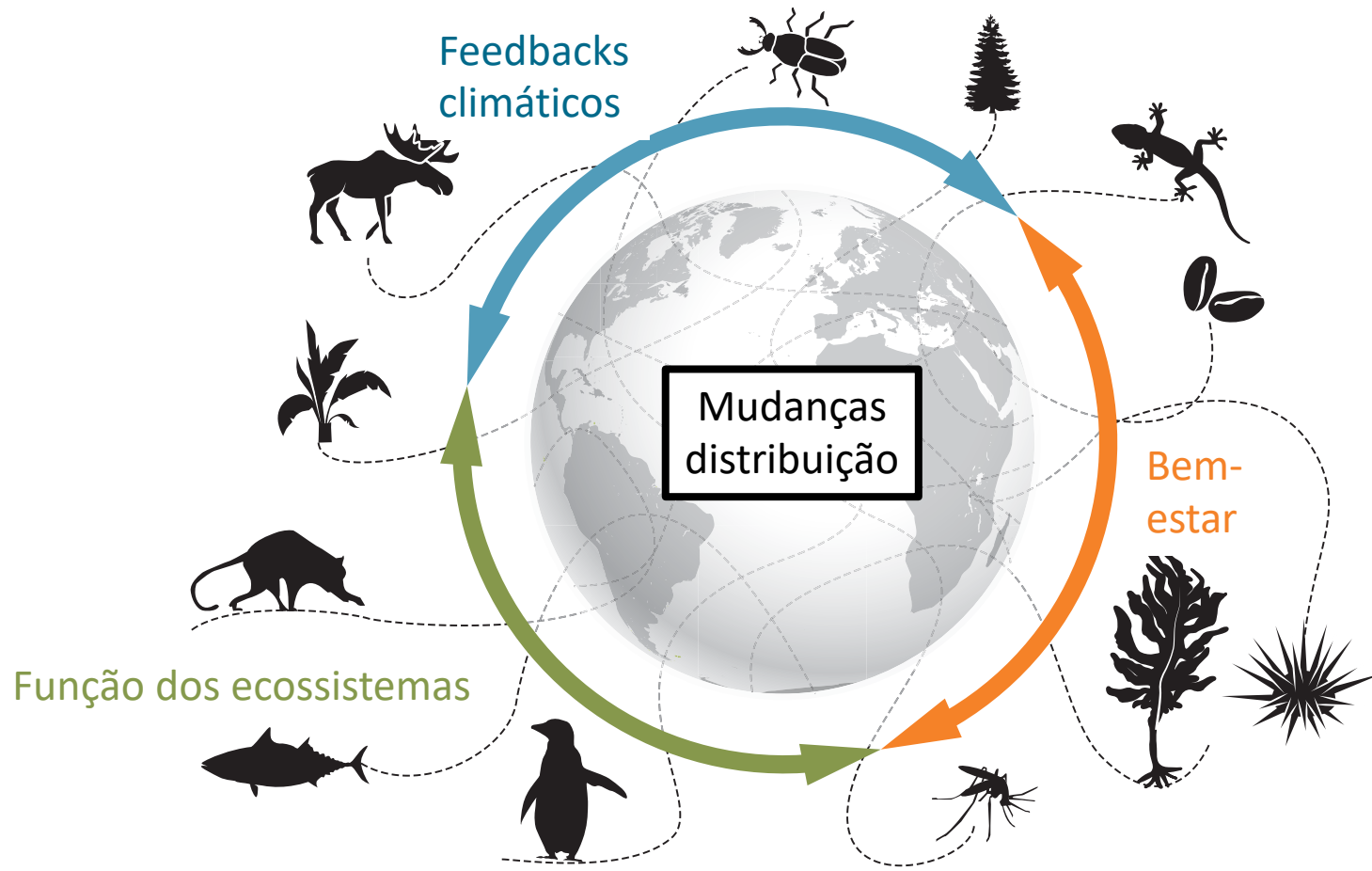


Eras glaciais resultantes dos ciclos de precessão (21 ka) e excentricidade (100ka) e o acúmulo do gelo nos polos e aumento do albedo terrestre.

# Mudanças naturais nos biomas globais

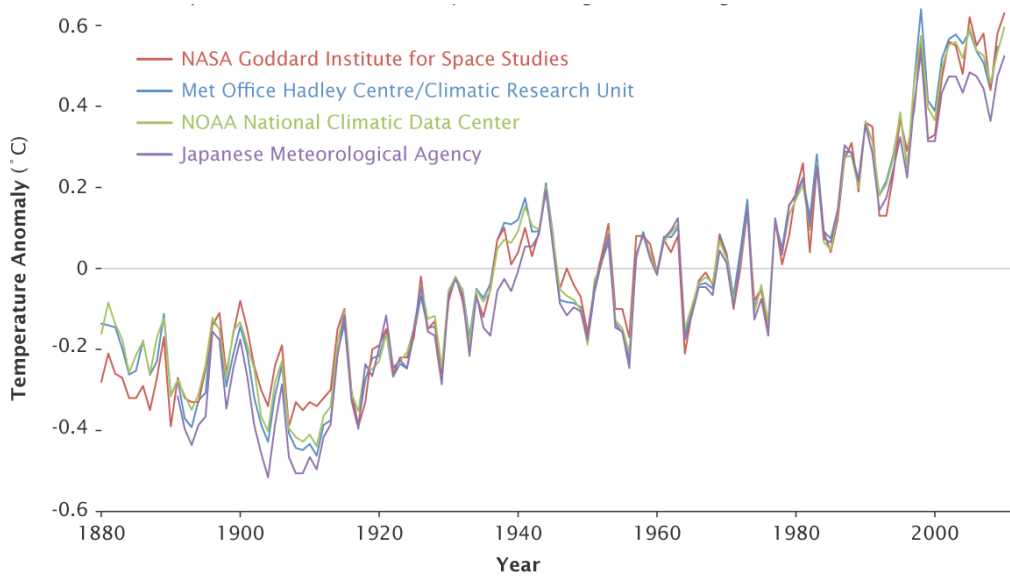


# Mudanças climáticas: mudanças na composição de espécies e migração



-Distribuição das espécies sempre foi dinâmica no planeta.

-Mudanças climáticas estão impondo uma redistribuição dos taxa na Terra.



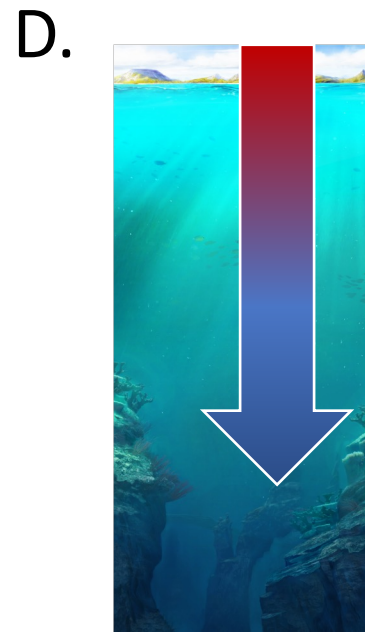
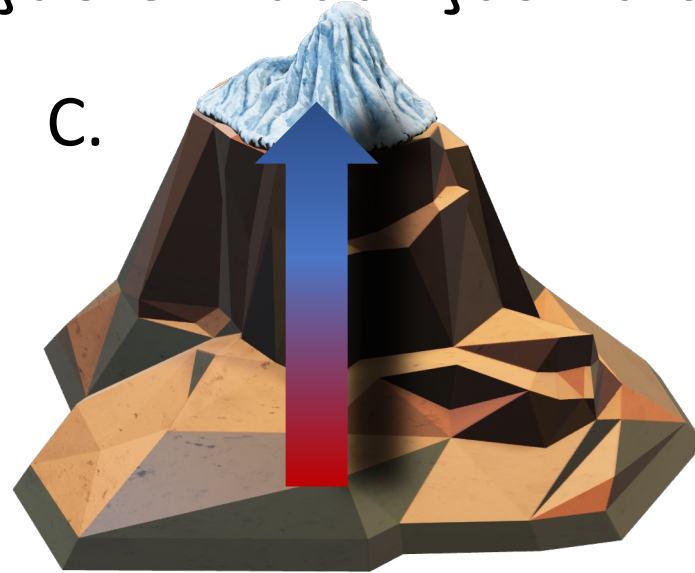
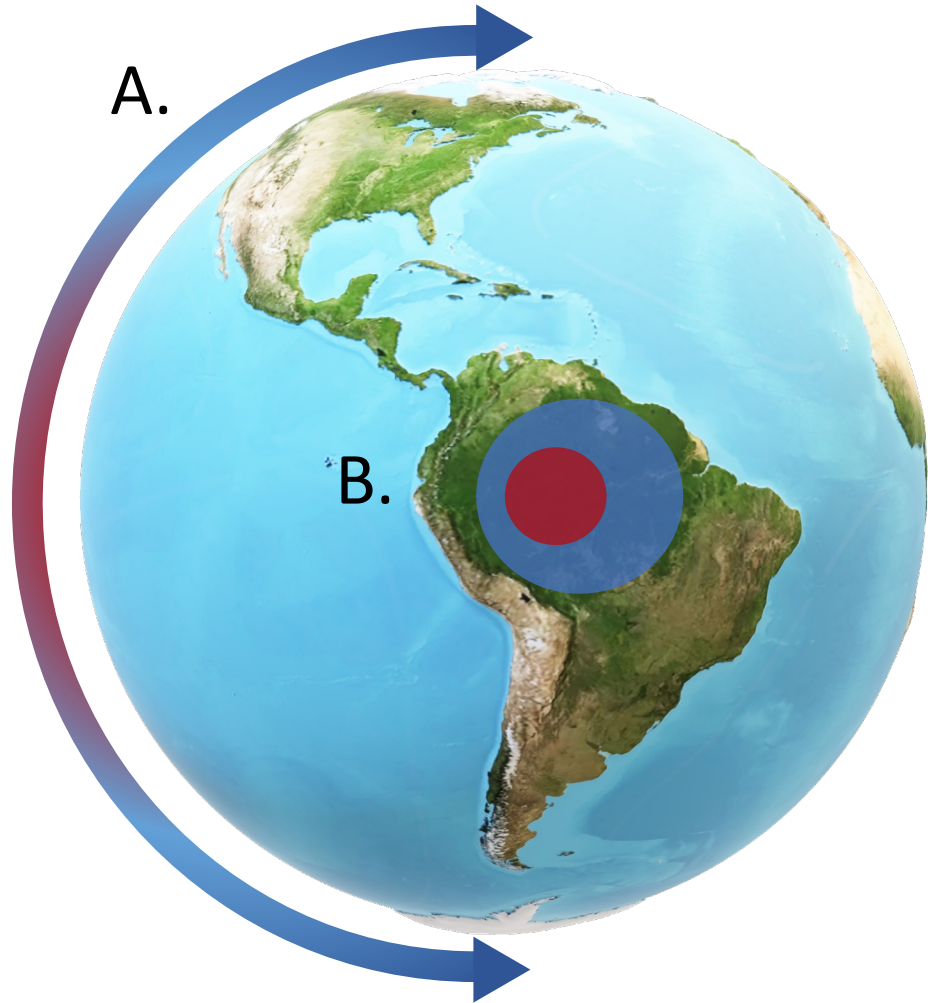
Credit: NASA Earth Observatory/Robert Simmon

Data Sources: NASA Goddard Institute for Space Studies, NOAA National Climatic Data Center, Met Office Hadley Centre/Climatic Research Unit, and the Japanese Meteorological Agency.

Maior redistribuição de espécies em resposta às mudanças do clima desde o último Máximo Glacial.

OBS: numa taxa sem precedentes.

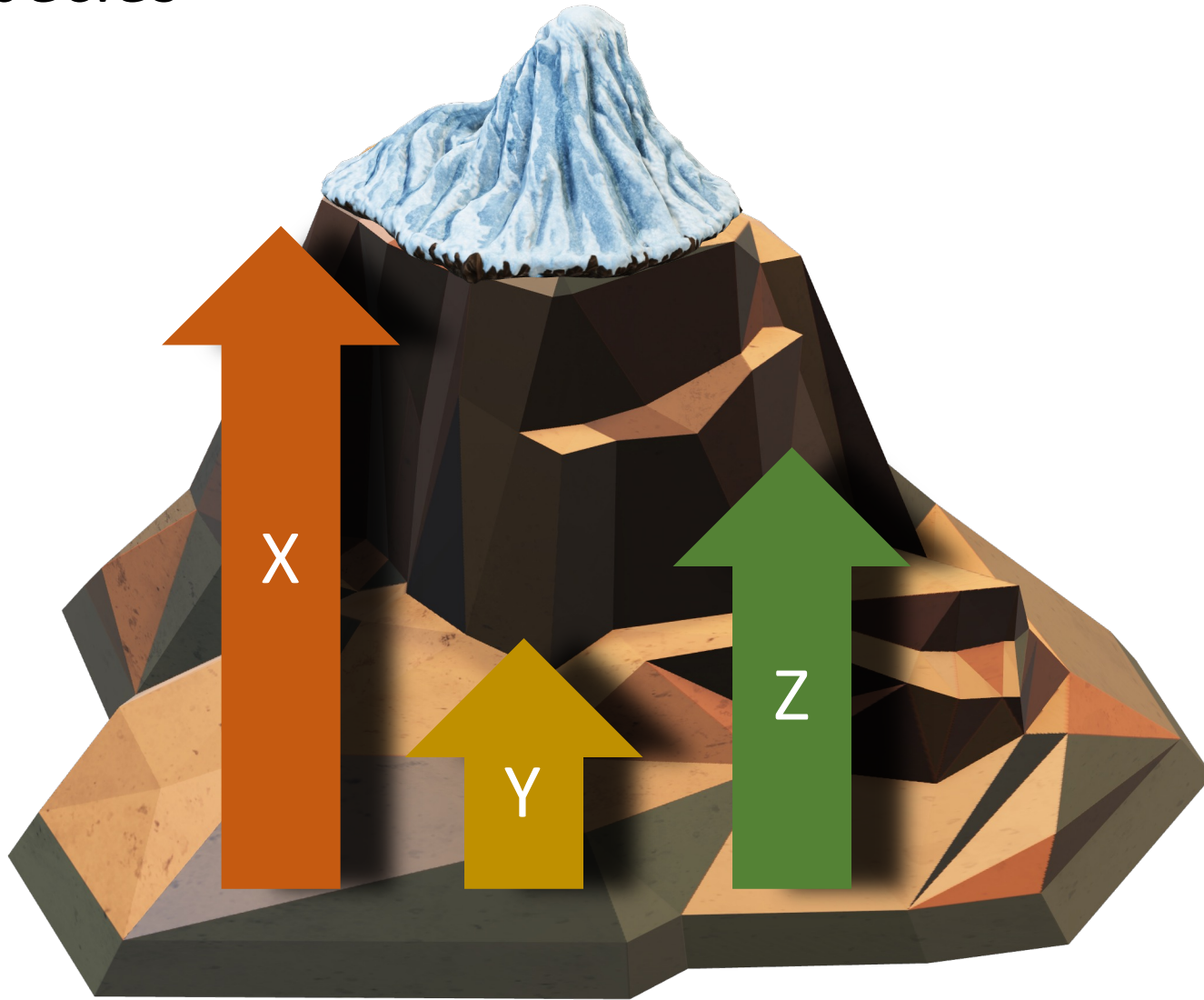
# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



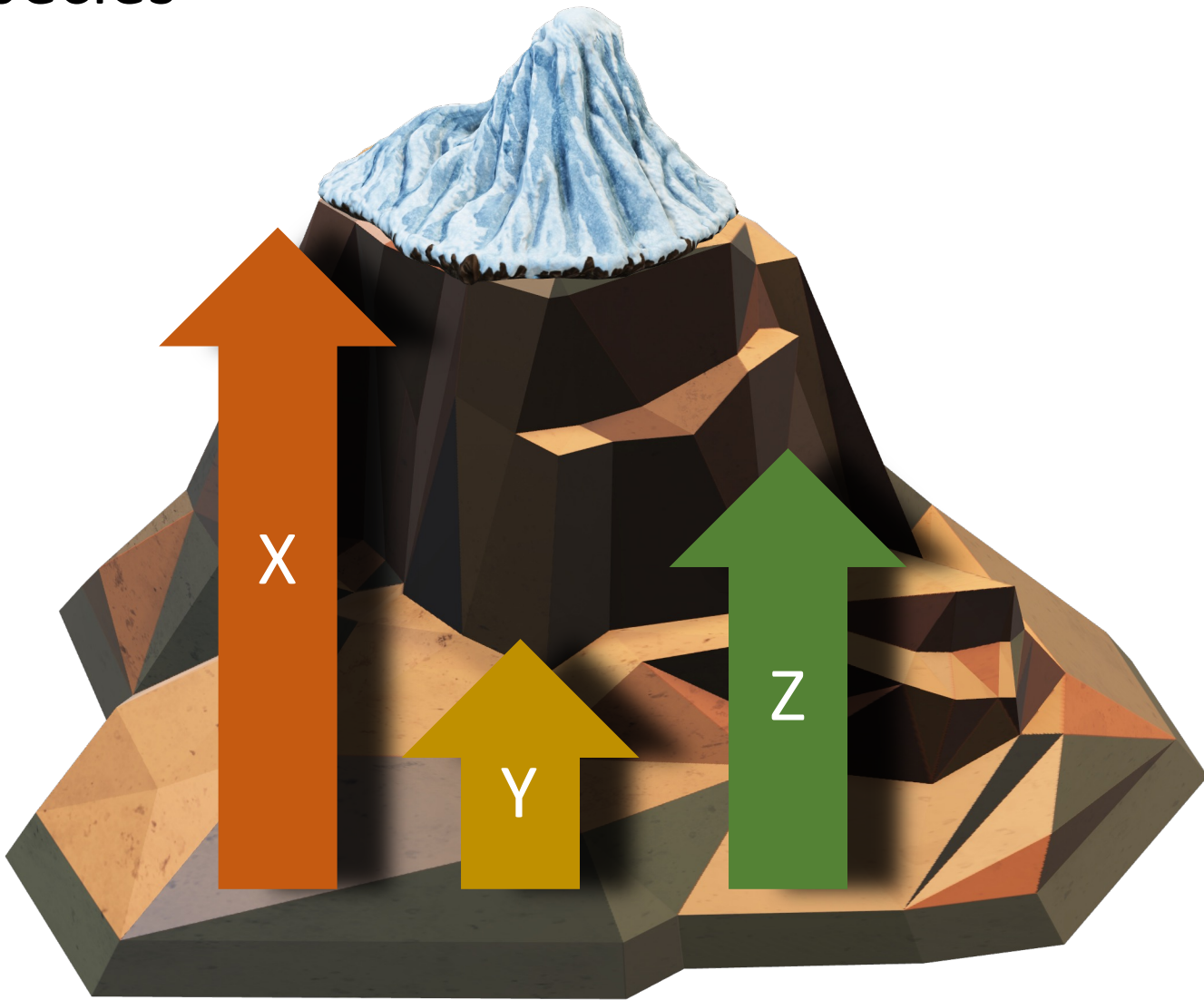
- A. Nos limites mais frios, as espécies estão migrando em direção aos polos (terrestres: 17km/dec, marinhas: 72km/dec);
- B. A distribuição das espécies está contraindo no extremo mais quente;
- C. Espécies estão migrando para maiores altitudes;
- D. Espécies nos oceanos estão migrando para maiores profundidades.

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

- Espécies respondem em taxas diferentes às mudanças climáticas;
- Pode alterar ou interromper as interações entre as espécies



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



- Espécies respondem em taxas diferentes às mudanças climáticas;
- Pode alterar ou interromper as interações entre as espécies



- Novas comunidades;
- Mudanças rápidas nas funções dos ecossistemas;
- Consequências para a sociedade.



Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de

-Espécies respondem em taxas diferentes às mudanças climáticas;

-Podem alterar ou interromper as relações

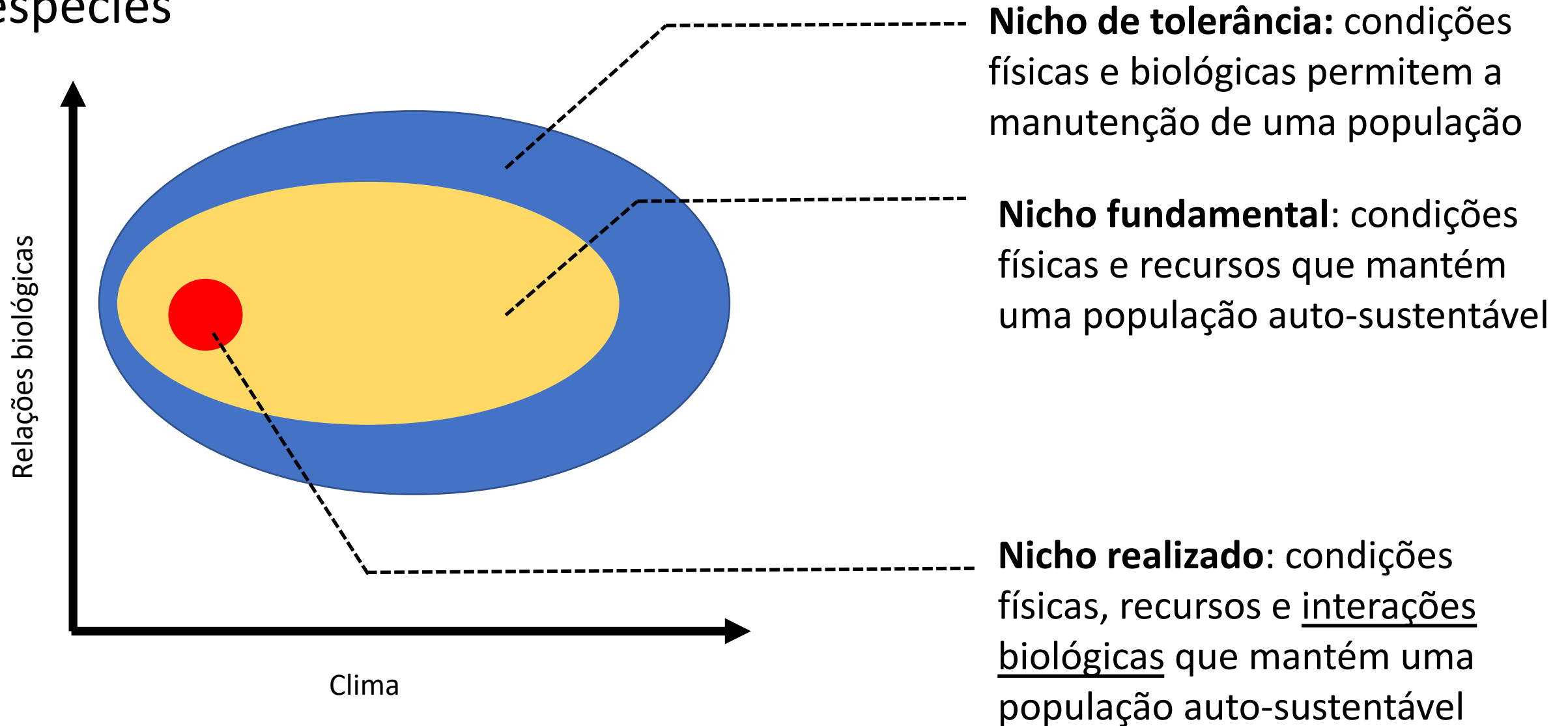
Mudanças nas relações entre as espécies: I) dinâmica de predação, II) herbivoria, III) associação hospedeiros-plantas, IV) competição, V) mutualismo ....

Cahil et al (2013) Proceedings of the Royal Society of London Series B 280: 20121890

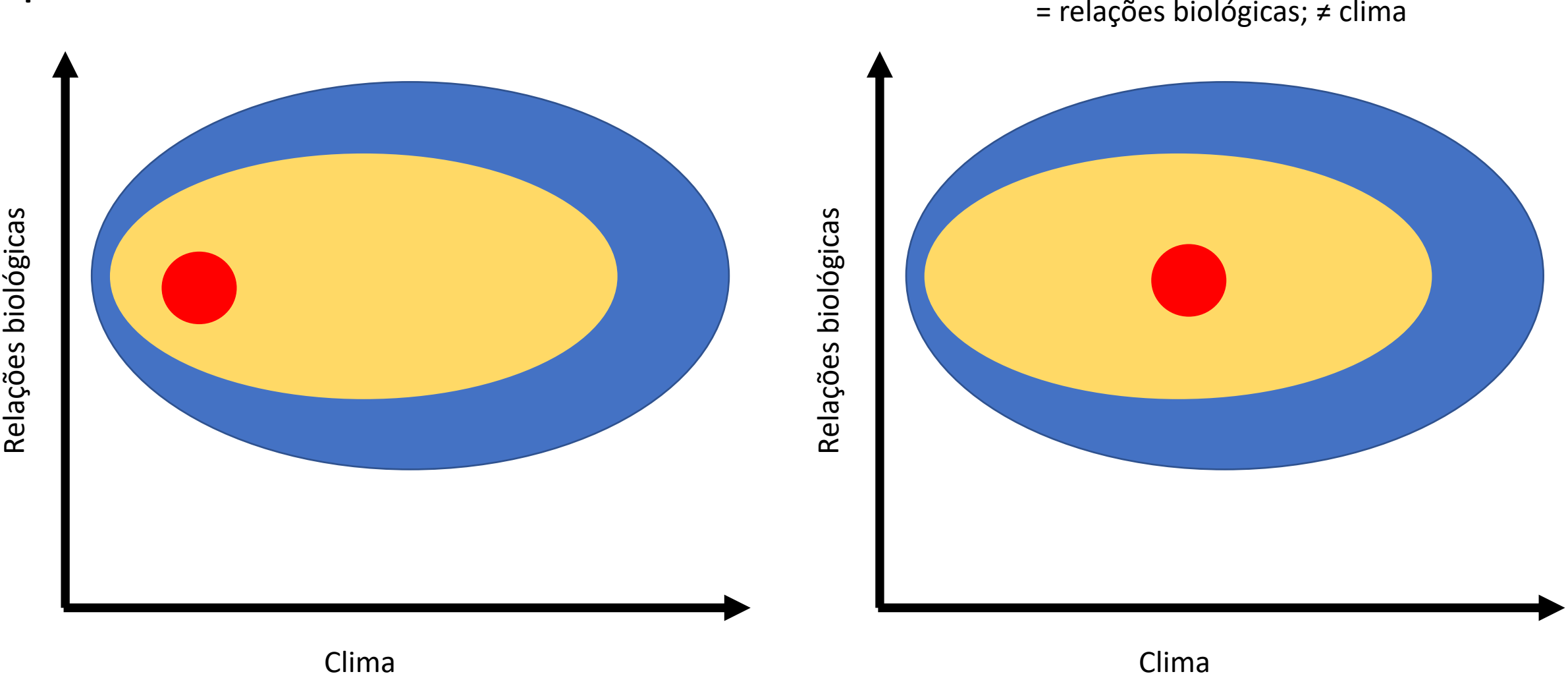
-Mudanças rápidas nas funções dos ecossistemas;

-Consequências para a sociedade.

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

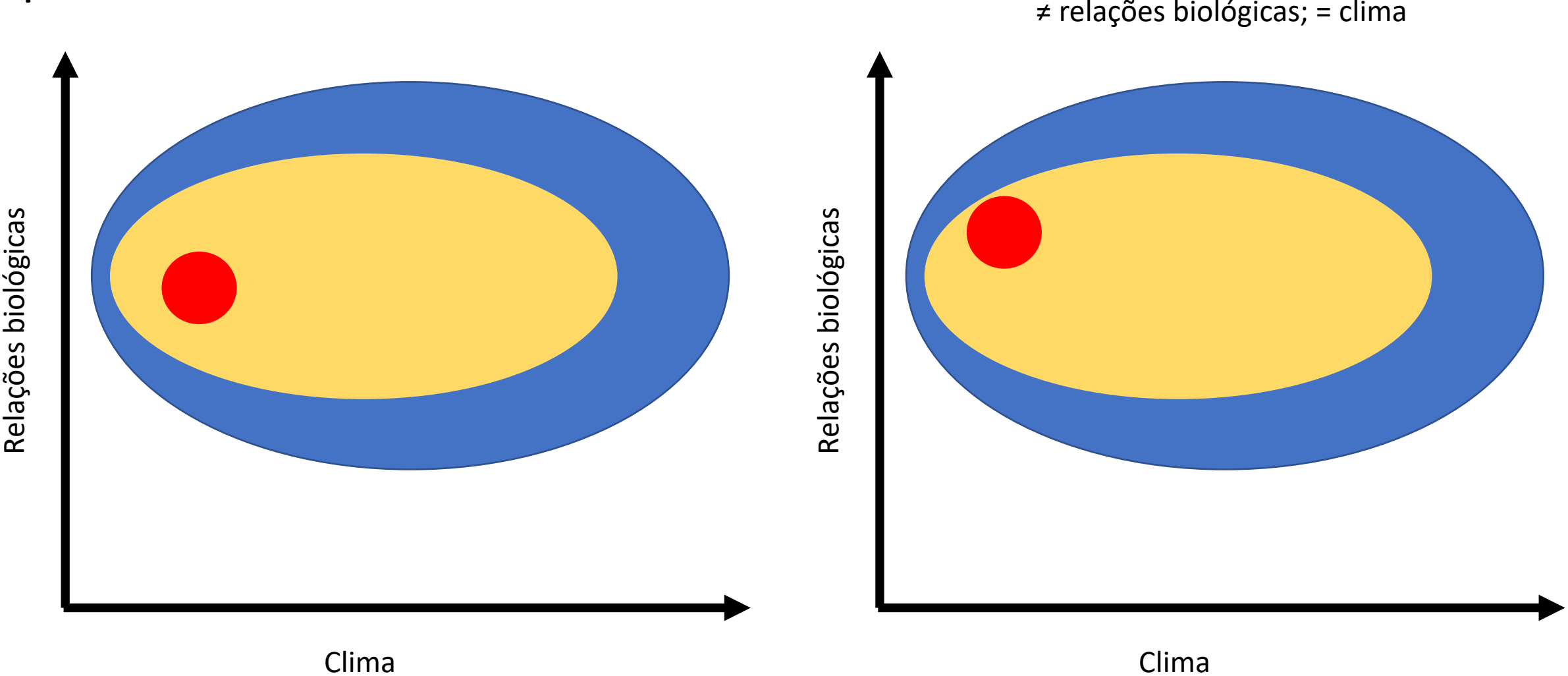


# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



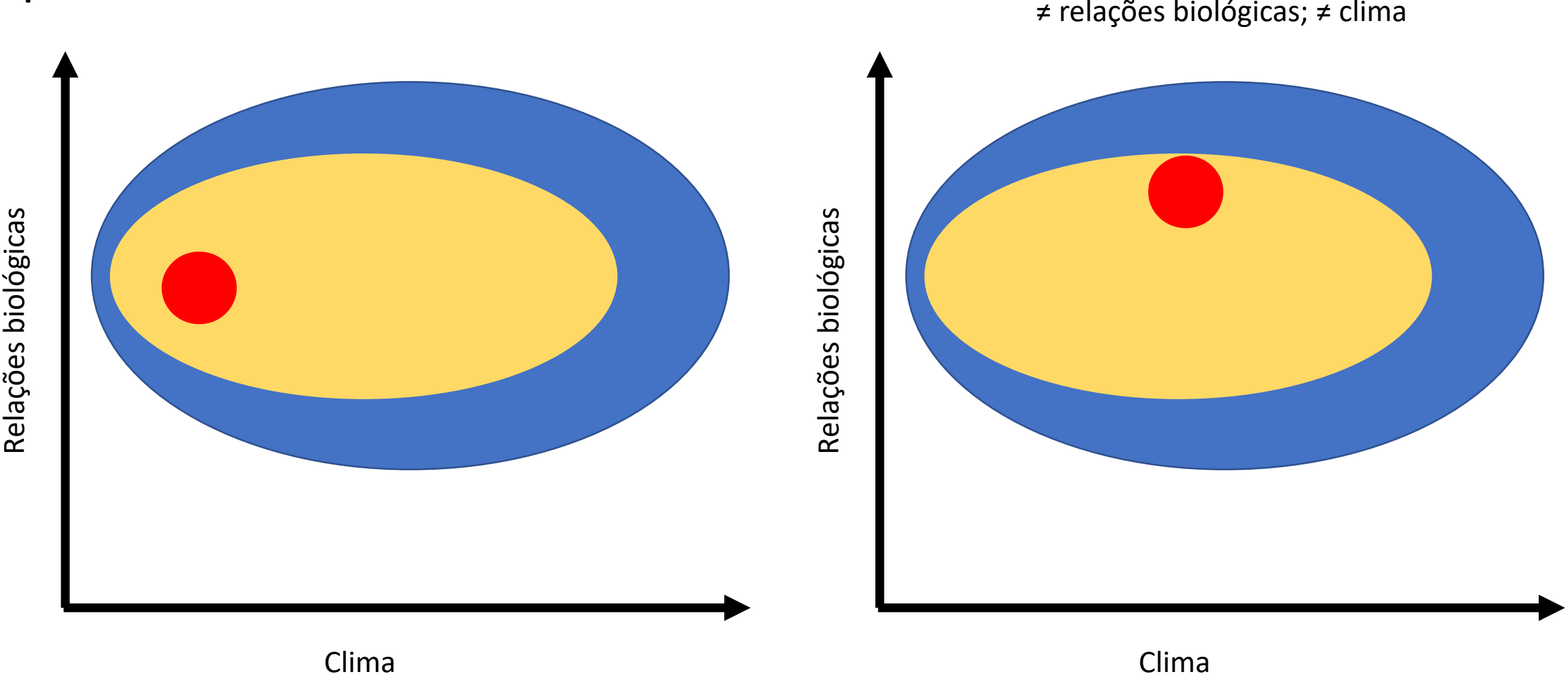
Modificado: Sax et al 2013 Trends in Ecology & Evolution 28: 517 - 523

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



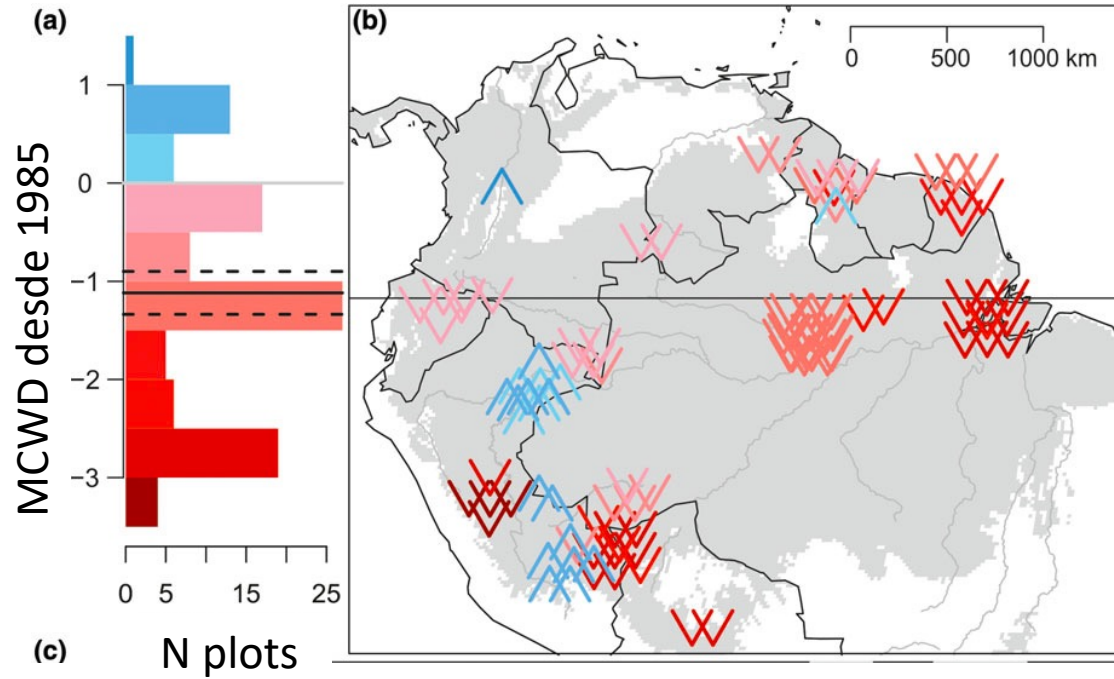
Modificado: Sax et al 2013 Trends in Ecology & Evolution 28: 517 - 523

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

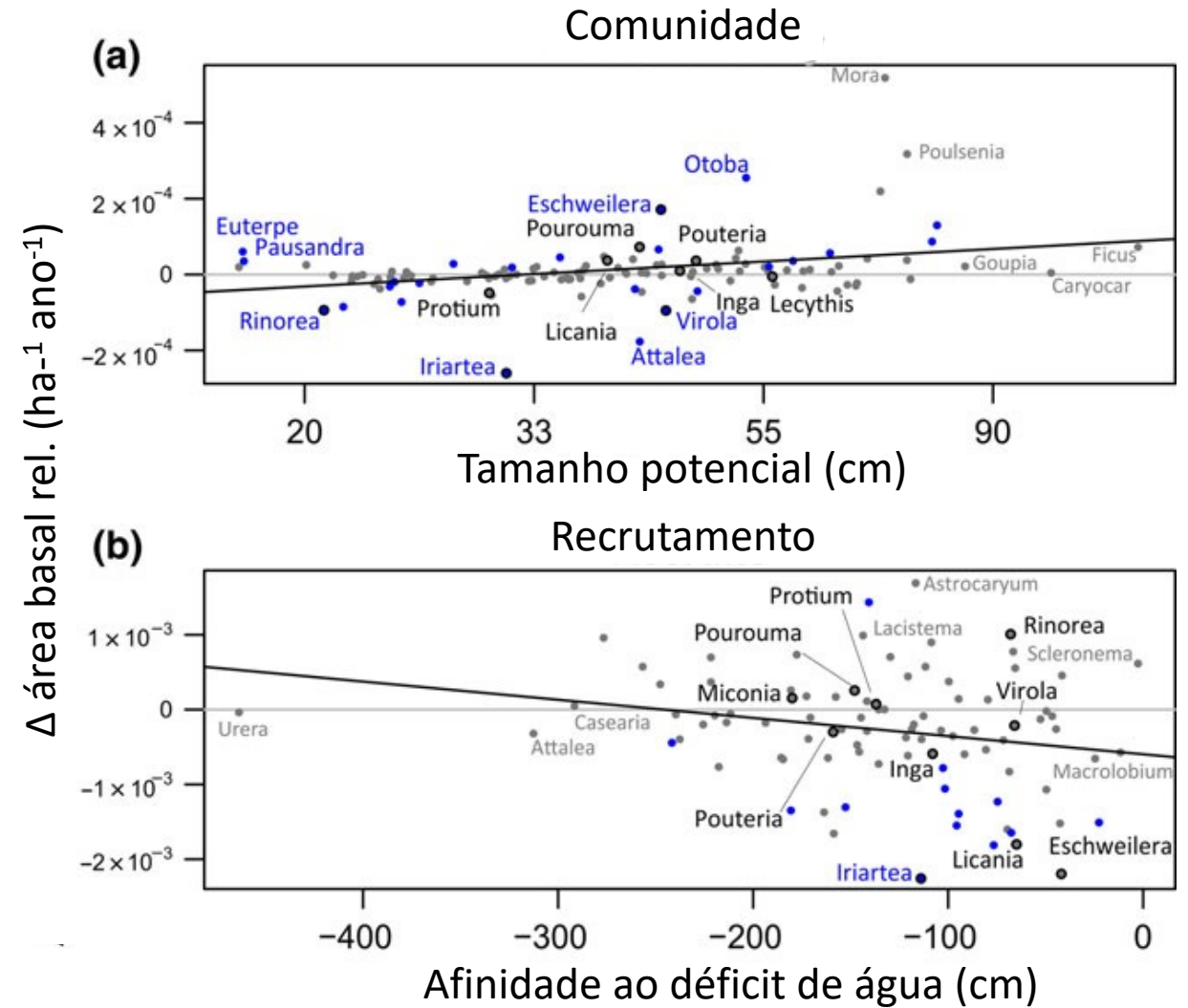


Modificado: Sax et al 2013 Trends in Ecology & Evolution 28: 517 - 523

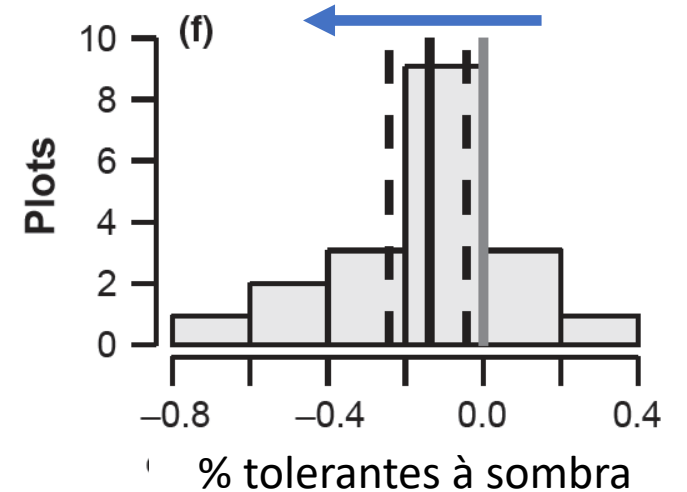
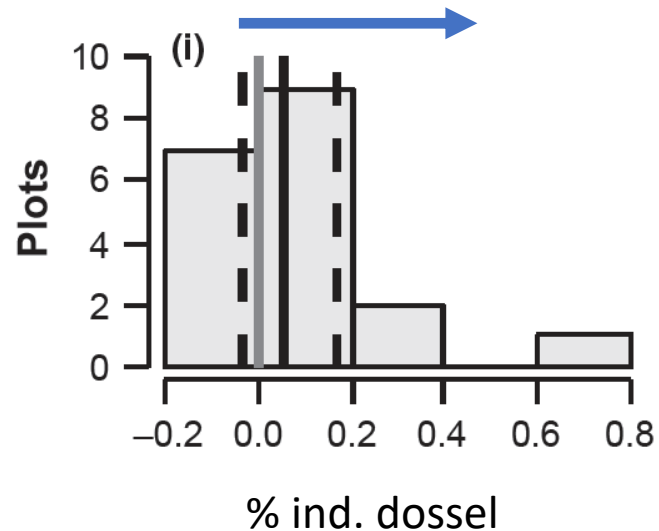
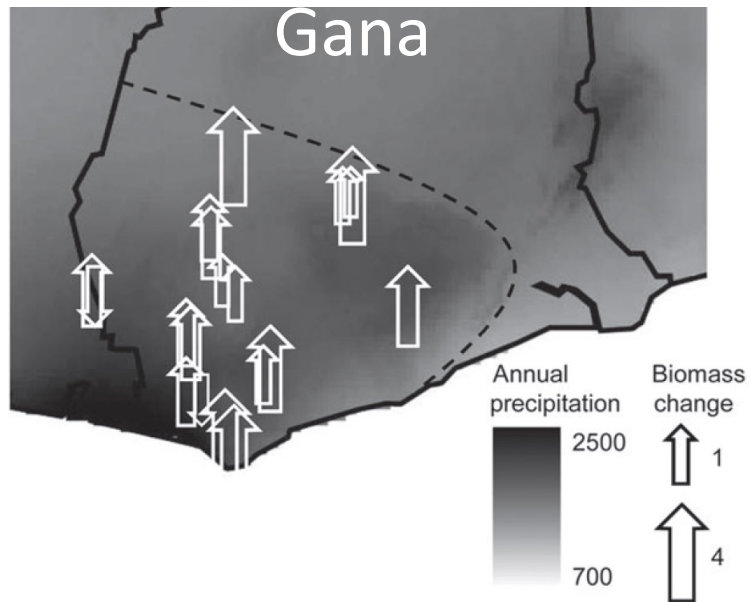
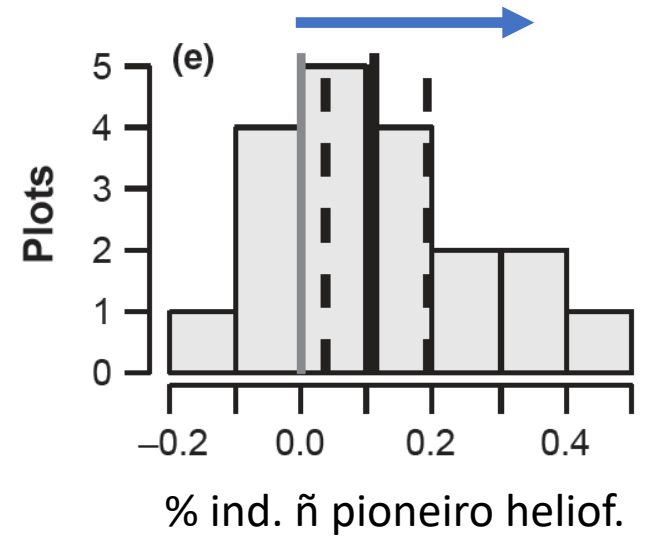
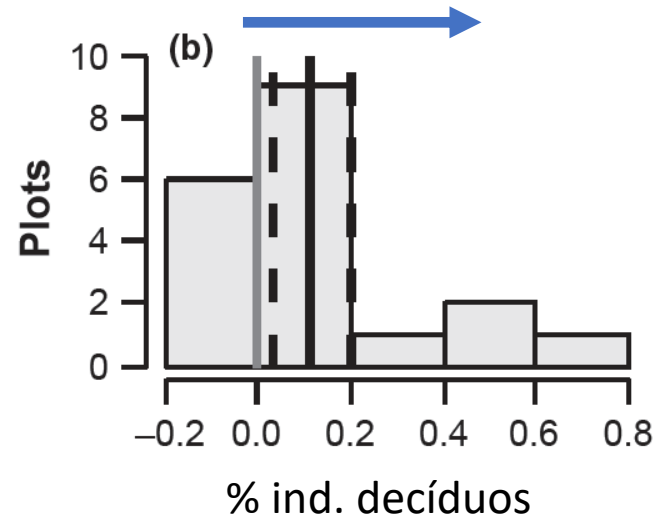
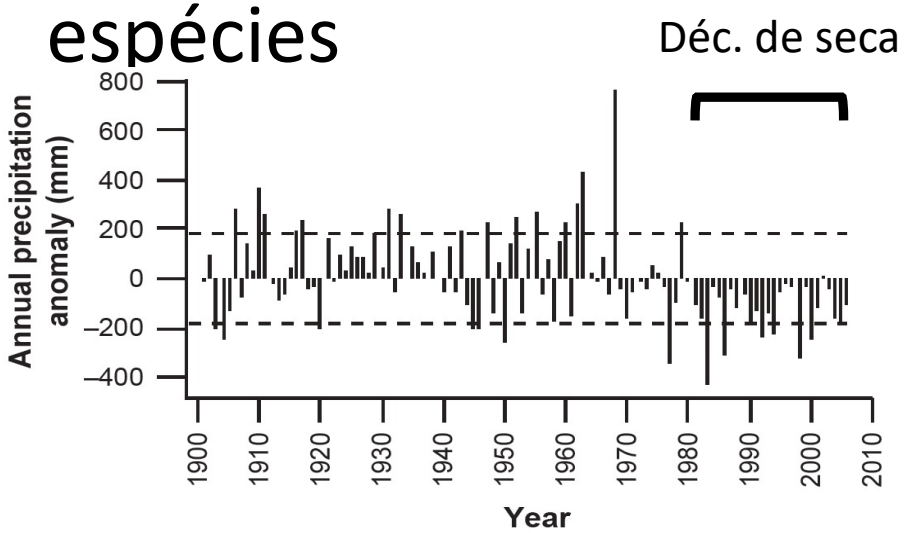
# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



- Estações secas mais intensas ( $\downarrow$  MCWD)
- $\uparrow$  espécies de maior porte -  $\uparrow$  [CO<sub>2</sub>];
- $\uparrow$  espécie com afinidade a condições secas.



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

**Invasão lenhosa nas savanas:**

↑ biomassa lenhosa;

↑ n de caules;

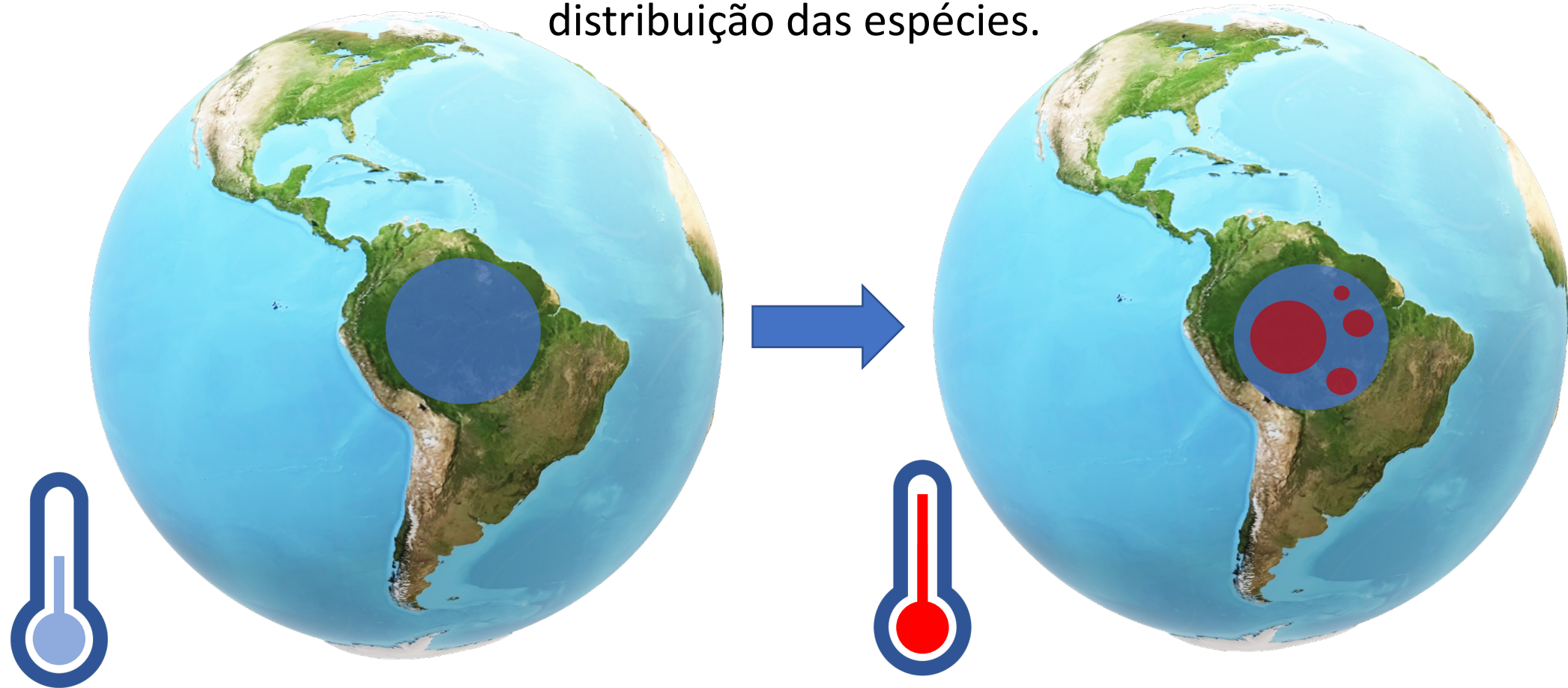
↑ cobertura lenhosa.





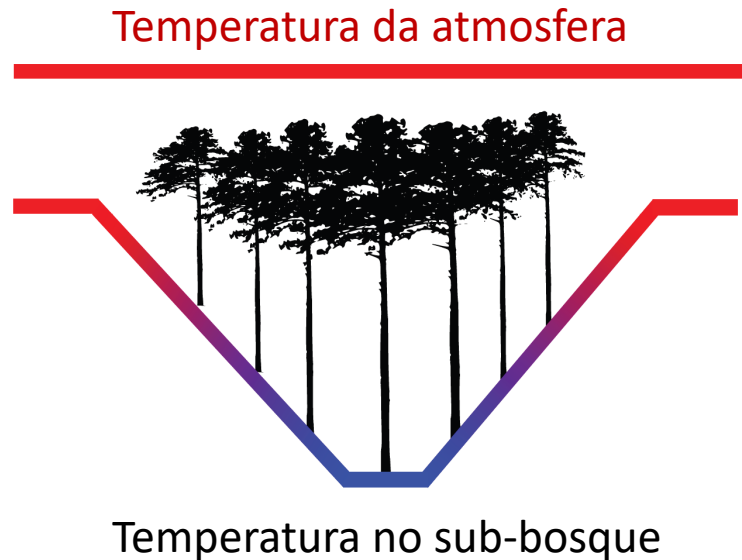
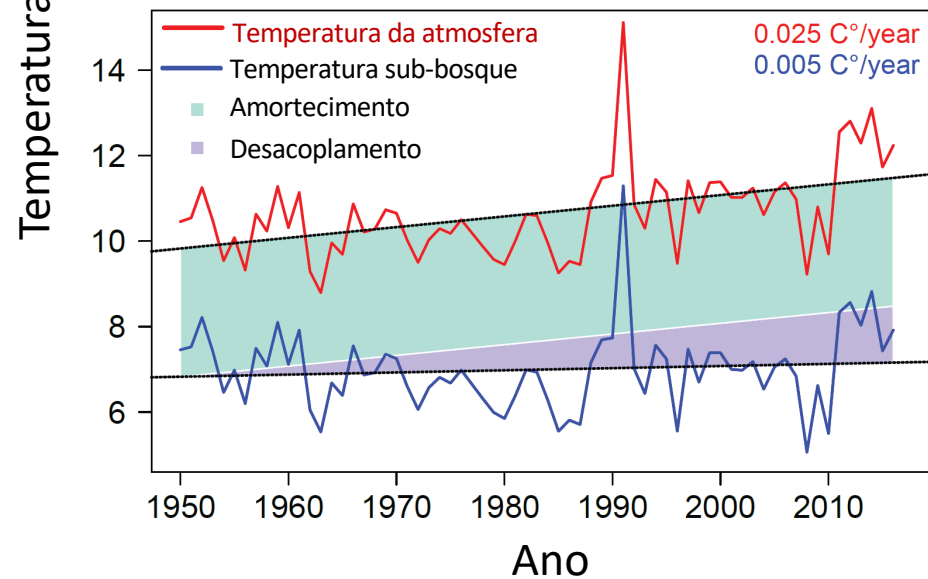
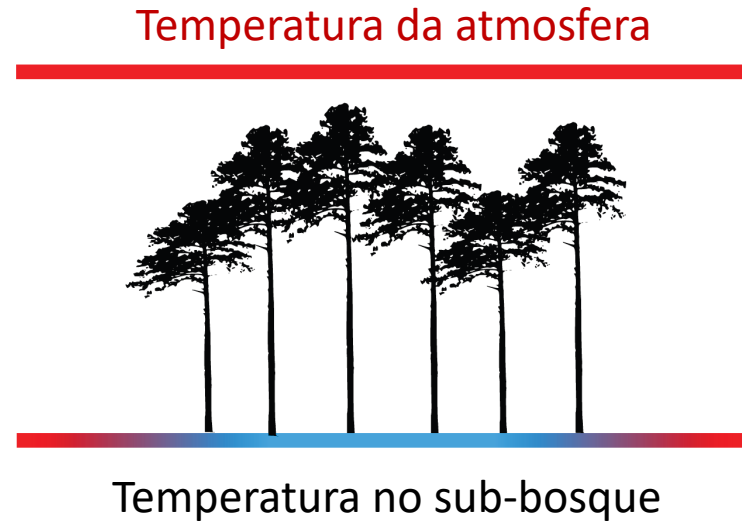
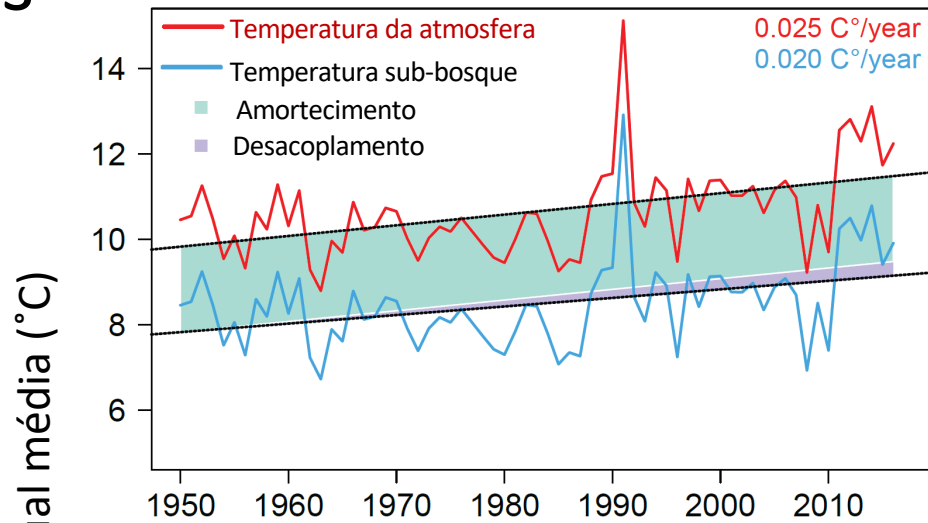
# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

**Refúgios climáticos** podem retardar os efeitos das mudanças no clima sobre a distribuição das espécies.



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

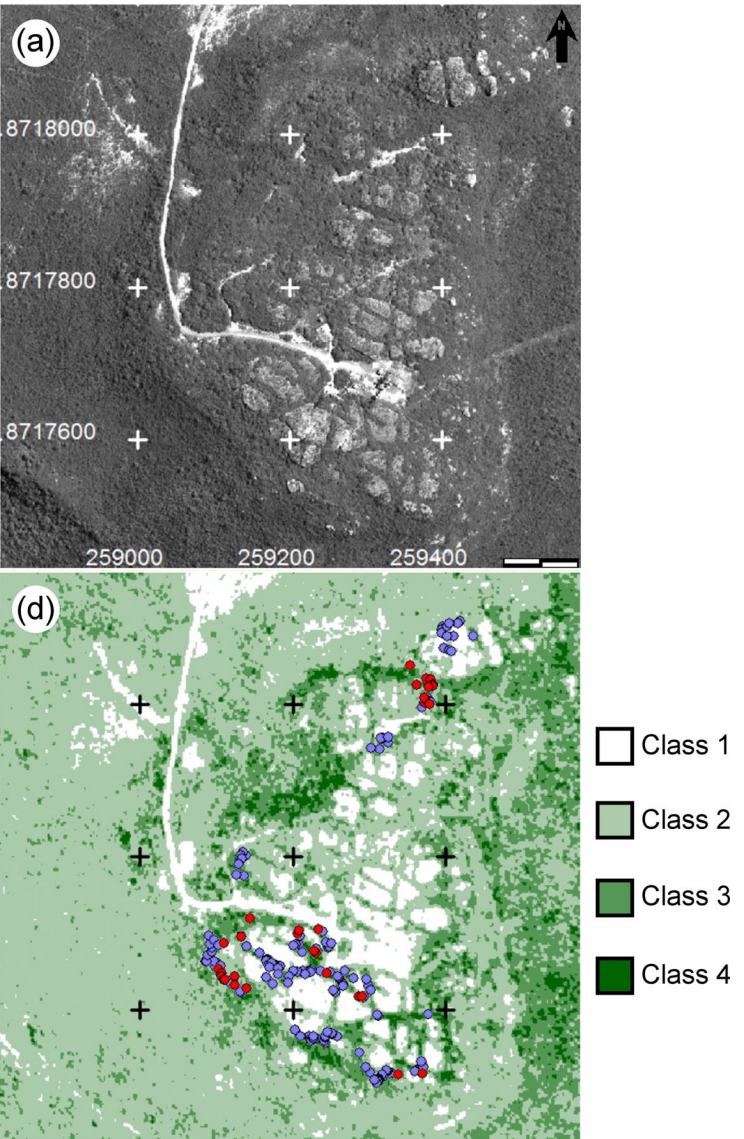
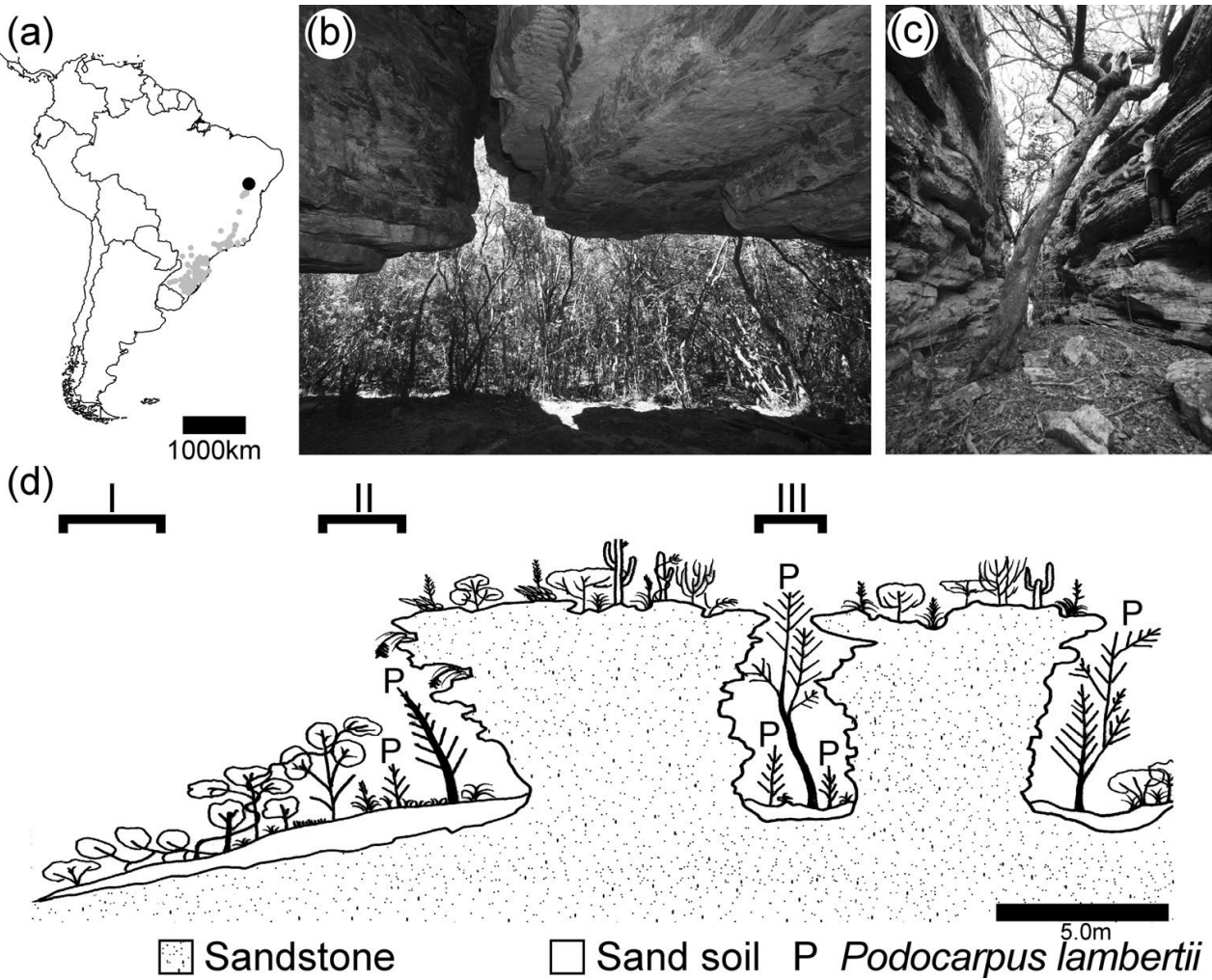
Lenoir et al 2017 Ecography 40: 253-266



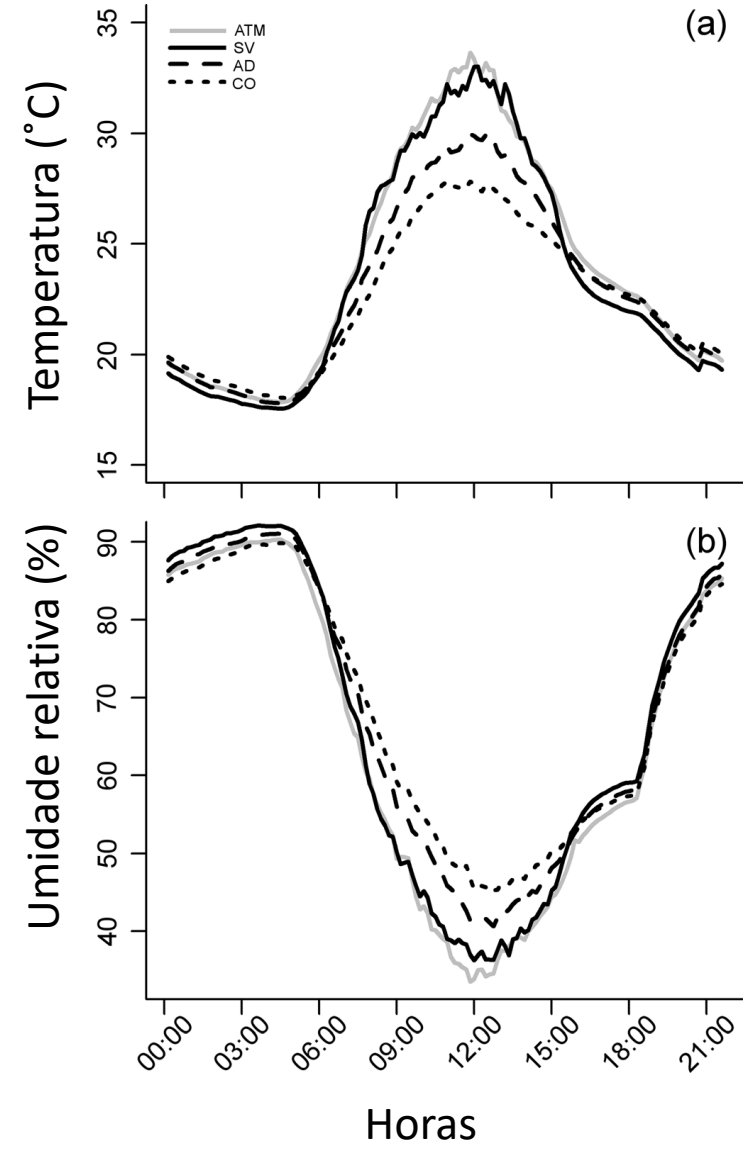
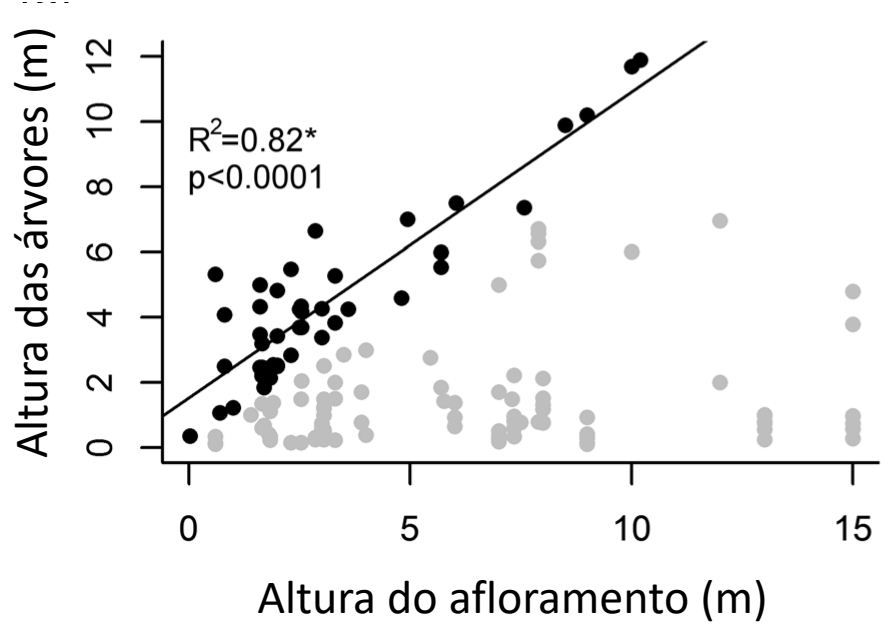
Cânions ou ravinas



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

**Anéis de crescimento anuais:** indicam o quanto a árvore cresceu por ano.

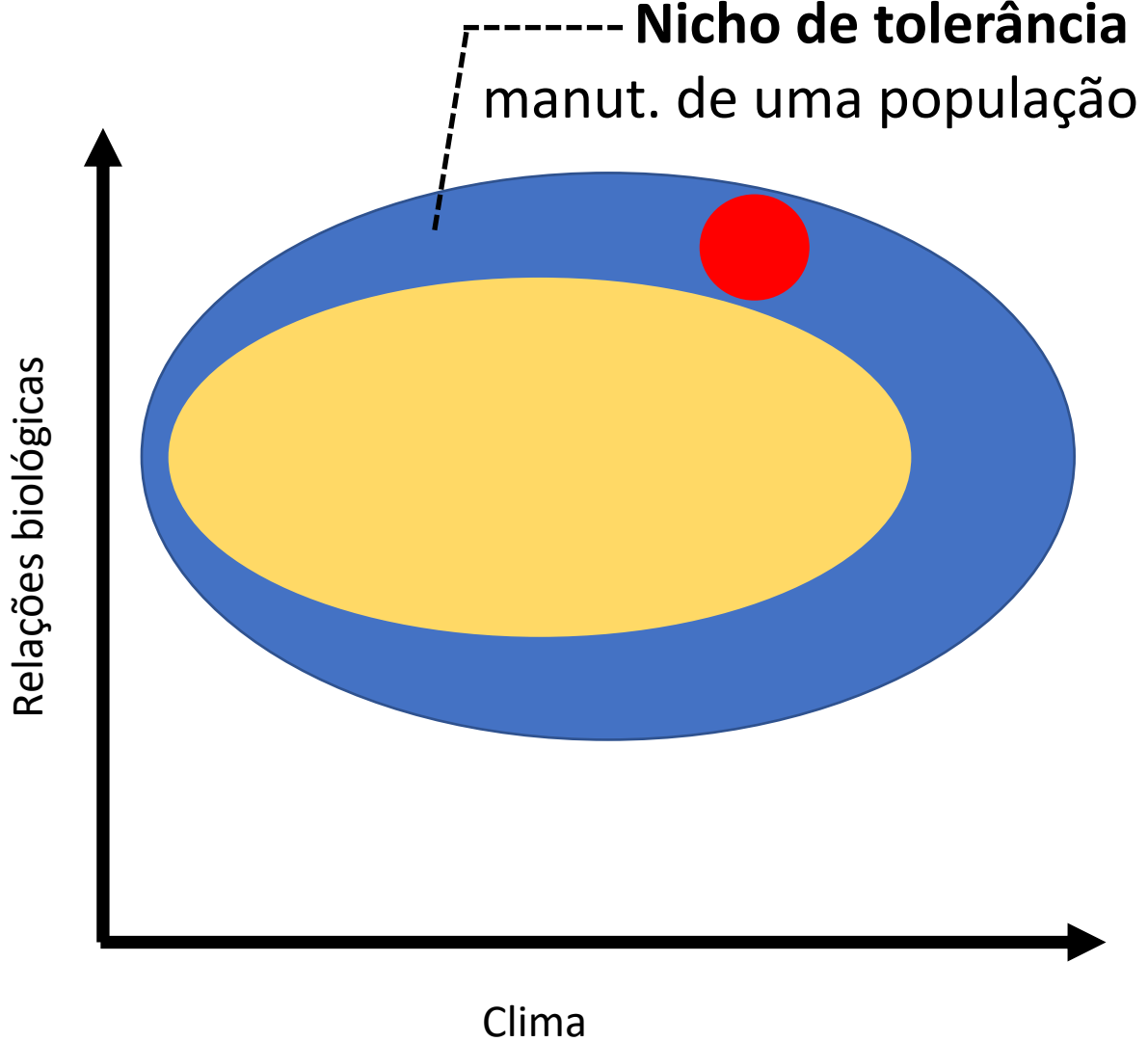
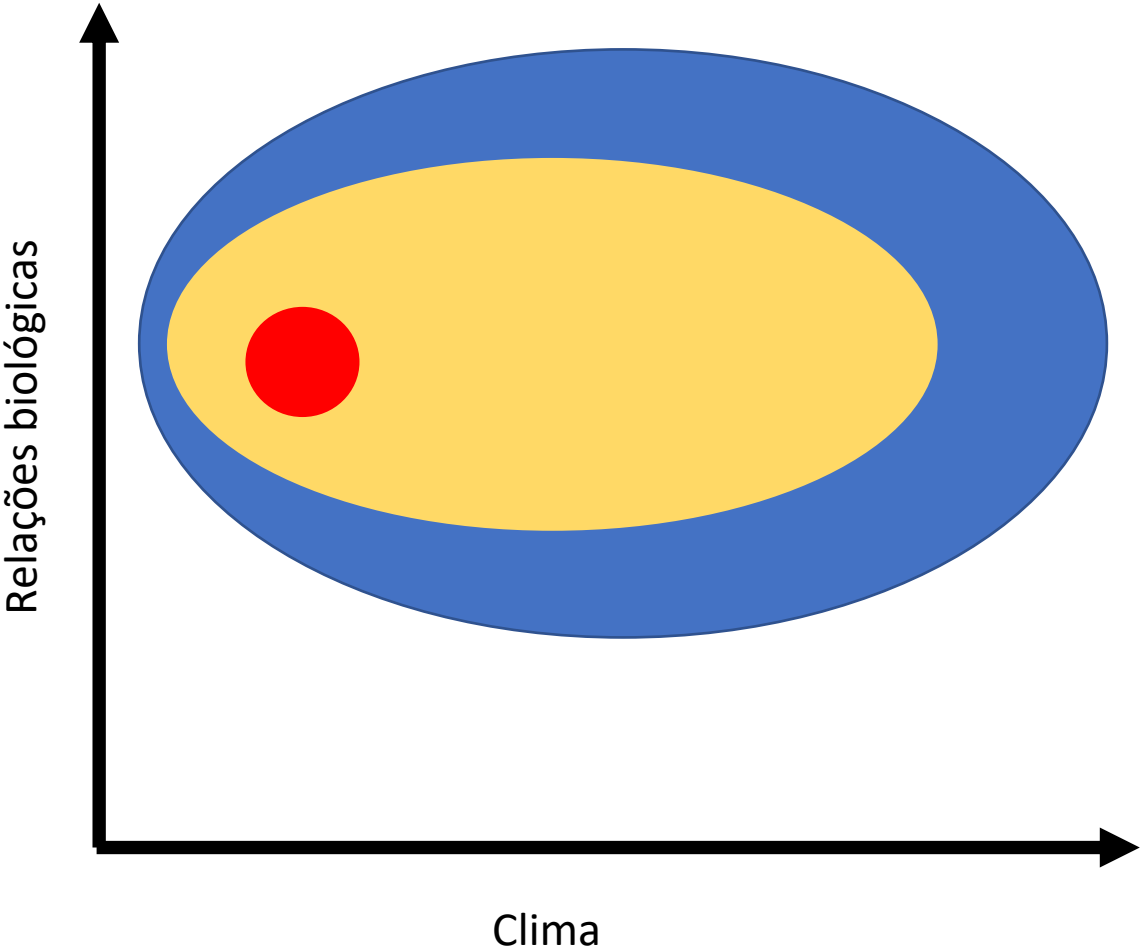
Variável	Coeficientes	% explicada do cresc.	p
Intercepto	3.50	-	-
<b>Temp Max Dez</b>	-1.05 10 <sup>-1</sup>	<b>35.30</b>	<0.01
Prec Nov	1.64 10 <sup>-3</sup>	18.20	<0.01



Espécies não conseguem adaptar, migrar ou mudar de nicho?

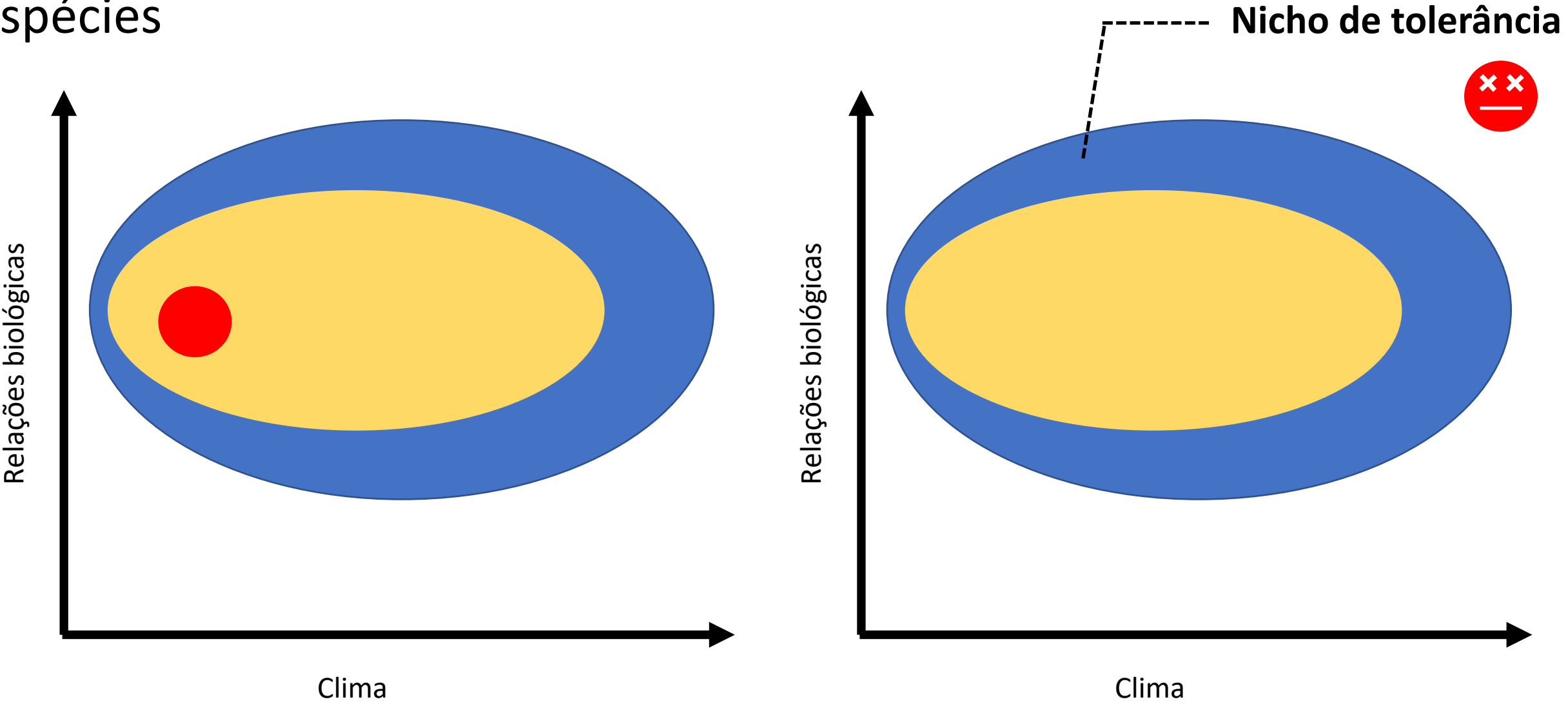
Risco de extinção

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies



Modificado: Sax et al 2013 Trends in Ecology & Evolution 28: 517 - 523

# Mudanças climáticas: migração e mudanças na composição de espécies

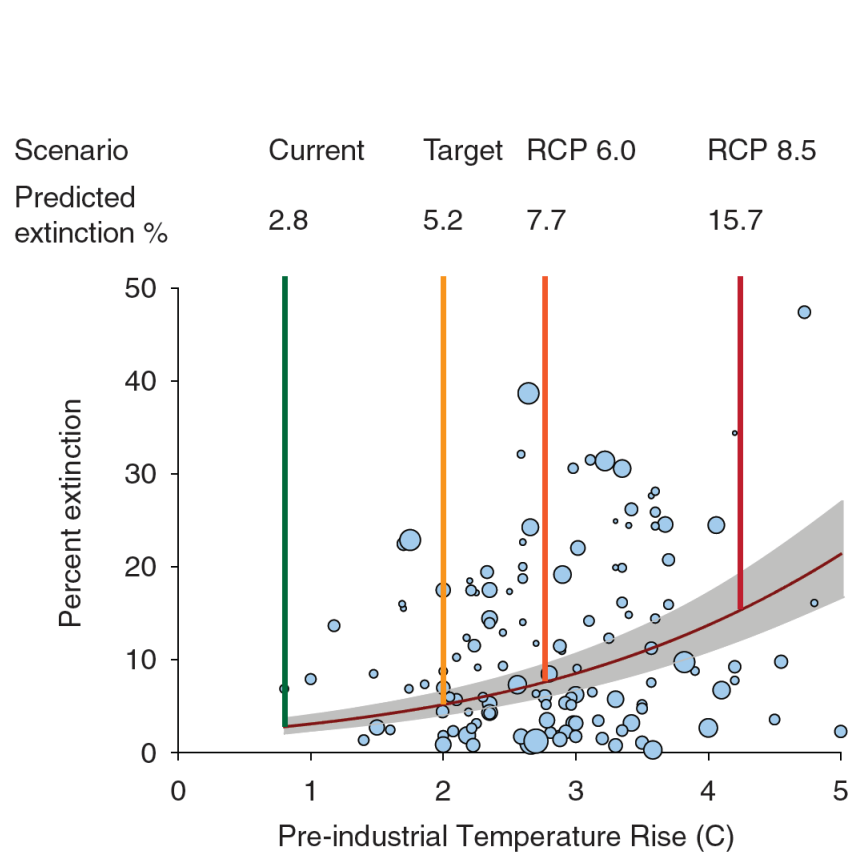


Modificado: Sax et al 2013 Trends in Ecology & Evolution 28: 517 - 523

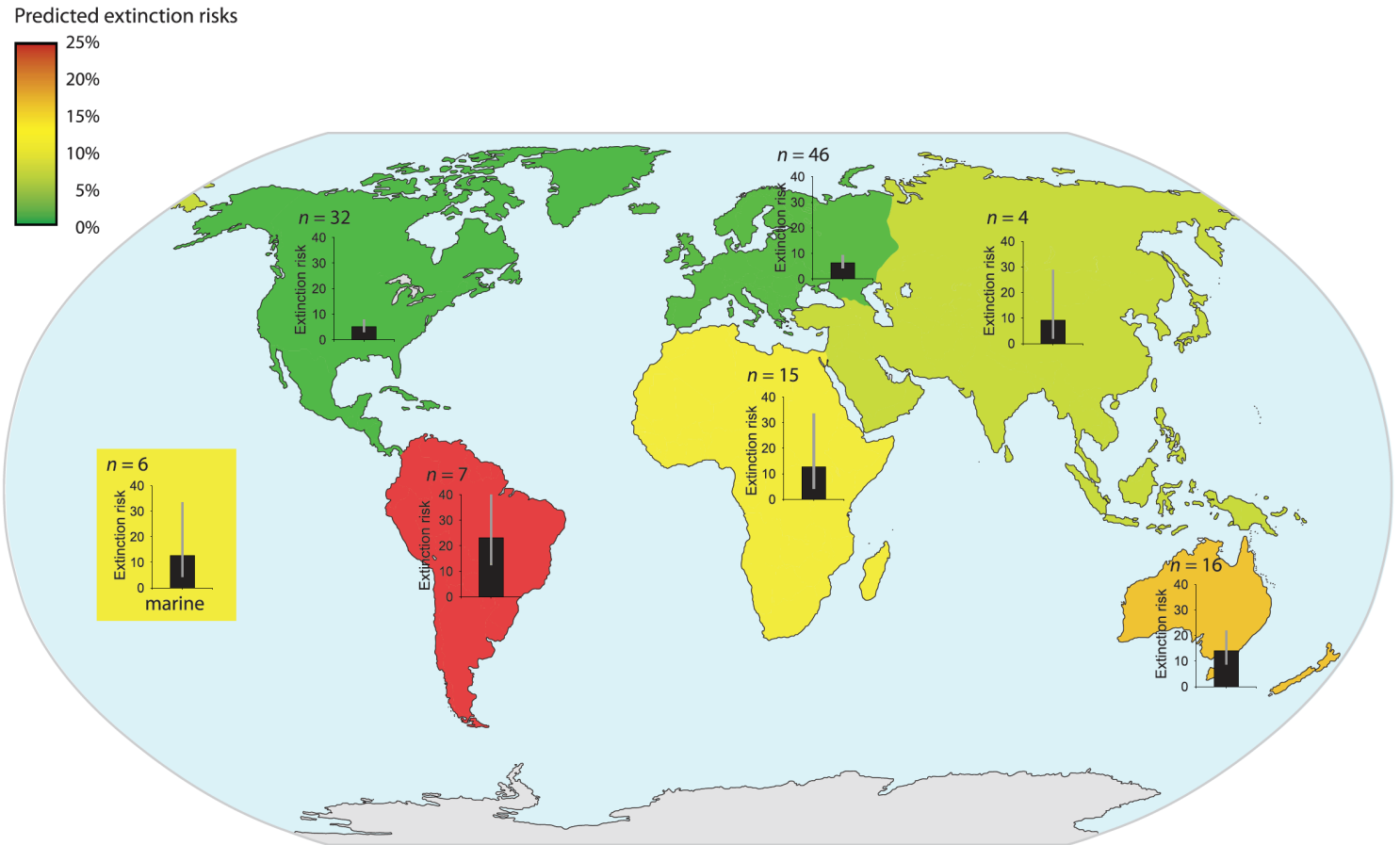


# Mudanças climáticas: risco de extinção - modelos

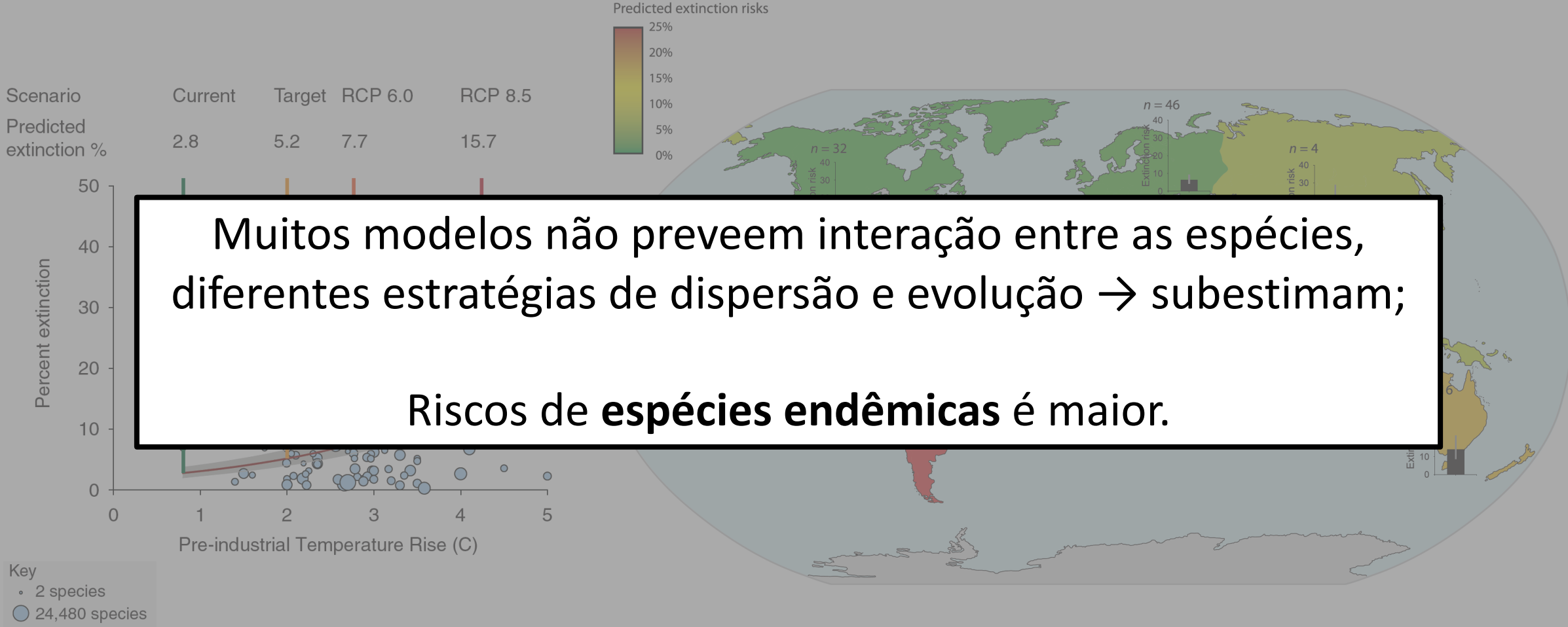
(Meta-análise – 131 predições)



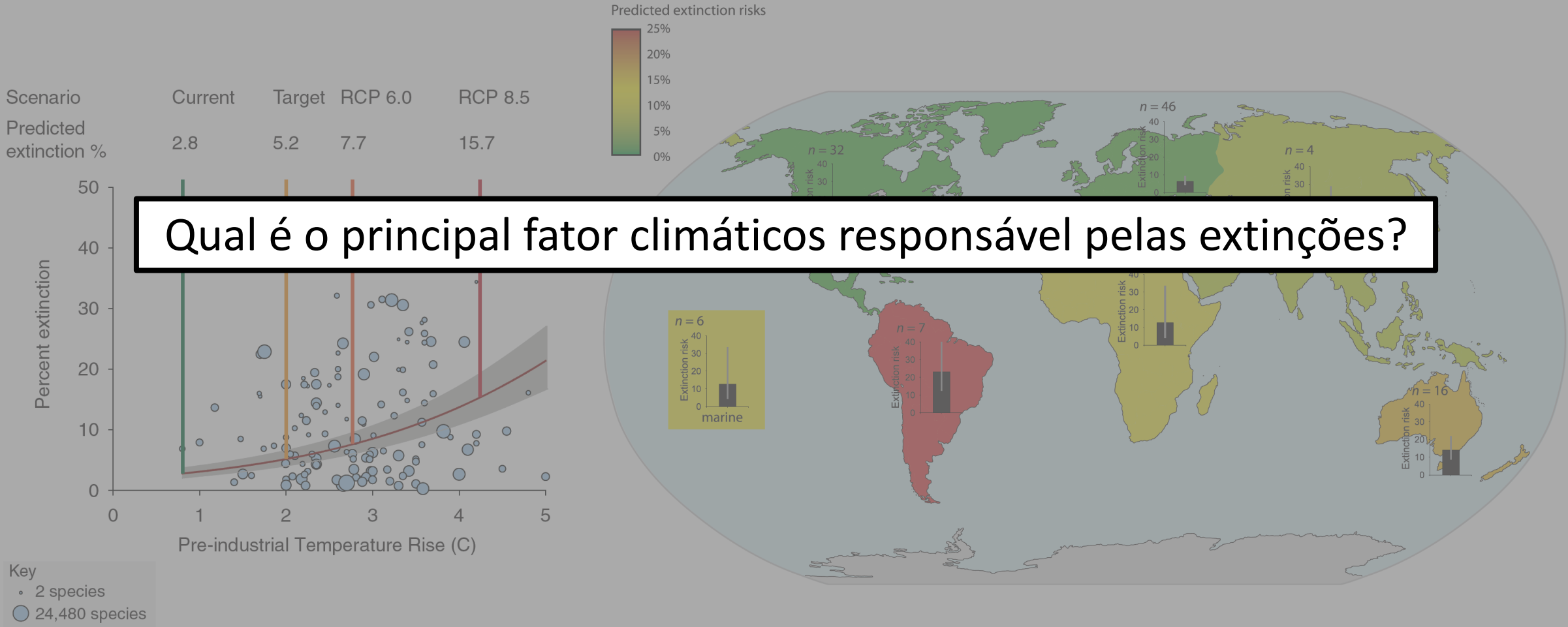
Key  
• 2 species  
● 24,480 species



# Mudanças climáticas: risco de extinção - modelos

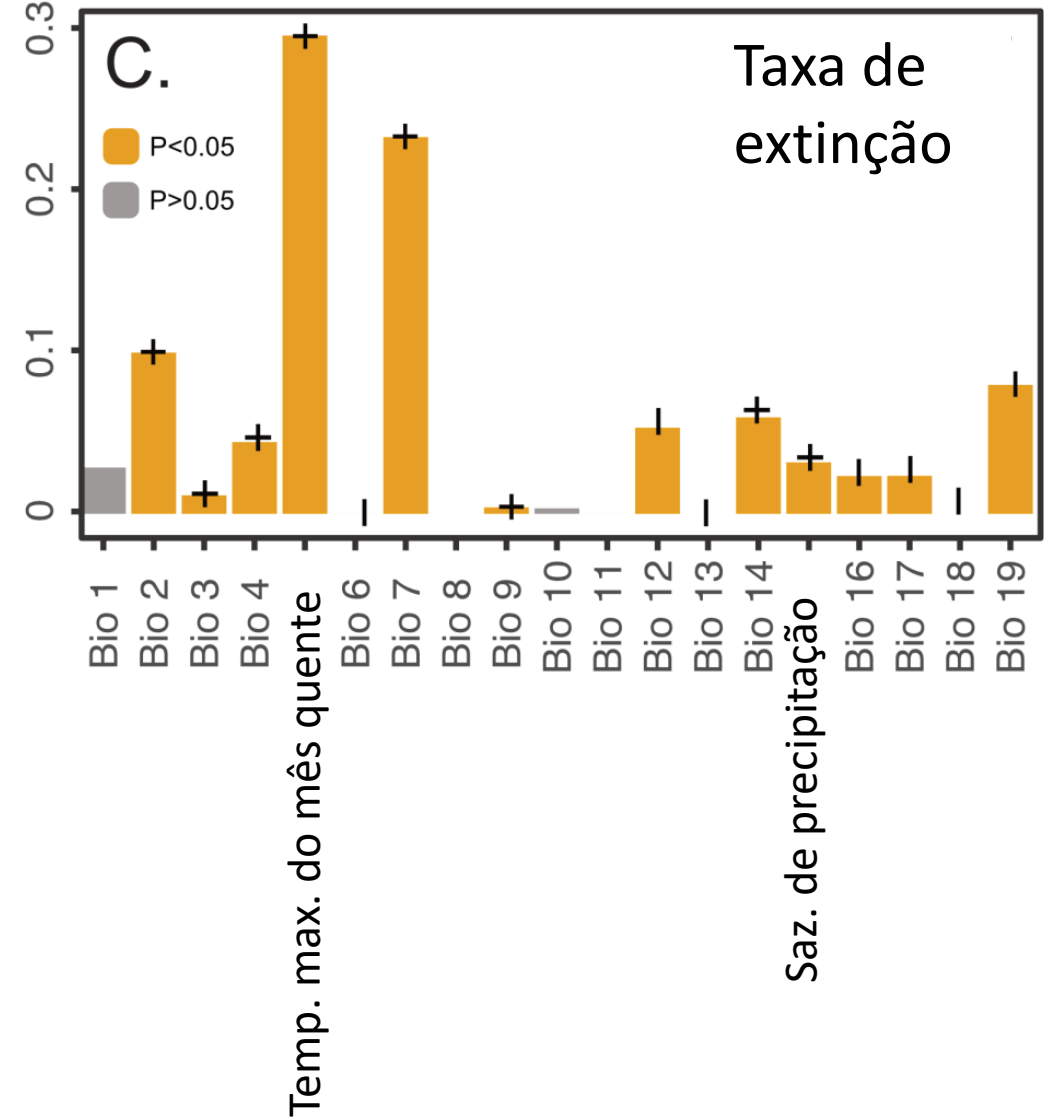
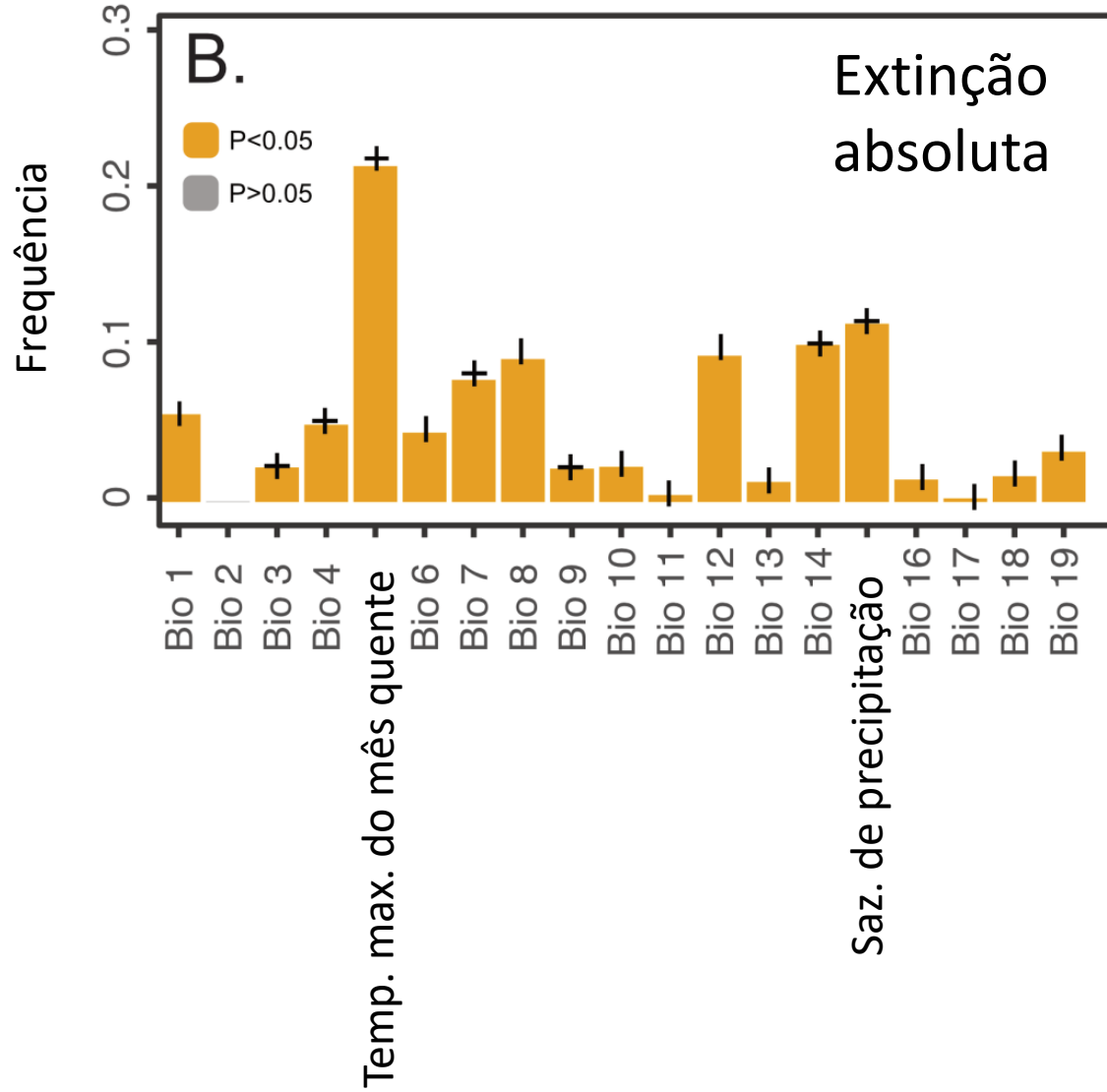


# Mudanças climáticas: risco de extinção - modelos



# Mudanças climáticas: risco de extinção - modelos

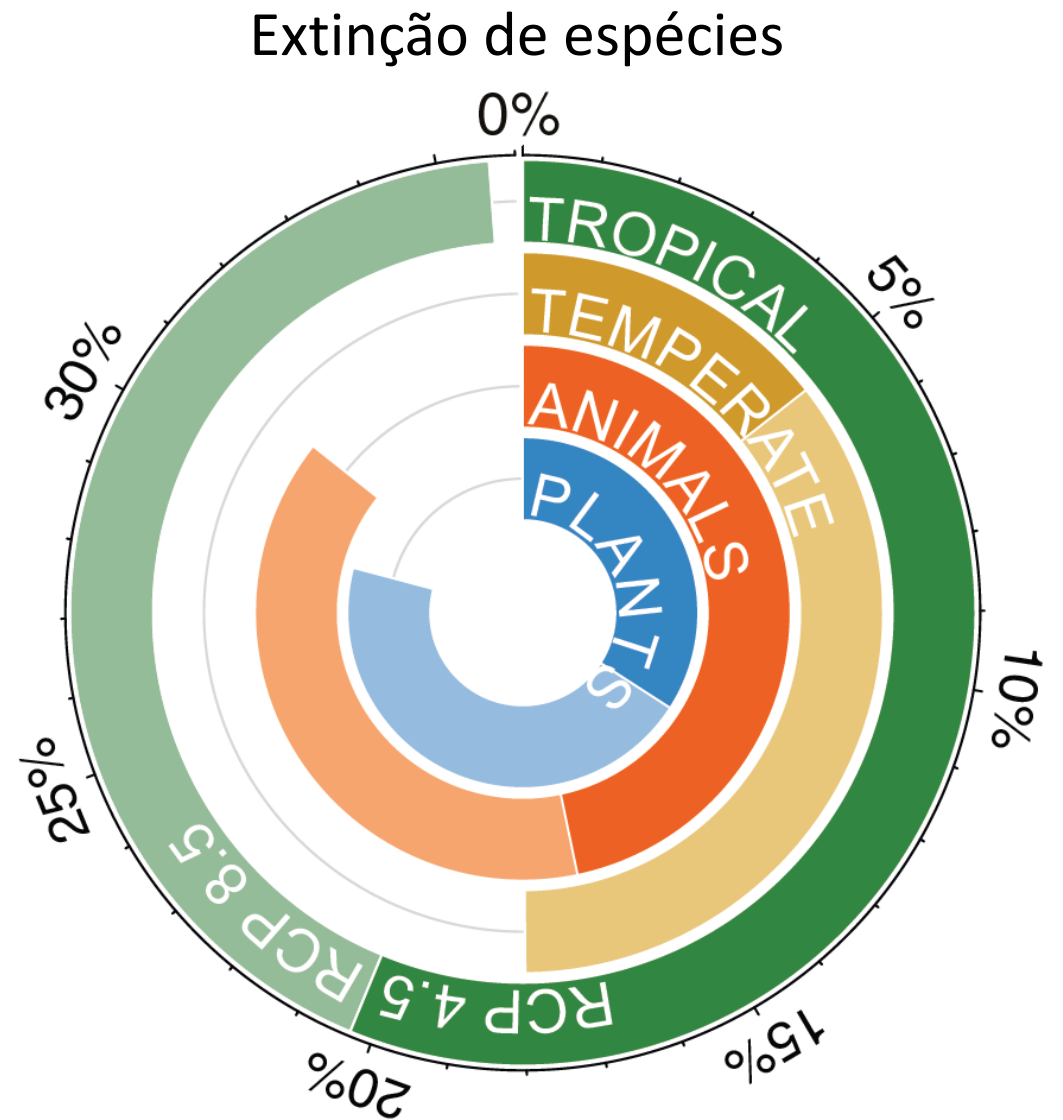
Estudo global com 538 espécies de plantas e animais



# Mudanças climáticas: risco de extinção - modelos

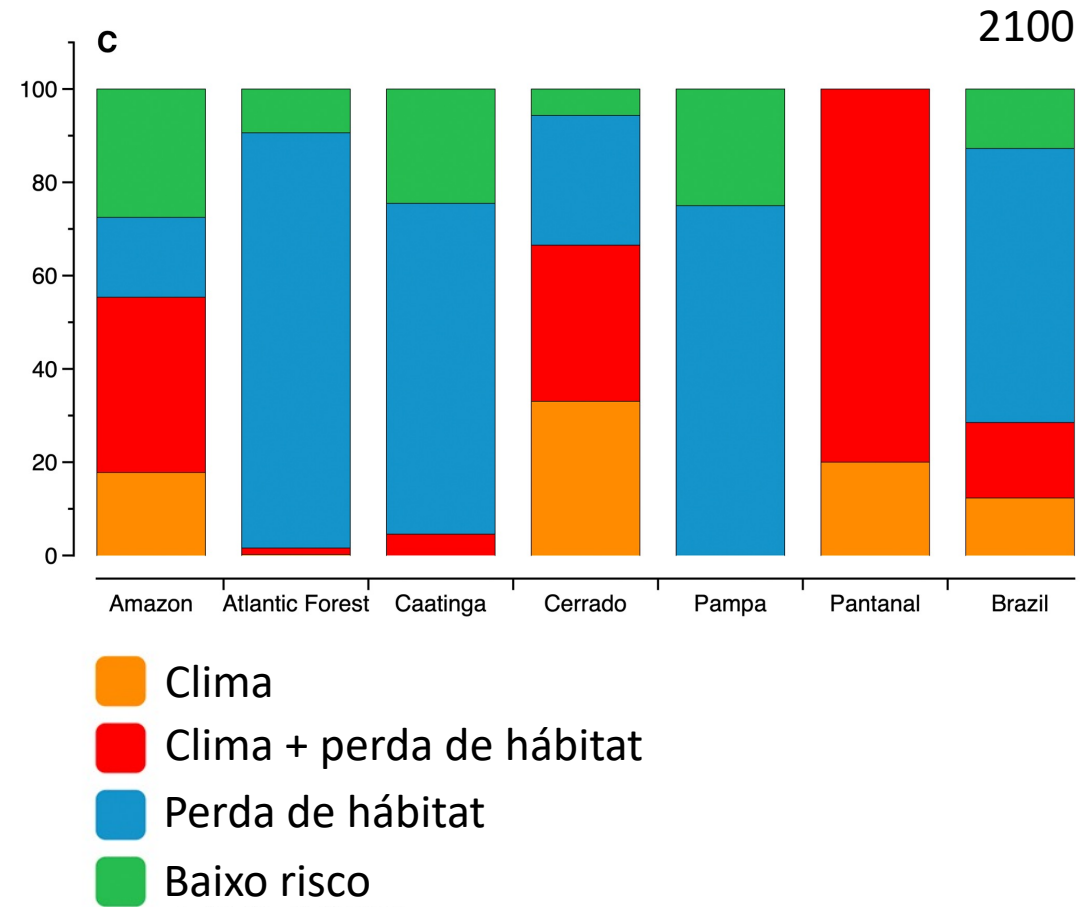
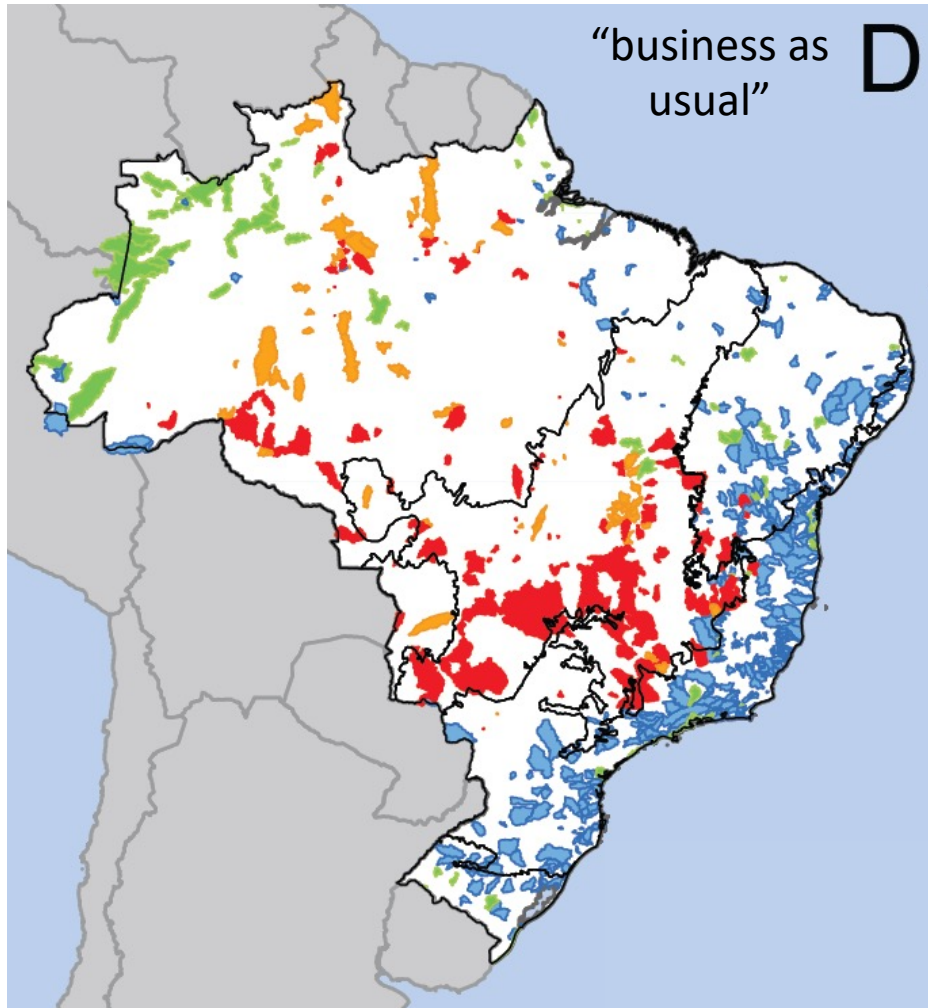
Muitas das características funcionais fazem das espécies tropicais mais vulneráveis às mudanças do clima:

- Populações de tamanho relativamente reduzido;
- Distribuição geográfica limitada;
- Alta especialização;
- Capacidade de dispersão reduzida.



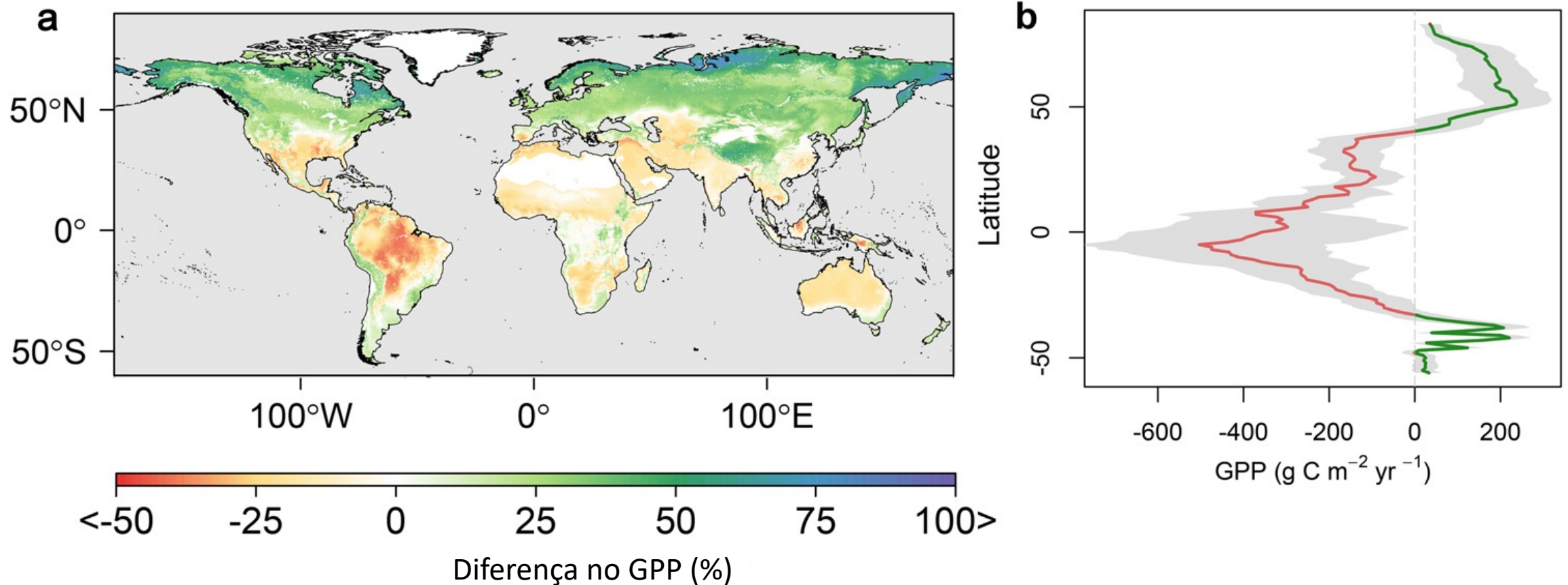
# Mudanças climáticas: risco de extinção

Áreas com microendemismo de plantas c/ semente



O que estas mudanças significarão em termos de serviços ecossistêmicos?

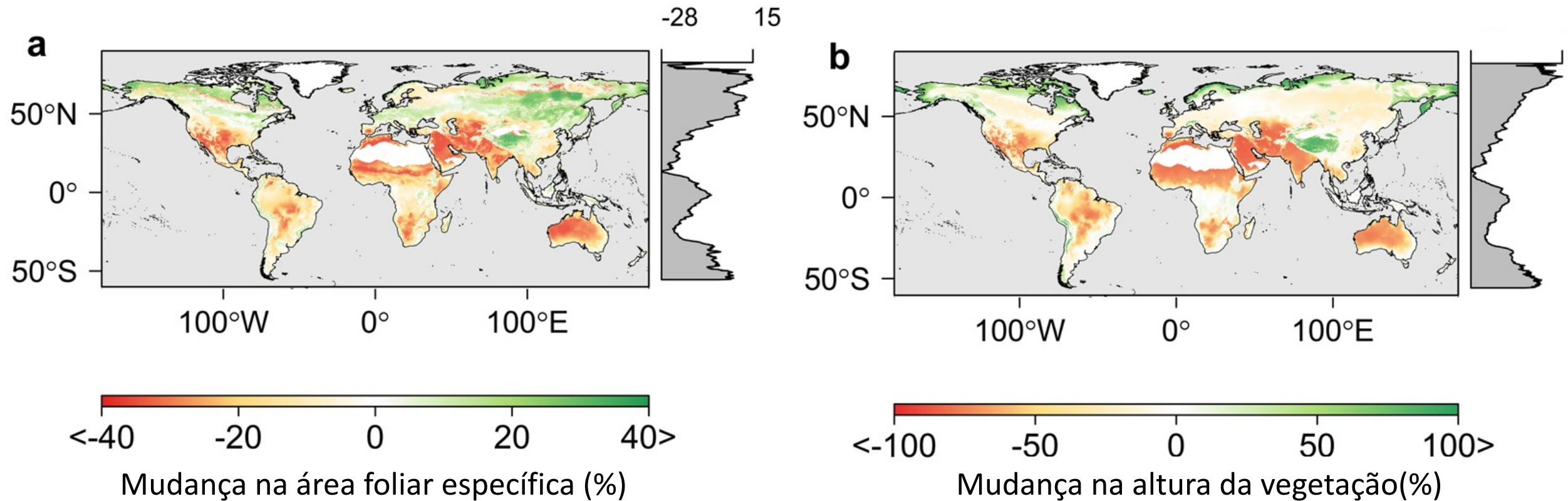
# Efeitos sobre os serviços ecossistêmicos



Aumento de produtividade primária bruta em latitudes elevadas no hemisfério norte de 31%, pode ser compensado pela redução em 18% nos trópicos em 2070.



# Efeitos sobre os serviços ecossistêmicos



Copas mais baixas e folhas com menor área foliar específica em florestas tropicais favorecem uma redução na transpiração afetando os ciclo da água.



KEEP CALM  
AND  
AGUARDE: CENAS DOS  
PRÓXIMOS  
CAPÍTULOS

Governança global das mudanças climáticas